

Nedvandningsveier og effekter av vannslipp på vinterstøing og smolt av Hunderørret forbi Hunderfossen kraftverk i Gudbrandsdalslågen

Telemetrastudier høsten 2014 og våren 2015

Morten Kraabøl, Børre K. Dervo og Jon Museth



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.

Definisjon av vandringsveier og effekter av vannslipp over isluka på nedvandrende vinterstøing og smolt av Hunderørret forbi Hunderfossen kraftverk i Gudbrandsdalslågen

Telemetristudier høsten 2014 og våren 2015

Morten Kraabøl
Børre K. Dervo
Jon Museth

Kraabøl, M., Dervo, B. K. & Museth, J. 2015. Nedvandningsveier og effekter av vannslipp på vinterstøing og smolt av Hunderørret forbi Hunderfossen kraftverk i Gudbrandsdalslågen. Telemetristudier høsten 2014 og våren 2015. – NINA Rapport 1187. 36 s. + vedlegg.

Lillehammer, august 2015

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2815-2

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Morten Kraabøl

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund

ANSVARLIG SIGNATUR

Adm. direktør Norunn S. Myklebust (sign.)

OPPDRAGSGIVER

Opplandskraft DA

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Runar Myrer Rueslåtten

FORSIDEBILDE

Hunderfossen dam på vestsiden. Isluca og fisketrappa er til venstre i bildet. Foto: Morten Kraabøl

NØKKEWORD

- Oppland fylke, Gudbrandsdalslågen, Hunderfossen kraftverk, storørret, Hunderørret, gytereistrering, vinterstøing, smolt, vand-ringsproblemer, turbinpassasje, lukemanøvrering, lokkeflom, tele-metristudier

KEY WORDS

- Oppland County, Gudbrandsdalslågen river, Hunderfossen po-
werplant, Hunder trout, spawning sites, kelt, smolt, migration pro-
blems, turbine passage, operation of spillgates, telemetry studies

-

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkeltgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Kraabøl, M., Dervo, B.K. & Museth, J. 2015. Nedvandningsveier og effekter av vannslipp på vinterstøing og smolt av Hunderørret forbi Hunderfossen kraftverk i Gudbrandsdalslågen. Telemetristudier høsten 2014 og våren 2015. – NINA Rapport 1187. 36 s. + vedlegg.

Bakgrunnen for disse undersøkelsene er Fylkesmannens pålegg til Opplandskraft DA av 10. juni 2014 om vandringstudier og tiltak for å sikre nedvandring av ørret forbi Hunderfossen kraftverk. Det ble derfor gjennomført telemetristudier som omfattet både radio- og PITmerking av voksne gytevandrerne og toårig settefisksmolt fra settefiskanlegget ved Hunderfossen.

Til sammen 79 gytevandrende Hunderørreter ble fanget og radiomerket i fisketrappa ved Hunderfossen kraftverk på høsten i 2014. Gytelokaliteter oppover i Gudbrandsdalslågen ble registrert ved manuelle peilinger, mens tidspunkt for passasje av dam og utvalgte steder i elveleiet nedstrøms dammen ble registrert for 68 av de radiomerkede ørretene ved hjelp av fem automatiske dataloggingsstasjonene (ADL 1-5). Nedvandringen av vinterstøing foregikk i to puljer henholdsvis om høsten og våren.

I løpet av høsten 2014 var det 39 ørreter som ankom dammen, og av disse var det 19 fisk (49 %) som passerte dammen; ni (23 %) som passerte gjennom isluka og 10 (26 %) som passerte gjennom turbinene. De resterende 20 fiskene (51 %) overvintret i Hunderfoss-bassenget. Av de vinterstøingene som passerte dammen etter gytingen i oktober og november 2014 var det derfor 47 % som passerte den ønskede nedvandningsveien gjennom isluka, mens 53 % passerte gjennom turbinene. Alle ni ørretene som passerte isluka fortsatte vandringen nedover mot Mjøsa i perioden 21. oktober – 2. november og vandringstiden til de enkelte ørretene på strekningen fra Hunderfossen dam (ADL-1) og ned til Lortvarpet (ADL-4) på Fåberg varierte fra 1,15 timer og opp til 5,9 døgn. Av de ti ørretene som passerte gjennom turbinene var det seks som ble registrert på Lortvarpet, og to av disse ble vurdert som omkommet. Av de resterende fire ørretene var det kun én som ble registrert på ADL-5 ved Svartevja.

Forsøk med slipp av 5 m³/s over isluka om høsten ble gjort med til sammen 23 radiomerkede ørreter ved dammen. Av disse gikk sju fisk (30 %) ut gjennom isluka mens fem (22 %) gikk gjennom turbinene under forsøket. Nytt forsøk med 10 m³/s ble gjennomført med 22 ørreter ved dammen. Av disse var det to (9 %) som passerte gjennom isluka mens tre (14 %) gikk gjennom turbinene under forsøket. Under begge forsøkene ankom flere ørreter fra gyteområdene ovenfor Hunderfossen og gikk inn i forsøkene når de oppholdt seg ved dammen.

Om våren 2015 var det til sammen 48 radiomerkede ørreter som hadde overvintret/ankommet dammen da forsøkene med ulike vannslipp (5, 10, 15 og 20 m³/s) over isluka startet. Av disse var det i løpet av forsøkene 33 fisk (69 %) som passerte isluka, mens 15 (31 %) passerte gjennom turbinene. Resultatene fra de enkelte forsøkene fordelte seg slik: Vannslipp på 5 m³/s i perioden 6.-17. mai: 42 ørreter ved dammen, hvorav 11 (26 %) passerte isluka og sju (17 %) passerte turbinene. Vannslipp på 10 m³/s i perioden 18.-25. mai: 29 ørreter ved dammen, hvorav seks (21 %) passerte isluka og fem (17 %) passerte turbinene. Vannslipp på 15 m³/s i perioden 26. mai - 1. juni: 19 ørreter ved dammen, hvorav fem (26 %) passerte isluka og én (5 %) gjennom turbinene. Vannslipp på 20 m³/s i perioden 2. – 18. juni: 13 ørreter ved dammen, hvorav 11 (85 %) passerte isluka og to (15 %) gjennom turbinene. Det konkluderes derfor med at vannslipp over isluka på 20 m³/s under de rådende forholdene ga vesentlig bedre nedvandningsforhold sammenlignet med lavere vannføringer gjennom isluka.

Median kroppslengde hos vinterstøingene som passerte gjennom turbinene var signifikant mindre enn de som passerte isluka. Median kroppslengde hos ørret som passerte turbinene var 61 cm (variasjon 49-91 cm), mens medianlengden til ørretene som passerte isluka var 70 cm (variasjon 51-85 cm). Dette viser at de minste ørretene har større tendens til å passere gjennom turbinene, men det bemerkes at også store individer på opp til 91 cm kan passere gjennom de 10 cm brede lysåpningene i varegrinda ved turbininntaket.

Til sammen 96 smolt og 502 smolt ble henholdsvis radio- og PIT-merket. Alle radiomerkede og 377 PIT-merkede smolt ble satt ut ved Grandrudmoen i Øyer. Av disse ble det ikke registrert noen som passerte isluka og heller ingen som ble registrert på ADL 2 og 3 (på minstevannføringsstrekningen). Med bakgrunn i registreringene på de nederste ADL-stasjonene ble det konkludert med at all settefisksmolt passerte gjennom turbinene. Til sammen 125 PIT-merkede smolt ble sluppet ut i isrenna under ulike vannføringer for deteksjonstest ved vannføringer på 5, 10, 15 og 20 m³/s. Testen viste 80 % deteksjon ved 5 m³/s, 36-48 % ved 10 m³/s, 12-24 % ved 15 m³/s. Ved slipp av 20 m³/s ble ingen av de PIT-merkede smoltene i forsøket detektert. Det største problemet med redusert deteksjon ved høyere vannføring vurderes å være høy vannhastighet forbi antennene.

Resultatene fra de to nederste loggestasjonene (ADL-4 og 5) antyder en overlevelsesgrad ned til disse loggestasjonene mellom 28 og 72 %. Metodikken er ikke egnet til å fastslå dødelighet, men det er grunn til å anta at radiomerket smolt og vinterstøing som ikke registreres nedstrøms Hølsauget har omkommet. Eventuell forsinket dødelighet er ikke vurdert i denne sammenheng.

Undersøkelsene viser at behovet for tiltak for å sikre at ørret i liten grad går gjennom turbinene er stort som følge av omfattende grad av turbinpassasje både om høsten og om våren. Omfanget av turbinpassasjene og den påfølgende antatte dødeligheten vurderes å representere en betydelig begrensende faktor for bestanden. Vannslipp i størrelsesorden 5 – 20 m³/s over isluka gir nedvandringmuligheter for vinterstøinger både om høsten og om våren, men effekten vurderes, med bakgrunn i visuelle tellinger av vinterstøinger foran turbininntaket, å være begrenset til den nærmest beliggende turbin 1. Behovet for ytterligere tiltak for å redusere turbinpassasje er derfor stort, og dette må løses som et eget FoU-prosjekt før man eventuelt designer et opplegg for å overvåke nedvandring av smolt og støing forbi Hunderfossen kraftverk. Pilotprosjektet med PIT viste at dette kan være en egnet metode for overvåking, som eventuelt også kan erstatte dagens Carlin-merker, men dette vil kreve ombygging av isluka for å redusere vannhastigheten i området der fisken passerer PIT-antenna. Den viktigste overvåkingsparameteren i framtida vil fortsatt være oppgangen av gytefisk forbi kraftverksdammen, og man bør vurdere å installere automatisk fisketeller med video som helt eller delvis kan erstatte dagens praksis som innebærer håndtering, merking og stress av gytefisken. Hvis man skal fortsette med individuelle merkinger av gytevandrerne bør det stilles som et minimumskrav at merkelister med individdata stilles til disposisjon til alle fagmiljøer som ønsker å bruke disse dataene for å besvare forskningsspørsmål.

Morten Kraabøl (morten.kraabol@nina.no; tlf. 91733377), Børre K. Dervo & Jon Museth

Norsk institutt for naturforskning, Fakkeldgården, 2624 Lillehammer

Abstract

Kraabøl, M., Dervo, B.K. & Museth, J. 2015. Downstream migration routes and effects of spillwater release through an ice- and trash spillway on downstream migrating kelts and smolts of the Hunder trout at Hunderfossen Power Station in River Gudbrandadalslågen. Telemetry studies conducted during autumn 2014 and spring 2015. NINA Report 1187 – 36 pp + attachments.

The background for these investigations is the orders to Opplandskraft DA from the Oppland County Governor to initiate studies on migrations and potential measures to secure downstream migration of trout at Hunderfossen Power Station. The radio- and PIT-telemetry studies performed in this study included adult spawners (kelts) and 2-year old hatchery-reared smolts from the local hatchery.

In total 79 upstream migrating spawners were captured and tagged in the fishway at Hunderfossen Power Station during autumn 2014. Spawning sites in the river were defined by manual tracking, whilst the timing of dam passage and selected locations (ADL 1-5) downstream were detected for 68 radiotagged trout as they returned from their spawning and overwintering sites during two distinct periods in autumn and spring.

During autumn 2014, 39 radiotagged trout arrived at the dam. Of these, 19 trout (49%) passed the dam; nine trout (23%) passed the ice and trash spillway and 10 trout (26%) passed through the turbines. The remaining 20 trout (51 %) overwintered above the dam. The passage route chosen by kelts that passing the dam was the ice and trash spillway (47%) and the turbine (53%). All nine trout passing through the ice and trash spillway continued their return migration towards Lake Mjøsa between October 21 and November 2, and they passed the regulated river stretch and further downstream towards the ADL-4 at Lortvarpet during 1.15 hours to 5.9 days. The fate of the ten trouts passing through the turbines was uncertain. Six were detected at ADL-4, but of these, two were probably dead and only one detected at the lowermost ADL-5 at Svartevja.

Two trials with release of 5 and 10 m³/s through the ice and trash spillway during autumn was performed. During the first release of 5 m³/s, 23 trout stayed close to the dam and were expected to be responsive to the spillwater release. Of these, seven trout (30%) passed the spillway and five trout (22%) entered the turbine intake. During the release of 10 m³/s, 22 trout stayed close to the dam. Of these, two trout (9%) passed the spillway and three trout (14 %) entered the turbine intake. Several kelts returned from their spawning sites and approached the dam during the trials.

In total, 48 kelts arrived at the dam area during spring 2015 when further trials releasing 5, 10, 15 and 20 m³/s through the ice and trash spillway. The overall result from the trials revealed that 33 trout (69%) passed the spillway and 15 trout (31%) passed the turbines. The results from the individual trials were as follows; At 5 m³/s (May 6-17), 42 trout were at the dam, of which 11 (26%) passed the spillway and seven passed the turbines. At 10 m³/s (May 18-25); 29 trout were at the dam, of which six (21%) passed the spillway and five (17%) passed the turbines. At 15 m³/s (May 26 – June 1); 19 trout were at the dam, of which five (26%) passed the spillway and one (5%) passed the turbines. At 20 m³/s (June 2-18); 18 trout were at the dam, of which 11 (85%) passed the spillway and two (15%) passed the turbines. It is concluded that spillwater release of 20 m³/s through the ice and trash spillway during these conditions provided considerably better conditions for dam passage compared to lower flows.

The median body length of trout passing through the turbines were significantly shorter (61 cm) compared to those passing the ice and trash spillway (70 cm). However, the variation in body length of trout passing the turbines varied between 49 and 91 cm, indicating that even large trout may enter the turbine intake through the trash rack bars (spacing: 10 cm).

In total, 96 and 502 trout smolts were tagged with radio tags and PIT tags, respectively. All radiotagged and 377 PIT-tagged smolts were released at Granrudmoen, Øyer municipality. None

of them passed the ice and trash spillway. Based on the lack of registrations on the PIT antenna array in the spillway, no ADL-tracking from ADL 2 and 3 at the minimum flow section, but tracking on ADL 4 and 5, downstream of the tunnel outlet, it is concluded that all the tagged smolts passed the turbines. A detection test was conducted for 125 PIT-tagged smolts by releasing them into the spillway above the antenna array. The test proved detection for 80% at 5 m³/s, 36-48% detection at 10 m³/s, 12-24 % at 15 m³/s and no detection at 20 m³/s. The main reason for low detection at higher flow was probably the increasing water velocity.

The results from ADL 4 and 5 suggest a survival rate for smolts ranging between 28 and 72%, but the applied methods are not suitable to determine survival/mortality rates. However, it seems reasonable to expect that radiotagged smolts and kelts that did pass the turbines but were not detected below the tunnel outlet at Hølsauget have died. Delayed mortality is not evaluated in this study.

The results from this study illustrate the need for mitigation measures to eliminate or reduce turbine passage of trout smolts and kelts during autumn and spring. The extent of turbine passage and following immediate or delayed mortality are probably a major constraint to the population size of the Hunder trout population. Spillwater release ranging from 5 to 20 m³/s through the ice and trash spillway in autumn and spring provides passage opportunities for kelts staying in front of the nearby turbine no. 1, but the effect seems insufficient for kelts residing in front of turbine no. 2. It is mandatory to develop technical solutions to improve this situation, and further research and development projects are recommended before establishing a surveillance system for downstream migration of smolts and kelts at Hunderfossen Power Station. The pilot project with PIT-arrays proved that this approach is suitable for surveillance provided that the spillway is reconstructed to fulfill the requirements of PIT antennas and data logging stations. Counting the upstream migrants is regarded to be the key surveillance parameter for the annual spawning stock in the future, and installing automatic video counters would be appropriate in order to reduce handling stress associated with manual counting procedures in the fishway trap. If individual tagging of spawners is to be continued it is important to secure open access to the data files for future research.

Morten Kraabøl (morten.kraabol@nina.no; tlf. 91733377), Børre K. Dervo & Jon Museth

Norwegian Institute for Nature Research (NINA), Fakkeltgården, 2624 Lillehammer, Norway

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	5
Innhold	7
Forord	9
1 Innledning	10
2 Områdebeskrivelse	11
2.1 Nedbørfelt og tekniske kraftverksdata	11
2.2 Varegrindene	12
2.3 Vannføringer og –temperatur i studieperioden	13
2.3.1 Høsten 2014	13
2.3.2 Våren 2015	13
3 Materiale og metoder	14
3.1 Innsamling, merking og registrering av gytefisk/vinterstøinger	14
3.1.1 Prosedyrer for anestesi, datainnsamling, merking og gjenutsetting	14
3.1.2 Definisjon av nedvandningsvei	15
3.1.3 Radiotelemetri på gytefisk (vinterstøinger)	15
3.1.4 PIT-telemetri på gytefisk/vinterstøinger høsten 2014	15
3.1.5 Definisjon av gyteperioden for 2014	16
3.1.6 Kartlegging av gyteområder ovenfor Hunderfossen dam høsten 2014	16
3.1.7 Visuelle tellinger av utgytt ørret ved turbininntaket	16
3.1.7.1 Høsten 2014	16
3.1.7.2 Våren 2015	17
3.2 Innsamling og merking av smolt	17
3.2.1 PIT-merking av settefisksmolt	18
3.2.2 Radiomerking	18
3.2.3 PIT-telemetri våren 2015	18
3.3 Forsøksoppsett for vinterstøing høsten 2014	20
3.4 Fordeling av smolt merket med radiosendere og PIT	20
3.5 Registrerte gjennfangster	20
4 Resultater	22
4.1 Nedvandring av vinterstøinger	22
4.1.1 Oversikt over vinterstøinger som inngikk i nedvandningsstudiet	22
4.1.2 Nedvandring av vinterstøinger høsten 2014	22
4.1.3 Effekter av vannføringer på 5 og 10 m ³ /s over isluka om høsten 2014	24
4.1.4 Nedvandring av vinterstøing om våren 2015	24
4.1.5 Effekter av vannføringer mellom 5 og 20 m ³ /s over isluka om våren 2015	26
4.1.5.1 Vannføring på 5 m ³ /s	26
4.1.5.2 Vannføring på 10 m ³ /s	26
4.1.5.3 Vannføring på 15 m ³ /s	26
4.1.5.4 Vannføring på 20 m ³ /s	26
4.1.6 Effekt av kroppslengde på valg av nedvandningsvei	26
4.2 Nedvandring av smolt våren 2015	27
4.2.1 PIT-forsøk	27
4.2.2 Radiomerket smolt	28
4.2.2.1 Pulje 1 (5 m ³ /s i isluka)	28
4.2.2.2 Pulje 2 (10 m ³ /s)	29
4.2.2.3 Pulje 3 (15 m ³ /s)	30

4.2.2.4	Pulje 4 (20 m ³ /s)	30
4.2.2.5	Oppsummering for alle puljene.....	30
4.3	Registrerte gyteområder høsten 2014.....	30
5	Diskusjon.....	32
5.1	Vinterstøing.....	32
5.2	Smolt.....	33
5.3	Behov for tiltak	33
5.3.1	Finmasket varegrind	33
5.3.2	Fiskeavleder.....	34
5.4	Overvåking.....	34
6	Konklusjoner.....	36
7	Vedlegg.....	37
8	Referanser	40

Forord

Fylkesmannen i Oppland påla den 10. juni 2014 Opplandskraft DA å gjennomføre vandringsstudier og utredninger for å sikre nedvandring av ørret forbi Hunderfossen kraftstasjon. Oppdraget med å gjennomføre vandringsstudiene ble gitt til NINA.

Prosjektet er gjennomført med praktisk assistanse og tilrettelegging fra Runar Myrer Rueslåttén, Sigurd Eikerøl, Frank Hansen og Åse Brenden fra Eidsiva Vannkraft. Finn Økland i NINA bisto i prosjektets tidlige fase med bestilling av teknisk utstyr og innspill til forsøksoppsett. I tillegg bisto Kjetil Olstad fra NINA og Jan Teigen med hjelp til radiomerking av ørret i fisketrappa. Alle takkes for sine bidrag.

Undersøkelsene er gjennomført etter godkjenning fra Forsøksdyrutvalget. Studiene som omfattet gytevandrende voksen ørret ble omsøkt den 22.07 og godkjent den 19.08 2014 (FOTS ID: 6770; saksnr.: 2014/167191). Studiene av ørretsmolt ble omsøkt den 17.03 og godkjent 12.05 2015 (FOTS ID: 7560; saksnr.: 2015/101492).

Lillehammer august 2015

Morten Kraabøl
Prosjektleder

1 Innledning

Bakgrunnen for disse undersøkelsene er Fylkesmannens pålegg til Opplandskraft DA av 10. juni 2014 om vandringsstudier og tiltak for å sikre nedvandring av ørret forbi Hunderfossen kraftverk. Det ble derfor gjennomført studier for å identifisere nedvandringsveier for vinterstøing og smolt forbi Hunderfossen kraftverk i relasjon til vannslipp over isluka høsten 2014 og våren 2015.

Det ble gjennomført studier av nedvandring hos vinterstøing og smolt før varegrinda ved Hunderfossen kraftverk ble skiftet ut (Kraabøl et al. 2007; Arnekleiv et al. 2007) og etter at nye og mer grovmaskede varegrinder ble installert (Kraabøl et al. 2013). Det siste studiet ble gjennomført i 2011 og 2012, og for vinterstøinger ble konkludert med at forsøk over tre døgn med vannslipp på 5 m³/s over isluka ga 41,7 % nedvandringseffektivitet i løpet av første døgnet og 83,3 % for hele tredagers perioden. Kun 20 % av de som passerte isluka fortsatte vandringen videre ned gjennom minstevannføringsstrekningen ved 1,8 m³/s om høsten, og 70 % overvintret i hølene like nedenfor Hunderfossen. Det ble konkludert med at avbrutt nedvandring etter passasje av isluka og lav respons på påfølgende vannslipp trolig skyldtes skader fra selve fallet (3-4 m) fra lukekanten og hard medfart som følge av kontakt med betongrenna ned mot undervannet. Det ble følgelig konkludert med at islukas effektivitet som funksjonell nedvandringsvei for utgytt vinterstøing om høsten var godt dokumentert, og at det hvert år burde slippes 5-10 m³/s i perioden 5. oktober til 5. november.

Studiene av smoltens nedvandring om våren 2012 skulle opprinnelig gjennomføres etter samme oppsett som tidligere, slik at resultatene kunne avdekke betydningen av mer grovmasket varegrind foran turbininntaket. Smoltundersøkelsene ble imidlertid gjennomført med et avvik i form av manglende slipp av vann gjennom flom- og isluka i perioden hvor radiomerket smolt ankom Hunderfossbassenget. De første telemetristudiene i 1998 ble gjennomført mens den gamle varegrinda med 6 cm lysåpning var installert, og studiet omfattet vannslipp gjennom isluka (Arnekleiv et al. 2007). Avviket i studiene fra 2012 skyldes at de radiomerkede smoltene vandret uventet raskt ned til Hunderfossen dam og videre gjennom turbinene uten forsinkelse (Kraabøl et al. 2013). Radiosignalene fra merket smolt som gikk inn i turbinsjakten ble borte, og dette ble først tolket dithen at de oppholdt seg i dypere områder i bassenget mellom Hunderfossen dam og utsettingsstedet på Granrudmoen. Basert på erfaringene fra tidligere radiomerkingsforsøk av smolt ved Hunderfossen ble peileinnsatsen derfor økt i bassenget. I denne tidsperioden forsvant en stor del av den merkede smolten inn i turbinene og avløpstunnelen.

Telemetristudiene av radiomerket settefisksmolt i 1998 viste i at ingen smolt passerte gjennom turbinene selv om de periodevis ikke hadde alternative nedvandringsveier, og at de oppholdt seg ved turbininntaket i flere dager både i forkant av, og mellom vannføringsslipp gjennom isluka (Arnekleiv et al. 2007). Begge studiene omhandler derfor smoltens atferd ved turbininntaket uten alternative vannslipp, og de er derfor egnet som sammenligningsgrunnlag for å belyse effektene av utskifting til mer grovmaskede varegrinder. I tillegg er vannhastigheten fortsatt om lag dobbelt så stor i forkant av varegrindene sammenlignet med internasjonale anbefalinger for smolt. En sammenligning av oppholdstid hos radiomerket smolt med dette og tidligere studier, ga grunn til å tro at de nye varegrindene ikke evner å gi midlertidige stoppsignaler hos nedvandrende smolt av settefisk.

For å avklare betydningen av vannslipp over isluka for nedvandring av både smolt og støing ble det derfor besluttet å gjennomføre nye studier som innbefattet testing av effektene av vannslipp over isluka. Hensikten med dette studiet har vært å fremskaffe et kunnskapsgrunnlag som er tilstrekkelig til å vurdere behovet for tiltak for å sikre at vinterstøing og smolt i liten grad går inn i kraftverksinntaket.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Nedbørfelt og tekniske kraftverksdata

Hunderfossen kraftverk ligger i nedre del av Gudbrandsdalslågen (15 km opp fra Mjøsa) og ble satt i drift i 1963/64. Vannføringen ved Hunderfossen drenerer et nedbørfelt på 11 429 km² i Gudbrandsdalen, Jotunheimen og Rondane fjellområder. Kraftverket utnytter et fall på 46,7 m og har to like store Kaplan-generatorer med slukeevne på 160 m³/s. Generatorene ble skiftet ut i henholdsvis 2000 og 2002, og antall skovler økte fra fem til syv pr turbin. Vannveiene fra varegrindene til svingekammeret er identiske for de to generatorene. Kraftverkets totale slukeevne er 312 m³/s, og gir en midlere årsproduksjon på 579,5 GWh (se **tabell 2.1** for utfyllende informasjon).

Tabell 2.1. Tekniske data for Hunderfossen kraftverk i Lillehammer kommune.

Parameter	Teknisk informasjon
Satt i drift	1963/1964
Nedslagsfelt	11 429 km ²
Magasinkapasitet	1 002 mill. m ³
Fallhøyde	46,7 m
Midlere årsproduksjon (92-01)	579,5 GWh
Sommerproduksjon	354,7 GWh
Vinterproduksjon	224,8 GWh
Slukeevne	312 m ³ /s
Installerte aggregat	2 x 58 MW Kaplan
Generatorer	2 x 58 MVA
Transformatorer	10,5/69 kV

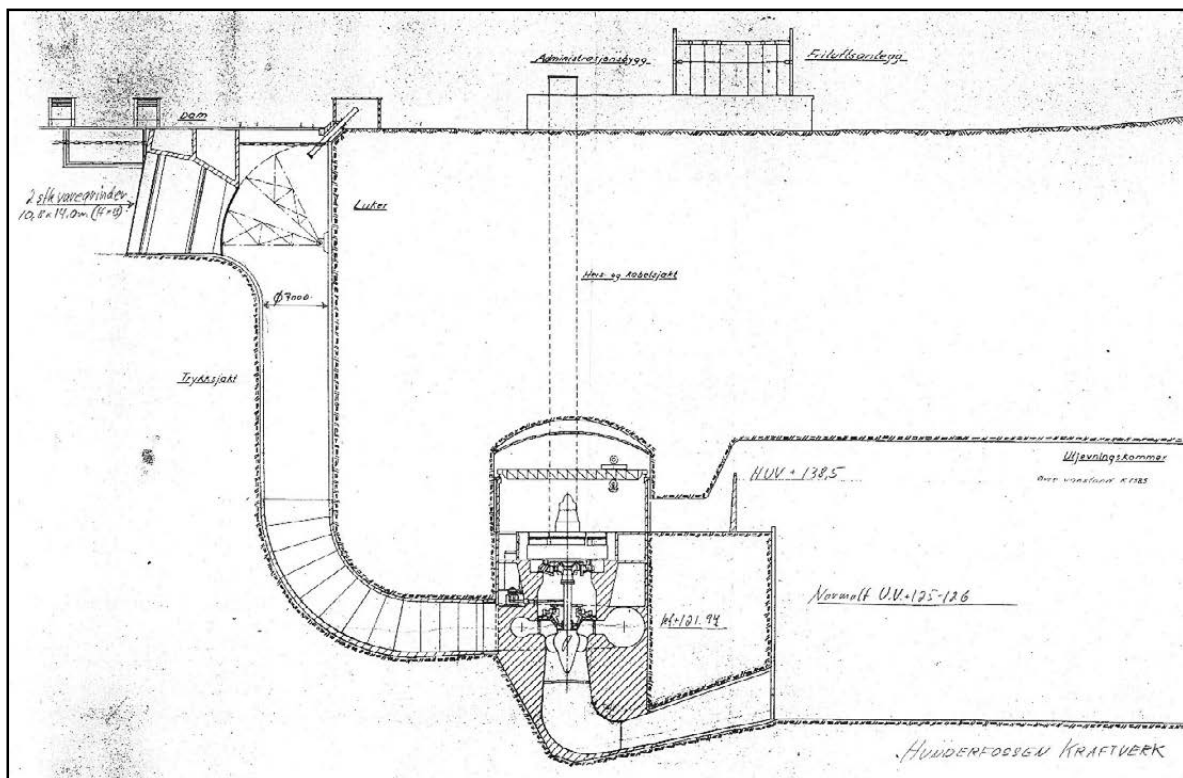
Hunderfossen dam (**figur 2.1**) består av flere typer flomluker som benyttes når totalvannføringen overstiger turbinenes samlede kapasitet på 312 m³/s.

Tverrsnittsarealet for vanngjennomstrømming gjennom varegrinda er 152,6 m² uten fratrekk for arealtap som følge av de vertikaltstilte elementene. Dette tilsvarer en vannhastighet på 1,05 m/s uten varegrinder. Det anslås at den reelle vannhastigheten gjennom lysåpningene i varegrindene er 1,1 – 1,2 m/s ved full kapasitet gjennom turbinene.

Inntaksluka til trykksjaktene (**figur 2.2**) er plassert om lag 7-8 m bakenfor varegrindene, og har et tverrsnittsareal på 63 m². Ved full last vil derfor vannhastigheten gjennom inntaksluka til trykksjaktene være 2,54 m/s. Dette betyr at vannhastigheten øker med en faktor på om lag 2,2 på de 7-8 første meterne bak varegrinda ved full turbinlast.



Figur 2.1 Hunderfossen dam med flomluker. Isluka ligger til venstre i bildet (foto: Morten Kraa-bøl).



Figur 2.2 Skisse over isluka, turbininntak (øverst til venstre), inntaksluke til trykksjaktene, trykksjakter, generatorer og utjevningskammer for Hunderfossen kraftverk (Eidsiva Vannkraft AS).

2.2 Varegrindene

De to nye varegrindene ble montert i løpet av vintrene 2009/10 og 2010/11. De gamle varegrindene hadde betydelig slitasje og vibrasjoner, noe som gradvis medfører belastninger på festepunktene. Hver varegrind er 14 m bred og 10,9 m høy i ferdig montert tilstand, og er montert med 15° vinkling i vertikalplanet. Varegrindene består av flere seksjoner av rustfritt stål som monteres over turbininntaket. De enkelte stålelementene i varegrinda måler 10 x 100 mm, og er avstivet med skråstilte stålvanger. Lysåpningen mellom de enkelte vertikalstilte stålelementene

er 10 cm i de nye varegrindene, noe som tilsvarer ca. 4 cm økning i forhold til den gamle varegrinda.

Teoretisk sett kan all fisk med kroppsdiаметer (målt fra buk til høyeste punktet på ryggen) inntil 10 cm passere gjennom varegrindene. I praksis innebærer en 4 cm økning i lysåpning at nær all gytefisk av Hunderørret nå kan passere gjennom varegrinda, mens lysåpningene på 6 cm i de gamle varegrindene forhindret nesten all gytefisk fra å passere gjennom varegrindene (Kraabøl et al. 2013).

2.3 Vannføringer og –temperatur i studieperioden

2.3.1 Høsten 2014

Gjennomsnittlig vannføring i perioden 1. – 19. oktober 2014 var 200,4 m³/s (177 – 235 m³/s). Deretter steg vannføringen raskt og nådde 603 m³/s den 31. oktober. Vannføringen sank deretter forholdsvis fort og var på 222 m³/s den 10. november. Vannføringen fortsatte å synke og var på 150 m³/s den 30. november 2014 (for detaljer, se **figur 4.1**)

Vanntemperaturen utover sommeren og høsten i 2015 var noe over normalen som følge av en varm sommerperiode. Den 1. oktober var vanntemperaturen 10,9 grader. Fram til 1. november sank den til 6,1 grader og deretter ned til 2,0 grader den 1. desember. Vanntemperaturen sank til under 5,0 grader den 8. november.

2.3.2 Våren 2015

Vannføringen om våren var avvikende fra normalsituasjonen fordi den over flere uker holdt seg på et nivå som var litt under kraftverkets slukeevne. Normalt øker vannføringen både raskere og opp til høyere nivåer gjennom mai. Vannføringsforholdene var imidlertid velegnet til å isolere effekten av vannslipp gjennom isluka fra andre vannveier. Vårflommen i 2015 uteble og forløpet karakteriseres som uvanlig (for detaljer, se **figur 4.2**).

Den 1. mai var vanntemperaturen 3,8 grader, og den steg til 7,9 grader den 1. juni. Den 10. mai passerte temperaturen 5,0 grader.

3 Materiale og metoder

3.1 Innsamling, merking og registrering av gytefisk/vinterstøinger

Oppvandrende og gytemoden Hunderørret ble samlet opp i fiskefella i forkant av merkingene. Ørretene som inngår i dette studiet oppholdt seg i fiskefella fra ett døgn og opp til ei uke i forkant av merkingene. Til sammen 18 ørreter (22,8 %) var tidligere Carlinmerket da de ble fanget, og har derfor vandret forbi Hunderfossen tidligere (**tabell 3.1**).

Tabell 3.1. Oversikt over 79 gytevandrende ørret som ble radiomerket høsten 2014. Tabellen angir informasjon om kjønnsfordeling, opprinnelse, lengde- og vektintervall.

Merke- Dato	Antall ørret Merket	Kjønnsfordeling Hanner / hunner	Opprinnelse Vill/settefisk	Tidligere Carlinmrk	Kroppslengder (cm)	Kroppsvækt (kg)
8/9	20	7 / 13	14 / 6	5	51 - 84	1,3 - 6,6
12/9	28	15 / 13	20 / 8	9	49 - 91	1,2 - 7,9
19/9	26	14 / 12	18 / 8	2	49 - 85	1,1 - 6,9
22/9	5	1 / 4	2 / 2	2	58 - 85	1,9 - 6,6
Totalt	79	37 / 42	54 / 24	18	49 - 91	1,1 - 7,9

3.1.1 Prosedyrer for anestesi, datainnsamling, merking og gjenutsetting

Hver enkelt ørret ble håvet opp med knutefri hâv fra fella og plassert i et 60 liters vannbad med bedøvelsesmiddel. Det ble benyttet 0,7 ml 2-fenoxyetanol pr liter vann under merkingene den 8/9 og 12/9 (48 ørreter) og 0,2 ml Benzoak® (benzokain 200 mg/ml) pr liter vann under merkingene den 19/9 og 22/9 (31 ørreter). I løpet av tidlig anestefase ble ørretene lengdemålt, kjønnsbestemt og undersøkt med hensyn til Carlinmerker og opprinnelse (villfisk eller settefisk). Etter 4,5 – 7,5 minutters induksjonstid inntraff stadiet «dyp narkose (med fravær av rettreflekser, samt nedsatt muskeltonus, respirasjonsrate og reaksjoner på stimuli)», og ørretene ble deretter løftet over i en sylindrisk merkestall (6 tommer PVC-rør) som var fylt med 10-12 liter friskt elvevann. Merkingene av ørretene foregikk mens de lå i oppvåkingsfase i merkestallen. Hygienetiltak ble gjennomført ved alle merkingene.

Elvevannet i merkestallen ble skiftet ut for hver ørret som ble merket, mens vannbadet med bedøvelse ble skiftet ut for hver 10. - 15. merkede ørret. Vanntemperaturen under merkingene var synkende fra 13,5 °C den 8/9 til 12,5 °C den 22/9.

Radiosenderne ble festet inntil ørretenes ryggfinne på høyre side og festet med nylonsnor som ble ført gjennom øvre del av ryggmuskulaturen med to kanyler og festet ved knytning mot ei plate av plastikk på venstre side av ryggfinnen. Antennelengden ble justert slik at den ikke gikk lengre bakover enn halerota. Injisering av PIT-merker ble gjort med forhåndsladete kanyler og merkepistol i ryggmuskulaturen på venstre side i bakkant av ryggfinna. Den desinfiserte kanylen med PIT-merke ble ført inn på skrå bakfra for å unngå punktering i store blodkar som ligger inntil ryggraden (*Aorta dorsalis*) og merket ble injisert like under huden. Alle PIT-merkene og kanylene ble desinfisert med 95 % teknisk sprit og skyllet i 0,9 % fysiologisk saltvann (NaCl) før injisering. Festing av Carlinmerke ble gjort i fremkant av ryggfinna ved at merkets to ståltråder ble ført gjennom muskulaturen i fremkant av ryggfinna med to kanyler og deretter tvinnnet sammen på motsatt side. Den tvinnede ståltråden ble deretter surret sammen og klemt inntil fiskens kropp. Skjellprøver ble tatt fra hver ørret med nebbtang, og 2-6 skjell ble tatt fra området mellom fettfinna og sidelinjeorganet. Påføring av alle tre merkene og uttak av skjell tok fra 3,5 til 4 minutter pr. ørret. Like etter merkeprosessen gikk ørretene over til stadiet «lett narkose» med tegn til rettreflekser og økt respirasjonsrate.

Etter merking ble ørretene løftet over i en «laksebag» og veid på Salter fjærvækt og deretter båret i ca. 1 minutt i laksebager opp til en 1 000 liters vanntank med oksygenert elvevann før de ble kjørt over til dammens østre side for utsetting. Ørretenes oppholdstid i tanken varierte fra 15 minutter til 2,5 timer. Utsettingen foregikk ved at hver enkelt ørret ble løftet opp fra vanntanken og båret i få sekunder i laksebag før de ble satt ut på oversiden av dammen. Alle ørretene viste god form ved utsetting. Vannet i vanntanken ble skiftet ut mellom hver pulje med merkede ørreter (opptil 15 ørret). Årsaken til at de ble satt ut på østsiden var å redusere forekomsten av tilbakefall over isluka eller eventuelt innsuging gjennom varegrinda som følge av redusert bevissthet etter anestesi.

3.1.2 Definisjon av nedvandringsvei

Nedvandringsveien til de enkelte individene ble bestemt ut i fra et oppsett av 5 automatiske dataloggingsstasjoner (ADL 1-5). Alle stasjonene lyttet kontinuerlig etter alle frekvenser som var i bruk på voksen ørret og smolt. Den øverste stasjonen (ADL-1) ble satt opp på vestsiden av dammen ved turbininntaket og denne registrerte radiosignalene fra øret som oppholdt seg i nærheten av turbininntaket og til dels i øvre del av den regulerte elvestrekningen. To ADL-stasjoner ble satt opp på den 4,4 km lange minstevannføringsstrekningen (ADL-2 ved Andershølen og ADL-3 ved Ensbyhølen). Dette er områder hvor vannhastigheten reduseres som følge av dype høler. Nedenfor samløpet mellom drifts- og minstevannføring (Hølsauget) ble det satt på ytterligere to ADL-stasjoner ved henholdsvis Lortvarpet (ADL-4) ved Fåberg og Svartevja (ADL-5) i Lågendeltaet. Registreringene på disse loggerstasjonene ble benyttet på følgende måte for å definere nedvandringsvei for de enkelte individene som var radiomerket:

- Registreringer på ADL-1 + ADL-2 og/eller ADL-3: Dampassasje (sannsynligvis isluka)
- Registreringer på ADL-1 + ADL-4 og/eller ADL-5: Turbinpassasje (sannsynligvis i live)
- Registreringer på ADL 1 og ingen andre: Turbinpassasje (sannsynligvis død)

3.1.3 Radiotelemetri på gytefisk (vinterstøinger)

Det ble benyttet to typer av radiosendere med ulik vekt for å få best mulig tilpasning til ørretens kroppsstørrelser. Modell F 2120 veier 16 gram (i luft) og sender 31 pulssignaler pr. minutt, og har en garantert batterikapasitet på 244 døgn. Model F 2130 veier 26 gram (i luft) og sender 39 pulssignaler pr. minutt med en garantert batterikapasitet til 421 døgn. Begge modellene har imidlertid en forventet sendetid på det dobbelte av garantert batterikapasitet. Modellene er flate for mest mulig stabilt leie inntil kroppen. Produsent er Advanced Telemetry Systems (ATS).

Manuelle radiopeilinger ble gjennomført med bilmontert piskantenne. Manuelle radiopeilinger på hele eller deler av den storørretførende strekningen ble utført på følgende datoer i 2014; 19/9, 21/9, 27/9, 8/10, 20/10, 27/10. I 2015 ble det gjennomført peilesøk etter støing på tilgjengelige steder på strekningen mellom Vingnesbrua og Harpefoss den 9., 11. og 13. januar 2015 og etter smolt mellom Granrudmoen og Vingnesbrua den 13. mai, 14. mai (to runder), 15. mai (to runder), 16. mai og 17. mai. Årsaken til intensiv peiling i denne perioden var at pulsraten på radiosenderne som ble nyttet til den 1. gruppa av smolt avvek fra fabrikkspesifikasjonene og gjorde at ADL-stasjonene i liten grad registrerte disse. I tillegg ble det peilet etter vinterstøing den 12. juni og 5. august på strekningen Granrudmoen til Vingnesbrua for å sjekke om det stod igjen noen individer i magasinet og nedstrøms dammen.

3.1.4 PIT-telemetri på gytefisk/vinterstøinger høsten 2014

Det ble brukt 32 mm HDX PIT merker fra Oregon RFID med diameter på 3,65 mm og vekt på 0,8 g. Merkene ble lest under merkingen av ørret med en håndholdt «Oregon RFID DataTracer»

leser. Registreringen av nedvandrende fisk i isløpet ble gjort med en «Multi-Antenna HDX logger» fra Oregon RFID. Det var montert to antenner til loggeren. Antenne A ble montert stående (først 1,5 m x 14 meter, senere 1 m x 14 m) ytterst på isløpet, mens antenne B ble montert liggende (12 m x 0,3 m) på tvers av isløpet ca 5 m fra ytterkanten. Begge dekket hele bredden på isløpet. Antennekabelen som ble brukt var en 16 mm² flertrådet kobberkabel. Antenne B ble endret undervegs ved at en antennekabelen ble forlenget med 25 m. Disse 25 meterne ble lagt som to ekstra sløyfer på den sydligste enden av antenne, mot den delen av isløpet som har det største vanddypet. Størrelsen på disse to sløyfene var henholdsvis 3 m x 0,3 cm og 6 m x 0,3 m. De innerste 3 meterne av antenne B fikk på denne måten tre «lag» med antennekabel. Den underste delen av antenne A og hele den nederste sløyfa av antenne B var montert i et plastrør med diameter 2,5 cm. Plastrøret for antenne B var slisset ned i en 3x4 cm dyp renne i betongen på isløpet. Forlengelsen av antenne B ble kun stripset fast utvendig til plastrøret. Mellom dataloggeren og antenne var det en skjermet antenneledning og antennebokser fra Oregon RFID. Antenneloggeren var fastmontert inne i visningsbua og var tilkoblet strømmettet via en 12V transformator fra Clas Olson (Vanson model SMP-65W12/36-4766).

3.1.5 Definisjon av gyteperioden for 2014

Gyteperioden ble definert ved kontroll av gytefeltet ved jernbanebrua nedenfor Hunderfossen. Gytingen startet den 2. oktober, og tre hunnfisker ble observert gravende på gytefeltet. Gytetidens maksimum var i perioden 10. – 16. oktober, og inntil 16 gravende hunner ble observert samtidig på feltet i denne perioden. I samme tidsperiode ble det totalt observert 52-64 gyteaktive individer (hanner og hunner) på gytefeltet. Gytetidens avslutning (og derav varighet) ble ikke registrert nøyaktig som følge av dårlige observasjonsforhold under flommen. Den siste observasjonen av gravende hunnfisk ble gjort den 27. oktober, og da var det tre gravende hunnfisk på gytefeltet. Det er derfor sannsynlig at gyteperioden varte frem til månedsskiftet oktober-november, og at varigheten derfor var om lag 1 måned. Dette faller innenfor den tidsrammen for gyting som er registrert tidligere.

3.1.6 Kartlegging av gyteområder ovenfor Hunderfossen dam høsten 2014

Av de 79 peilede ørretene var det 16 stk (20,2 %) som ikke ble registrert på kjente gyteplasser ovenfor Hunderfossen. Dette skyldes flere forhold som f.eks. at de gikk over isluka like etter utsetting (fallbacks), at de ikke vandret ut av det oppdemte bassenget eller at de ikke ble registrert innenfor gyteperioden. Det utelukkes ikke at enkelte av disse ørretene kan ha gytt i strømutsatte deler av magasinet (turbininntaket eller i innløpsstrømmen).

3.1.7 Visuelle tellinger av utgytt ørret ved turbininntaket.

3.1.7.1 Høsten 2014

Det ble gjennomført til sammen 17 visuelle inspeksjoner av vannmassene foran begge turbininntakene i gyteperioden (oktober 2014). Det ble ikke observert utgytt ørret i vannmassene inntil turbininntaket på noen av turbinene. Ved enkelte anledninger ble det observert stor ørret som viste seg i vannoverflaten lengre opp i bassenget.

Ved tidligere tellinger av utgytt ørret som samler seg opp foran turbininntaket om høsten har det alltid blitt observert et økende antall fisk frem mot gytetidens siste fase. Det er derfor et betydelig avvik fra tidligere observasjoner at det ikke ble observert en eneste fisk i dette området i løpet av oktober og første del av november 2014. Årsaken kan være at nedvandrende ørret oppholdt seg sammenlignet med tidligere. Flommen som kom i siste del av gyteperioden medførte at begge turbinene gikk med fullt pådrag (2 x 156 m³/s) i den viktigste nedvandringsperioden. Dette kan ha medført at vannveien gjennom turbinene ble ekstra attraktiv, og i tillegg mer tilgjengelig

enn tidligere som følge av økt lysåpning i varegrindene. Vannslippet gjennom flere andre flomluker langs dammen kan også ha medført en viss attraksjon og dermed større grad av søkeatferd bort fra turbininntaket og videre langs dammen.

3.1.7.2 Våren 2015

Tellinger ble også gjennomført i perioden 20. april – 8. juni 2015. Antallet vinterstøing som ble observert var på samme nivå som tidligere tellinger. Under disse tellingene ble det i perioden 11. mai – 3. juni skilt mellom ørret som oppholdt seg foran inntaket til turbin en (nærmest isluka) og inntaket til turbin to (**tabell 3.2**).

Tabell 3.2 Oversikt over antall vinterstøinger som ble observert i perioden 20. april – 8. juni 2015 foran turbininntakene ved Hunderfossen kraftverk. Fra 11. mai ble det foretatt tellinger av støinger foran hver av turbinene nr en (nærmest isluka) og to.

Dato	Turbin 1	Turbin 2	Totalt
20. – 30. april	0	0	0
1.mai	-	-	2
4.mai	-	-	3
6.mai	-	-	3
9.mai	-	-	5
10.mai	-	-	5
11.mai	1	11	12
13.mai	0	8	8
14.mai	0	8	8
15.mai	4	15	19
16.mai	3	12	15
17.mai	5	18	23
18.mai	2	20	22
19.mai	0	24	24
21. mai	0	20	20
22.mai	0	18	18
23.mai	0	13	13
24.mai	0	12	12
25.mai	0	8	8
26.mai	0	8	8
27.mai	1	8	9
28.mai	0	5	5
31.mai	0	3	3
1.juni	0	4	4
3.juni	0	3	3
4. – 8. juni	0	0	0

3.2 Innsamling og merking av smolt

All smolt som ble benyttet i studiet var 2-årig settefisksmolt fra Hunderfossen settefiskanlegg. Til sammen 96 smolt ble radiomerket og 502 smolt ble merket med PIT. Før merking ble smolten håvet opp fra kummene og lagt i vannbad med tilført anestetikum.

3.2.1 PIT-merking av settefisksmolt

Til sammen 502 smolt (377 til utsetting i elva og 125 stk til utsetting i isrenna for deteksjonstest) ble håvet opp fra kummene og lagt i felles vannbad med 0,2 ml Bensoak® pr. liter vann. Etter 2,5 - 3 minutters induksjonstid inntraff stadiet «dyp narkose». Deretter ble det påført et 5-6 mm langt snitt gjennom bukveggen mellom bryst og bukfinnene, og PIT-merkene ble lagt inn i buken på smolten. Såret ble ikke sydd ettersom det lukket seg etter inngrepet. Etter inngrepet ble smolten lagt i oppvåkningsbad med friskt ellevann og deretter oppbevart i flere døgn i settefiskkummene i anlegget. En smolt viste avvikende atferd etter merking og ble avlivet. De resterende merkede smoltene viste normal atferd, og det ble ikke observert utstøting av PIT-merker. Inspeksjon av et utvalg merket smolt viste at sårene hadde grodd i løpet av oppholdstiden fram til utsetting i elv.

3.2.2 Radiomerking

Smolt til radiomerking ble tilført anestesi på samme måte nevnt i avsnitt 3.2.1, men både anestesi og inngrep ble gjennomført enkeltvis ettersom påfesting av radiosendere tok noe lengre tid. Radiosenderne var produsert av Advanced Telemetry Systems (ATS) og veide 2 gram (Model F1920). Den garanterte levetiden på batteriene var 16 døgn.

Festingen av radiosenderne til smolten ble gjort med produsentens festeanordninger. To stålwi-
rer ble ført gjennom to kanyler på undersiden av ryggfinnen og festet separat på motsatt side med stoppskiver og klemmehylser. Etter inngrepet ble smolten lagt i oppvåkningsbad med friskt ellevann og deretter satt tilbake til settefiskkummene fram til utsetting i elva. Tilsyn ble gjennomført i tråd med settefiskanleggets rutiner. Smolten ble håndforet ved noen anledninger i venteperioden fram til utsetting. Ingen avvik i atferd eller komplikasjoner ble registrert.

3.2.3 PIT-telemetri våren 2015

Anlegget med antenner og tilhørende teknologi var i drift i perioden 23. april til 2. juni 2015. De to første ukene besto av testing og utbedringer fra høstens forsøk. Første testing (test nr 1) med fisk ble gjennomført 4. mai hvor tre puljer a 25 PIT-merkede smolt ble sluppet ut øverst i isløpet under vannslipp på henholdsvis 5 m³, 10 m³ og 15 m³. Etter utbedring av antenner ble test nr 2 gjennomført den 13. mai 2015 med to puljer a 25 fisk sluppet på henholdsvis 10 m³ og 15 m³. **Tabell 3.3** viser andeler av PIT-merket smolt som ble registrert på PIT-loggeren ved ulike vannføringer.

Tabell 3.3 Antall og andel (%) smolt registrert ved deteksjonsforsøk i isrenna ved Hunderfossen ved ulike vannføringer.

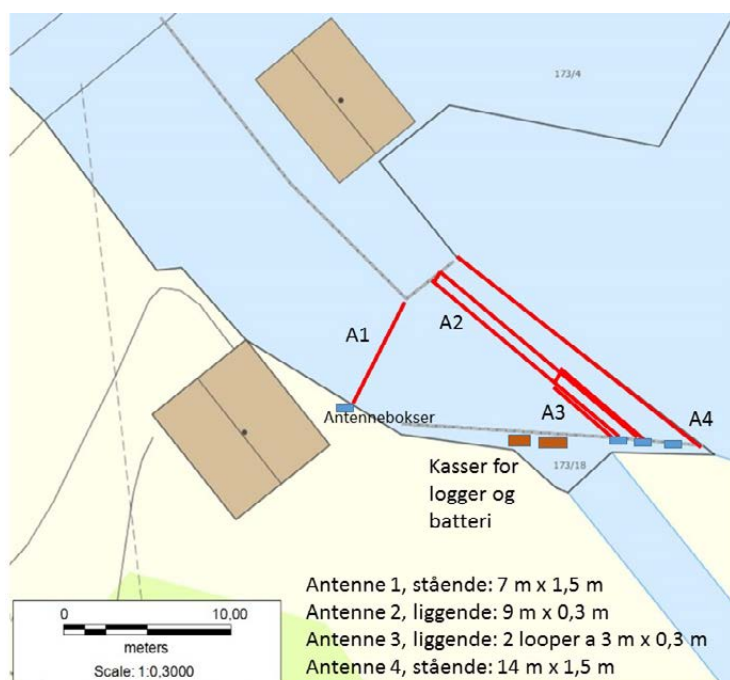
Dato	Vannføring	Antall sluppet	Antall registrert
04.05.2015	5 m ³	25	20 (80 %)
04.05.2015	10 m ³	25	9 (36 %)
04.05.2015	15 m ³	25	6 (24 %)
13.05.2015	10 m ³	25	12 (48 %)
13.05.2015	15 m ³	25	3 (12 %)

Erfaringene med PIT-systemet fra høsten 2014 dannet grunnlag for noen forbedringer i oppsettet. Følgende utbedringer av antennesystemet ble gjennomført ved idriftsetting av PIT-anlegget i april 2015:

- Logger ble flyttet ut fra visningsbygget og plassert i låst kasse (70 cm x 50 cm x 50 cm) der fisketrappa går under isrenna.

- Batteri med batterilader ble tatt i bruk som strømkilde (hensikten var å bryte kontakten med støykilden som ble tilført gjennom strømmettet). Batteri ble satt i egen kassen (50 cm x 40 cm x 40 cm) ute ved logger ved muren.
- Stående antenne ble satt opp igjen (**figur 3.1**, antenne, A 4) ved utløpet av isrenna. Den ble gjort litt kortere ved innfestingen mot antenneboksen.
- Den liggende antenna ble delt i to antenner. Antenne (A 2) lengst fra antenneboksen ble beholdt som før. Ny antenne nærmest loggeren (A 3) ble laget med to sløyfer og kabeltykkelse 50 mm².
- Det ble etablert en ny stående antenne (A 1) på det smaleste punktet ved visningsbygget. Dimensjoner: 7 m x 1,5 m. Tverrsnittsareal på antenneledning: 16 mm².
- Test av antennene viste en bedring i avstand for deteksjon av smoltmerker (23 mm) på 40 cm for liggende antenner og deteksjon i hele feltet (høyde 120 cm) for den stående antenna.

Etter forsøket den 4. mai 2015 ble det foretatt ytterligere utbedringer. Antenne A1 (**figur 3.1**) ble vinklet ca. 20 grader. Øverste delen av øvre antenneledning, som var nedfelt i muren, ble flyttet slik at den gikk parallelt med den nedre antenneledningen. Strømuttaket og batteri ble flyttet til veggen på visningsanlegget, og strømledningen fram til logger fikk 12 V. Den ble også senket ift antenneledningen. Festet for antenne A 4 ble senket for å bedre deteksjonen ytterligere. Etter utbedringene var deteksjonen på antennene A2, A3 og A4 bedret ytterligere. Den øverste antenne A 1 viste seg kun å ha god deteksjon ved oppstart. Når den sto med strøm på over tid ble deteksjon dårlig (< 10 cm). Dette skyldes trolig at det bygde seg opp et magnetfelt i armeringsjernet under antenna. Antenne A1 har derfor registret svært få fisk.



Figur 3.1 Plassering av antenner (A1-A4), logger, antennebokser og batteri for PIT-anlegget i isrenna. Hunderfossen dam er øverst til venstre på kartet.

3.3 Forsøksoppsett for vinterstøing høsten 2014

Det ble sluppet vann over isluka i følgende perioder for å skape nedvandringmuligheter for radiomerket utgytt ørret som samlet seg ved turbininntaket:

- Stengt i siste del av september (for å redusere antall «fallbacks»)
- 5 m³/s i perioden 1. – 27. oktober
- 10 m³/s i perioden 27. okt – 10. november
- Stengt 10. november kl 13.30

Som følge av regnvær i siste del av oktober økte totalvannføringen, og turbinenes kapasitet på 312 m³/s ble overskredet den 24. oktober kl 15. Det ble gjort tiltak for å fordele forbitappingen på fire flomluker, og lukene tre, fire, fem og seks ble i løpet av den 24. oktober åpnet med sju cm, tilsvarende ca. 10 m³/s pr luke. Samlet vannslipp over dam var om lag 50 m³/s.

Den 25. oktober økte vannføringen, og vannføringen gjennom flomlukene ble likt fordelt på 20 m³/s. Samlet vannføring over dam var om lag 107 m³/s.

Den 26. oktober ble flomlukene justert til varierende vannføringer som i perioden varierte mellom 19 og 25 m³/s. Automatiske luker justerte den øvrige variasjonen i vannføring utover i oktober. Den maksimale lukeåpningen var 19 cm under flommen.

3.4 Fordeling av smolt merket med radiosendere og PIT

Det ble til sammen radiomerket 96 smolt fra settefiskanlegget fordelt på 4 puljer med 4 x 24 smolt, og disse ble satt ut i Lågen ved Granrudmoen bru på følgende datoer; 13. mai, 18. mai, 26. mai og 2. juni. Alle utsettingene skjedde mellom kl 12.30 og 17.00.

Puljene ble balansert med hensyn til størrelsesfordeling, og kroppslengdene hos smolten varierte mellom 17,0 og 28,2 cm. Alle hadde tydelig blank smolt-drakt med reduserte parmerker.

Parallelt ble det PIT-merket i alt 377 smolt som ble satt ut sammen med den radiomerkede smolten. **Tabell 3.3** gir en oversikt over utsettingene og individdata for merket smolt.

Tabell 3.3. Oversikt over datoer for merking, utsetting og størrelsesintervall for 96 radiomerkede og 377 PIT-merkede smolt som inngår i forsøkene. Alle ble satt ut i Lågen ved Granrudmoen bru.

Pulje nr.	Dato merket	Antall radiomerket	Lengde-Intervall (cm)	Dato utsatt i elv	Antall PIT-merket	Vannføring (m ³ /s) i isluka
1	11. mai	24	17,0 – 28,2	13. mai	100	5
2	16. mai	24	17,5 – 27,6	18. mai	100	10
3	21. mai	24	17,1 – 27,2	26. mai	100	15
4	26. mai	24	17,0 – 27,1	2. juni	77	20

3.5 Registrerte gjenfangster

Det ble meldt inn to gjenfangster av radiomerket ørret. Den 6. juli 2015 fanget Geir Robert Haarstad en radiomerket ørret med frekvens 142,114 (stor sender) (fisk nr. 27 i **Vedlegg 1**). Ørreten

ble tatt under dorgefiske i Mjøsa utenfor Gjøvik og veide 6,2 kg. Ved merking i fisketrappa veide ørreten 7,9 kg, og hadde dermed redusert kroppsvekten med 1,7 kg i tiden mellom merking og gjenfangst. Ørreten var i god tilstand ved gjenfangst, og det ble ikke rapportert skader ut over det normale (sårkanaler rundt festewirene) i forbindelse med festeanordningene til radiosenderen.

Den 9. juli 2015 fanget Kari Bakke Rustad en smolt som var radiomerket med frekvens 142,421 under markefiske ved Hølsauget (se **Vedlegg 2**). Smolten ble målt til 25 cm og var i godt hold med blank smoltdrakt. Det ble rapportert om slitasjeskader på bakre festet til senderen.

4 Resultater

4.1 Nedvandring av vinterstøinger

4.1.1 Oversikt over vinterstøinger som inngikk i nedvandringsstudiet

Av de 79 radiomerkede gytefiskene var det fire som ble manuelt peilet høsten 2014 (hhv. Tingberg, Seterfossen, Tretten og Harpefoss). Disse ble hverken registrert på loggeren eller manuelt peilet våren 2015. Skjebnen til disse er derfor uavklart og de kan ha dødd naturlig på elv, blitt fisket, eller at radiosenderen kan ha sviktet. De kan også ha vandret ned i perioden som loggerne ikke var i funksjon (28. november 2014 – 1. april 2014).

I tillegg ble fire støinger registrert på loggeren ved dammen fram til denne ble tatt ned den 23. juni. Disse ble peilet ved hhv. Granrudmoen, Tingberg, Bådstø/Tretten og øvre dele av magasinet i løpet av høsten 2014. De ble også manuelt peilet i magasinet den 12. juni og 5. august 2015. Skjebnen til disse er også uavklart, da de både kan ha mistet senderen eller omkommet oppstrøms dammen.

Tre radiomerkede ørret slapp seg ned forbi dammen relativt raskt etter merking (såkalte «fallbacks») og de gytte trolig på minste vannføringsstrekningen. De vandret en del opp og ned på minste vannføringsstrekningen og ble vekselvis registrert på loggeren ved Andershølen (ADL-2) og ved dammen (ADL-1). Disse slapp seg ned gjennom isluka og to av dem vandret ut til Mjøsa høsten 2014 (24. og 30. oktober). Den siste overvintret i Andershølen og vandret videre ned mot Mjøsa den 6. mai 2015. Årsaken til disse «fallbacks» er trolig en effekt av den til dels omfattende håndteringen som merkeprosessen medførte, og derfor tas de ikke med i oppsummeringen av nedvandringsveiene for støinger i dette forsøket selv om de vandret ned gjennom isluka og hadde vellykket utvandring til Mjøsa.

Oppsummert betyr dette at det ble definert nedvandringsvei for 68 av 79 radiomerkede vinterstøinger i løpet av høsten 2014 og våren 2015.

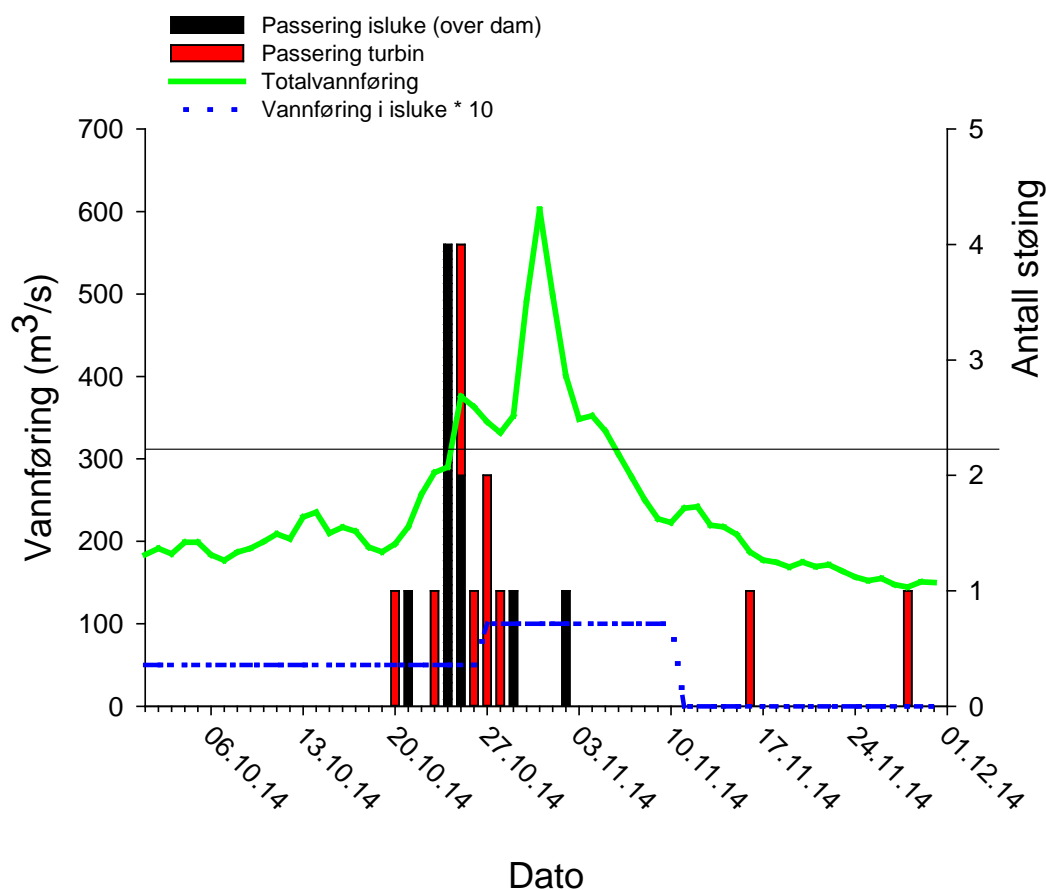
4.1.2 Nedvandring av vinterstøinger høsten 2014

I alt 39 støinger ankom magasinet i løpet av høsten og av disse passerte ni over isluka i løpet av høsten (23 %), 10 gjennom turbinene (26 %) og 20 overvintret i magasinet (51 %). Dette betyr at av de registrerte nedvandringene forbi kraftverket høsten 2014 var over halvparten (53 %) turbinpassasjer.

Samtlige støinger (n=9) som vandret ned gjennom isluka hadde suksessfull nedvandring til Mjøsa og de passerte minste vannføringsstrekningen i perioden 21. oktober til 2. november. Tiden mellom siste registrering på loggeren ved Hunderfossen (ADL-1) og Lortvarpet (ADL-4 nedstrøms minste vannføringsstrekningen) var i gjennomsnitt 1,48 dager (35 timer) og varierte fra 0,05 dager (1,15 timer) til 5,9 dager (141 timer). Alle de utvandrende støingene ble registrert på begge loggerne på minste vannføringsstrekningen (ADL-2 & ADL-3) og på loggeren ved Lortvarpet (ADL-4). Seks av ni støinger (67 %) ble registrert på loggeren ved Svartevja. Disse passerte trolig loggeren uten å bli registrert. Dette skyldtes trolig en uheldig kombinasjon av elvens bredde, vannhastighet og dybdeforhold i dette området. Seks av ni (67%) islukepasseringer i løpet av høsten skjedde den 25. og 26. oktober 2014. **Figur 4.1** viser at dette sammenfalt med en periode med rask vannføringsøkning og at slukeevnen i kraftverket ble overskredet. Vannføringen i isluka var på 5 m³/s den 25. og 26. oktober.

De 10 støingene som ble definert til å være turbinpassasjer forsvant fra loggeren ved dammen (ADL-1) i perioden 20. oktober til 28. november og ingen av disse ble registrert på loggerne på minstevannføringsstrekningen (ADL-2 & ADL-3), men seks av dem ble registrert på loggeren i Lortvarpet (ADL-4). Dette betyr at de har passert turbinene og vandret ut gjennom kraftverksutløpet og videre ned til loggerens deteksjonsområde. Tilstanden til disse kan ikke klarlegges med den anvendte metodikken, men det bemerkes at to av støingene som ble registrert på denne loggeren stod der «uvanlig» lenge (17 dager og 222 dager). Den som ble registrert på loggeren i 17 dager ble peilet rett oppstrøms Lortvarpet den 12. juni og 5. august 2015. Vi konkluderer derfor med at disse etter all sannsynlighet har omkommet. Det var også påfallende at kun én av støingene (16 %) ble registrert på loggeren i Svartevja (mot 67 % av de som hadde vandret ned i sluka).

Én støing som ble definert som «turbinpassasje» høsten 2014 (registrert på ADL-1 den 25. oktober og forsvant den 28. november) ble peilet i svingekammeret (dvs. rett nedenfor turbinutslaget fra kraftverket) den 29. mai 2015, og har etter all sannsynlighet omkommet i turbinen.



Figur 4.1. Antall støinger som passerte dam via isluke (svart søyle) og turbin (rød søyle) ved Hunderfossen kraftverk i perioden 1. oktober - 1. desember 2014. Totalvannføring (grønn strek) og vannføring over isluke (blå stiplet strek) er gitt som døgnmiddel. Slukeevne i kraftverket (312 m^3/s) er vist som sort vertikal linje.

4.1.3 Effekter av vannføringer på 5 og 10 m³/s over isluka om høsten 2014

I perioden 1. oktober til 27. oktober 2014 (ved slipp av 5 m³/s i isluka) ble det registrert nedvandring til magasinet av 23 støinger på loggeren ved dammen (ADL-1). Disse regnes som motiverte for nedvandring hele veien ned til Mjøsa, og at de ikke hadde til hensikt å overvintre i magasinet. Av disse 23 støingene ble det registrert sju passeringer av isluka (30 %) og fem turbinpassasjer (22 %). Samtlige som passerte isluka fullførte nedvandringen til Mjøsa.

I perioden 27. oktober til 10. november ble vannføringa i isluka økt til 10 m³/s. Summen av nye ankomster til magasinet i denne perioden (n=11), og de som stod igjen fra forrige periode (n=11) medførte at det var 22 utvandringssklare radiomerkede støinger i magasinet i denne perioden. Av disse ble det registrert to passeringer av isluka (9 %) og tre turbinpassasjer (14 %). Begge de to støingene som passerte isluka fullførte utvandringen til Mjøsa om høsten (30. oktober og 2. november). Det ble m.a.o. ikke registrert noen positiv effekt av økt vannføring i den 27. oktober på andelen støinger som vandret ut isluka. En årsak til dette kan være redusert motivasjon til å fortsette nedvandringen ved synkende vanntemperatur om høsten eller at en økning fra fem til 10 m³/s ikke bedret forholdene for islukepassering nevneverdig. Forsøket viste at en vannføring på 5 og 10 m³/s var tilstrekkelig til å sikre videre nedvandring på minstevannføringsstrekningen etter passering av isluka.

Isluka ble stengt den 10. november 2014. Det ble registrert ytterligere fire støinger som vandret ned til magasinet etter den 10. november, disse ble første gang registrert på loggeren ved dammen hhv. den 11., 14., 16. og 28. november. To av disse passerte gjennom turbinene.

4.1.4 Nedvandring av vinterstøing om våren 2015

I tillegg til de 20 støingene som overvintret i magasinet, ankom det i perioden 19. april – 31. mai ytterligere 28 støinger som hadde overvintret i elva oppstrøms Hunderfossmagasinet, og det ble derfor definert nedvandningsvei for 48 støinger i løpet av våren 2015.

Av disse 48 vandret 33 gjennom isluka (69 %). Én av disse ble stående nedenfor dammen til forsøket ble avsluttet den 23. juni, og ble peilet manuelt rett nedstrøms dammen den 12. juni og 5. august 2015. Denne hadde trolig enten dødd eller mistet senderen ved islukepassering (sikker islukepassering fordi den ble registrert på PIT-loggeren i isluka). De resterende hadde suksessfull nedvandring til Mjøsa og samtlige ble registrert på loggeren ved Andersshølen (ADL-2) (n=32) og 31 av disse ble registrert på loggeren ved Ensby (ADL-3) (den ene som manglet ble imidlertid registrert på både ADL-4 og ADL-5). I alt 30 støinger ble registrert på loggeren ved Lortvarpet (ADL-4) og av disse ble 26 (87 %) registrert på loggeren ved Svartevja (ADL-5).

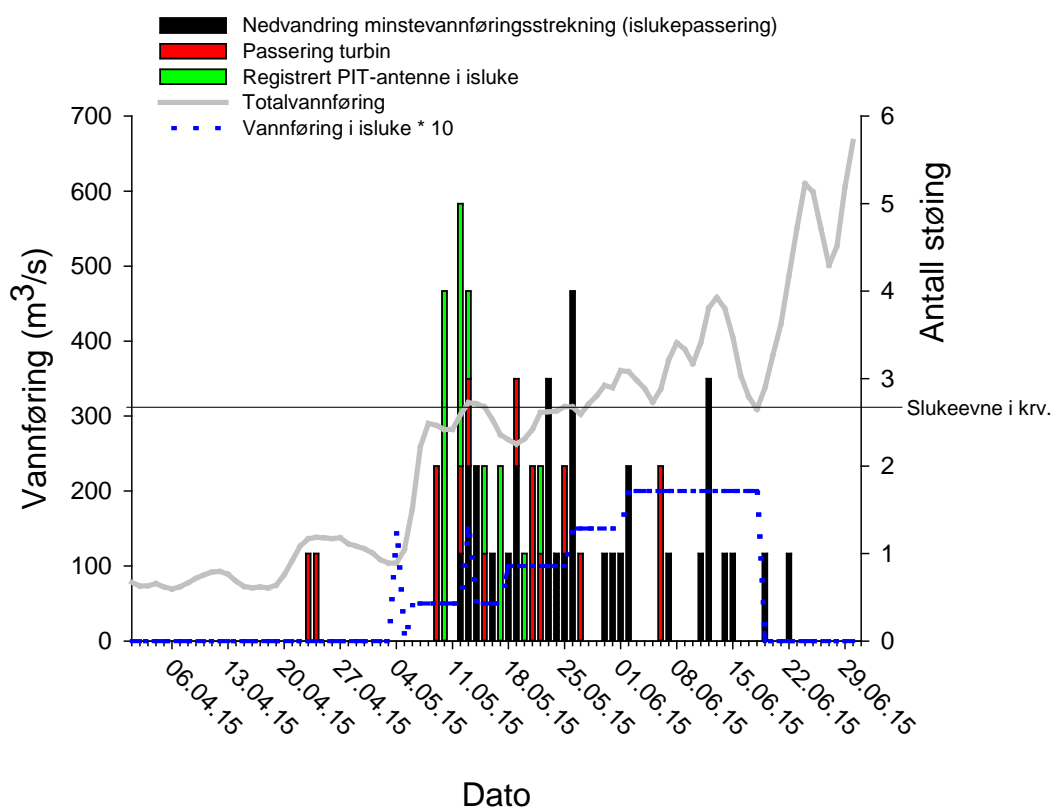
De fleste av støingene som passerte isluka våren 2015 ankom Mjøsa. Plasseringen av den nederste loggeren ved Svartevja ble justert noe i forhold til høsten 2014 og andelen som ble registrert på denne ble forbedret (fra 67 %), men fortsatt var kombinasjonen av elvebredde, vanddyp og vannføring såpass ugunstig at loggeren ikke hadde 100 % effektivitet. Nedvandringen på minstevannføringsstrekningen skjedde i perioden 12. mai – 22. juni (**figur 4.2**). Tiden mellom siste registrering på loggeren ved Hunderfossen og Lortvarpet (nedstrøms minstevannføringsstrekningen) var i gjennomsnitt 1,13 dager (27 timer) og varierte fra 0,12 dager (3 timer) til 5,72 dager (137 timer).

I alt 12 radiomerkede støinger ble registrert på PIT-loggeren som var installert i isløpet, og av disse vet vi at én ble stående nedenfor dammen og hadde antakeligvis dødd eller mistet senderen. Av de 11 andre var det noe avvik mellom tidspunkt for registrering på PIT-loggeren og tidspunkt hvor de forsvant fra ADL-1 (radiologgeren ved dammen). Dette skyldes at ADL-1 også registrerte radiomerket fisk som stod rett nedenfor dammen (øvre del av minstevannføringsstrekningen). Det ble også registrert at fire støinger forsvant fra ADL-1 samme dag som de ble registrert på PIT-loggeren (dvs. de vandret umiddelbart ut minstevannføringsstrekningen). Videre

ble fire stående 1-3 dager nedenfor dammen før de fortsatte nedvandringen. To støinger ble stående henholdsvis åtte og 15 dager nedenfor dammen før de fortsatte og fullførte nedvandringen.

Definisjon av nedvandringsvei forbi kraftverket ble gjort uavhengig av resultatene fra PIT-forsøket. Samtlige PIT-merkede støinger som ble registrert i isluka var definert som «islukepasseringer» og ingen «turbinpassasjer» ble derfor registrert på PIT-antenna i isluka. Det var derfor ingen avvik i konklusjonene basert på de to metodene. Samtidig var det slik at 23 islukupasseringer (basert på radiotelemetri) ble registrert i perioden som PIT-loggeren var i drift (23. april – 2. juni), og av disse ble 12 (52 %) registrert på PIT-loggeren. Årsaken til at PIT-antennen ikke detekterte all fisk var trolig at vannhastigheten over antennene ble for stor når vannføringen oversteg $5\text{ m}^3/\text{s}$ i isrenna. Økt effektivitet til PIT-systemet vil trolig kreve ombygging av isluka slik at vannhastigheten reduseres i området hvor antennene er plassert.

Til sammen 15 av de 48 støingene som stod ved dammen våren 2015 forsvant fra ADL-1 og ble ikke registrert på loggerne på minstevannføringsstrekningen. Disse er derfor kategorisert som-turbinpassasjer, og andelen er beregnet til 31 % i løpet av våren 2015. Av disse ble 5 registrert på loggeren i Lortvarpet (ADL-4) og fire ble registrert på loggeren i Svartevja (ADL-5), noe som kan indikere opptil 33 % overlevelse/67 % dødelighet i timene og dagene etter turbinpassasje.



Figur 4.2. Antall vinterstøinger som passerte dam via isluka (svarte søyler) og turbin (røde søyler) ved Hunderfossen kraftverk i perioden 1. april - 1. juli 2015. Totalvannføring (grå linje) og vannføring i isluka (blå stiplet linje) er gitt som døgnmiddel. Maksimal slukeevne i kraftverket (ca $312\text{ m}^3/\text{s}$) er vist som sort vertikal linje.

4.1.5 Effekter av vannføringer mellom 5 og 20 m³/s over isluka om våren 2015

4.1.5.1 Vannføring på 5 m³/s

I perioden 6. mai til 17. mai ble det hovedsakelig sluppet 5 m³/s i isluka, men lukeforsøk i forbindelse med PIT-forsøket den 4. og 13. mai med kortvarig vannslipp i isluka på opptil 15 m³/s gjør det vanskelig å konkludere entydig i forhold til den isolerte effekten av 5 m³/s i isluka. Det ble i denne perioden registrert en akkumulert nedvandring til magasinet av 22 støinger som hadde overvintret i elva oppstrøms magasinet i tillegg til de 20 som hadde overvintret i magasinet. Av disse 42 støingene ble det registrert 11 passeringer av isluka (26 %) og sju turbinpassasjer (17 %).

4.1.5.2 Vannføring på 10 m³/s

I perioden 18. mai – 25. mai ble vannføringen i isluka økt til 10 m³/s og tar vi hensyn til nye ankomster til magasinet i denne perioden (n=5) og de som stod igjen fra forrige periode (n=24) var det 29 utvandringssklare radiomerkede støinger i magasinet i denne perioden. Av disse 29 støingene ble det registrert seks passeringer av isluka (21 %) og fem turbinpassasjer (17 %).

4.1.5.3 Vannføring på 15 m³/s

I perioden 26. mai – 1. juni ble vannføringen i isluka ytterligere økt til 15 m³/s og tar vi hensyn til den videre nedvandringen til magasinet i denne perioden (n = 1) og de som stod igjen fra forrige periode (n = 18) kan vi definere at vi hadde 19 utvandringssklare radiomerkede støinger i denne perioden. Av disse ble det registrert fem islukepasseringer (26 %) og én turbinpassasje (5 %).

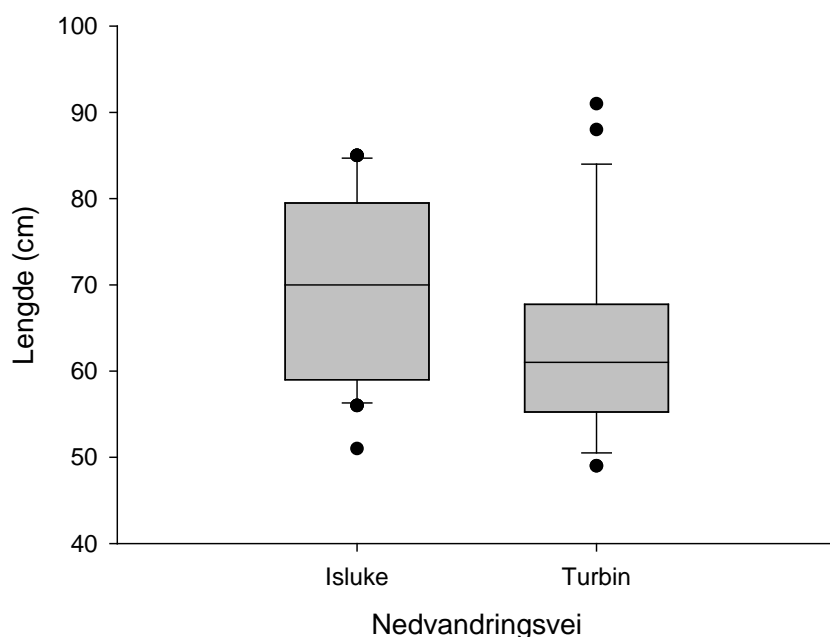
4.1.5.4 Vannføring på 20 m³/s

I perioden 2. juni til 18. juni ble vannføringen i isluka økt til 20 m³/s. I denne perioden foregikk det ingen ytterligere nedvandring til magasinet, m.a.o. var det 13 utvandringssklare radiomerkede støinger i denne periode. Av disse ble det registrert 11 islukepasseringer (85 %) og to turbinpassasjer (15 %).

Dette forsøket viste at islukas effektivitet til å drenere støinger var langt høyere ved vannslipp på 20 m³/s (85 %) enn ved de andre vannføringene (21-26 %), men det er samtidig vanskelig å isolere effekten av ulike vannslipp i isluke med bl.a. varierende vannførings- og temperaturforhold. Det er allikevel grunn til å anta at hvis man hadde sluppet 20 m³/s f.o.m. den 6. mai hadde langt flere støinger valgt isluka som nedvandningsvei.

4.1.6 Effekt av kroppslengde på valg av nedvandningsvei

Det var relativt stor variasjon i kroppslengdene til støing som passerte isluka (51 – 85 cm) og som vandret inn i turbinene (49 – 91 cm), men median lengde til de som passerte isluka (70 cm) var signifikant høyere enn de som passerte turbinene (61 cm) (*Mann-Whitney Rank Sum Test*, $P = 0.029$). Det er derfor påvist at en størrelseseffekt i valg av nedvandningsvei hos vinterstøing ved Hunderfossen kraftverk. Samtidig viser resultatene at de største individene også kan passere gjennom turbinene (**figur 4.3**).



Figur 4.3 Box-plot som viser kroppslengdene til støing som passerte isluka ($n = 42$) og turbinene ($n = 25$) ved Hunderfossen kraftverk høsten 2014 og våren 2015. Boksene omfatter de midtre 50 % av verdiene. Medianen er den heltrukne svarte linjen inne i boksen. De vertikale linjene utenfor boksen representerer 10 og 90 prosentilene (dvs. 80 % av de observerte lengdene ligger innenfor disse). Fylte sirkler viser observasjoner utenfor 10 og 90 prosentilene.

4.2 Nedvandring av smolt våren 2015

4.2.1 PIT-forsøk

Ingen av de 377 PIT-merkede smoltene som ble sluppet ut i Lågen ved Granrudmoen ved ulik vannføring i isluka ble registrert på PIT-loggerne i isrenna (**tabell 4.1**).

Tabell 4.1 Resultater forsøket med PIT-antennene i isluka ved Hunderfossen for å detektere nedvandring over isluka våren 2014 ved fire ulike vannføringer i isluka. Høyre kolonne gir forventet antall registreringer på PIT-loggeren hvis samtlige smolt hadde valgt isluka som nedvandringsvei (basert på deteksjonsforsøk).

Pulje	Dato	Vannføring isluka (m ³ /s)	Antall PIT-merkede smolt utsatt	Satt ut kl.	Antall reg. PIT-logger (isløp)	Forventet antall reg. ut i fra res. fra deteksjonsforsøk (hvis smolt hadde valgt isluka som nedvandringsvei)
1	13/5	5	100	1200-1230	0	~ 80
2	18/5	10	100	1700-1800	0	~ 36-48
3	26/5	15	100	1300-1400	0	~ 12-24
4	2/6	20	77	1400-1430	0	~ 0
Σ			377		0	~ 128-152

De kontrollerte deteksjonsforsøkene med slipp av PIT-merket smolt i isrenna viste at deteksjonsgraden ble redusert med økt vannføring i isluka og varierte fra 80 % ved vannføring på 5 m³/s til 12-24 % ved vannføring på 15 m³/s. Oppsettet av antenner viste seg ikke å tåle den fysiske belastningen som bel påført ved vannføringer i isluka på 20 m³/s eller mer. Hvis samtlige PIT-merkede smolt som ble satt ut ved vannføringer i isluka på 5, 10 og 15 m³/s hadde valgt isluka som nedvandningsvei hadde forventet antall registreringer på PIT-loggeren vært fra 128 – 152 individer. Det totale fraværet av registreringer av smolt på PIT-antenna tilsier at få eller sannsynligvis ingen smolt valgte isluka som nedvandningsvei forbi Hunderfossen kraftverk våren 2015. Fraværet av alternative nedvandningsveier (de andre flomlukene ble holdt stengt) i forsøksperioden utelukker andre alternativer enn turbinpassasje ved nedvandring. Det vurderes som lite sannsynlig at de benyttet fisketrappa som nedvandningsvei som følge av vanninntakets plassering.

4.2.2 Radiomerket smolt

Det ble satt ut fire puljer med radiomerket smolt med tilhørende vannslipp over isluka i de påfølgende døgn. Slippene skjedde henholdsvis den 13. mai (5 m³/s i isluka), 18. mai (10 m³/s i isluka), 26. mai (15 m³/s i isluka) og den 2. juni (20 m³/s i isluka).

4.2.2.1 Pulje 1 (5 m³/s i isluka)

Den første puljen besto av 24 smolt som ble satt ut ved Granrudmoen den 13. mai kl 1230. Det ble umiddelbart etter utsetting oppdaget via peilinger at det var en betydelig reduksjon/drift av pulsrate til flere av senderne i forhold til oppgitte spesifikasjoner fra leverandøren, og det ble derfor satt i gang ekstraordinær manuell peiling for å sikre tilfredsstillende data ettersom loggerne var innstilt til å registrere oppgitt pulsrate +/- 4 ppm. Strekningen Granrudmoen – Vingesbrua ble derfor manuelt peilet den 13. mai kl 1800 - 2200, 14. mai kl 1200-1500, 14./15. mai kl 2300 – 0400, 15. mai kl 0800 – 1200, 15. mai kl 2100 – 0000, 16. mai kl 1600 – 1900 og 17. mai kl 1300 – 1600.

De manuelle peilingene påviste 19 smolt (én eller flere ganger), og av disse ble fire posisjonert nedstrøms kraftverksutløpet og ingen ble påvist på minstevannføringsstrekningen til tross for peilinger fra begge sider av elva. I alt ni smolt ble registrert på ADL-1 hvorav tre også ble registrert på ADL-4. Ytterligere én ble registrert på ADL-4 uten å ha vært registrert på ADL-1. Ingen smolt ble registrert på loggerne på minstevannføringsstrekningen (ADL-2 & ADL-3).

Totalt seks smolt ble registrert nedstrøms kraftverksutløpet og disse var høyst sannsynlig turbinpassasjer, men hvor mange av de øvrige smoltene i denne gruppa som faktisk vandret ned forbi dammen er vanskelig å anslå. De manuelle peilingene viste at flere smolt ble stående igjen forholdsvis lenge ved utsettingsstedet og i magasinet. I alt 15 smolt ble registrert nedstrøms Granrudmoen i magasinet/dammen ved manuell peiling og/eller på ADL-1. Vi antar at disse hadde startet nedvandringen. Kun fire av disse ble enten manuelt peilet nedstrøms kraftverksutløpet eller registrert på ADL-4. To smolt ble peilet nedstrøms kraftverksutløpet eller registrert på ADL-4 uten å ha vært registrert ved manuelle peilinger oppstrøms dammen eller på ADL-1, noe som tyder på at de vandret svært raskt nedstrøms etter utsetting. Ingen smolt ble registrert på ADL-2 og/eller ADL-3 eller ble manuelt peilet på minstevannføringsstrekningen, og det konkluderes derfor med at ingen smolt i denne gruppa passerte over isluka.

Tabell 4.2 Manuelle posisjoneringer av radiomerket smolt (dato og klokkeslett) og registreringer på loggestasjonen ved dammen (ADL-1) og i Lortvarpet nedstrøms kraftverksutløpet (ADL-4). G, M og D angir manuelle posisjoneringer ved henholdsvis «Granrudmoen», «Magasinet» og ved «Dam». H og B (i rødt) angir manuelle posisjoneringer nedstrøms kraftverksutløpet i Hølsauget ved henholdsvis Hølsauget og Brunlaugbrua.

Individ	13/5 kl 18-20	14/5 kl 12-15	14/5 kl 23-04	15/5 kl 08-12	15/5 kl 21-00	16/5 kl 16-19	17/5 kl 13-16	ADL-1	ADL-4
003									
013			M						
071			D		M			14/5 (23:41)	
082				H					3/6 (22:50)
113	G	M	M						
132			M						
151			D	D	D	D	D	14/5 (23:45)	
171									
181	G	M	M	M	M	M	M		
192								14/5 (02:15)	14/5 (06:32)
202		M			B			15/5 (00:14)	
213	G	G	G	G	G	M	M		
222	G							14/5 (00:28)	
252	G							18/5 (01:46)	
272	G								
292									
301	G								
332		H							
352	G	M	M	M					
361	G	M	M	M		M	M		
402	G							13/5 (00:10)	15/5 (02:59)
412		M		H				14/5 (23:19)	
432								14/5 (23:50)	15/5 (03:04)
441	G								

4.2.2.2 Pulje 2 (10 m³/s)

24 smolt ble satt ut ved Granrudmoen den 18. mai kl 1700 og 19 av disse ble registrert på loggeren (justert etter erfaringene fra pulje 1) ved dammen (ADL-1) og på loggerne nedstrøms kraftverksutløpet i Hølsauget (ADL-4 og/eller ADL-5). I alt fem smolt ble ikke registrert på loggerne, og kan ha blitt stående igjen ved Granrudmoen eller i magasinet. Samtlige av disse 19 smoltene ble registrert på ADL-1 ved dammen i perioden 19. mai kl 00:17 – 22. mai 02:07. Ingen av disse ble registrert på ADL-2 og/eller ADL-3 (minstevannføringsstrekningen), men 12 ble re-

gistrert på loggeren i Lortvarpet (ADL-4) og åtte av disse ble igjen registrert på loggeren i Svartevja (ADL-5). Det konkluderes med at ingen smolt i denne gruppa vandret ned isluka og minstevannføringsstrekningen, men at samtlige passerte dammen via turbinene. Forsøket var ikke designet for å undersøke dødelighet ved turbinpassasje, men i og med at 12 og 9 smolt også ble registrert på henholdsvis ADL-4 og ADL-5 kan det sannsynliggjøres at 47 – 63 % smoltene overlevde turbinpassasjen til de ble registrert på disse loggerne.

4.2.2.3 Pulje 3 (15 m³/s)

24 smolt ble satt ut ved Granrudmoen den 26. mai kl 1330. I alt seks smolt ble ikke registrert på loggerne. 15 smolt ble registrert på ADL-1 i perioden 27. mai kl 00:19 til den 14. juni kl 00:05. Av disse ble 10 registrert på ADL-4 og fem på ADL-5. I tillegg ble tre smolt registrert på ADL-4 uten å ha blitt registrert på ADL-1 (kan ha passert dam svært raskt og/eller dypt). Minst 18 smolt vandret derfor ned til damområdet og av disse ble 13 (72 %) registrert på loggeren i Lortvarpet (ADL-4) og fem (28 %) på loggeren i Svartevja (ADL-5). Ut i fra disse resultatene kan vi ikke konkludere mer nøyaktig enn at 28 – 72 % smoltene ikke døde umiddelbart av skader ved turbinpassasjen. Sannsynligvis er utvandrende settefisksmolt også utsatt for predasjon fra både fiskeetende fisk og fugl og det er derfor svært vanskelig å skille effektene av eventuell skade/død ved turbinpassasjer fra predasjon. Ingen smolt ble registrert på ADL-2 og ADL-3 (minstevannføringsstrekningen). Vi konkluderer med at ingen smolt i denne gruppa vandret ned isluka og vandret videre ned minstevannføringsstrekningen, men at samtlige nedvandringene skjedde via turbinene.

4.2.2.4 Pulje 4 (20 m³/s)

24 smolt ble satt ut ved Granrudmoen den 2. juni kl 1400. Seks smolt ble ikke registrert på noen av loggerne. 18 smolt ble registrert på loggeren ved dammen (ADL-1) i perioden 2. juni kl 23:46 til 17. juni kl 00:23. Av disse ble 8 (44 %) registrert på loggeren i Lortvarpet (ADL-4) og 5 (28 %) ble registrert ytterligere en omgang på loggeren i Svartevja (ADL-5). Ut i fra disse resultatene kan vi ikke konkludere mer nøyaktig enn at 28 – 44 % smoltene ikke døde umiddelbart av skader ved turbinpassasjen. Ingen smolt ble registrert på ADL-2 og ADL-3 (minstevannføringsstrekningen). Vi konkluderer med at ingen smolt i denne gruppa vandret ned isrenna og videre ned minstevannføringsstrekningen, men at samtlige nedvandringene skjedde via turbinene.

4.2.2.5 Oppsummering for alle puljene

Det er noe usikkerhet knyttet til hvor stor andel av de radiomerkede settefisksmoltene som faktisk startet nedvandringen mot dammen etter utsetting på Granrudmoen. Hensikten med dette studiet var imidlertid først og fremst å definere utvandningsvei til settefisksmolt. Basert på manuelle peilinger og registreringer på loggestasjonene kan vi konkludere med at minst 70 smolt vandret mot dammen etter utsetting. Av disse ble ingen registrert på de to loggerne på minstevannføringsstrekningen (ADL-2 & ADL-3) mens 39 ble registrert på den første loggeren nedstrøms kraftverksutløpet (ADL-4 Lortvarpet) og 18 ble registrert på den nederste loggeren i Svartevja (ADL-5). Det konkluderes derfor med at all nedvandrende radiomerkede smolt forbi Hunderfossen kraftverk passerte via turbinene våren 2015. Denne konklusjonen har også støtte fra PIT-studiene ettersom ingen av de 300 PIT-merkede smolt ble registrert på PIT-antenna i isrenna. Det er mulig at noen smolt ble utsatt for predasjon i magasinet før de ankom dammen.

4.3 Registrerte gyteområder høsten 2014

Av de 63 radiomerkede ørretene som ble registrert på gyteplasser ovenfor Hunderfossen dam var fordelingen som angitt i **tabell 4.3**. Fordelingen av fisk på gyteplassene er relativt lik som tidligere er registrert. Unntaket er at ingen av ørretene valgte gyteplassen ved Randkleivsbrua ved Ringebu, som tidligere er registrert som gyteplass for Hunderørret. Gyteområdene ved Tretten kan deles inn i tre distinkte områder; Losnavatnets utløpsos ved Bådstø, Lybekkstrømmen og elvestrekningen fra den gamle Ostefabrikken og ned til forgreiningene som utgjør Hovdefossen og det vestre elveløpet. Det synes også å være gyteaktivitet på grusørene like nedstrøms Hovdefossen.

Tabell 4.3. Fordeling av 63 radiomerkede ørret på gyteplasser i Lågen ovenfor Hunderfossen i løpet av høsten 2014

Gytelokalitet	Antall Prosent	
Granrudmoen	13	20,6
Øyer v/Tingberg	18	28,6
Skarsmoen v/Seterfossen	6	9,5
Hovdefossen (brekk og fot)	4	6,3
Strekn. Hovdefoss-Ostefabr.	3	4,8
Tretten v/Lybekkstrømmen	1	1,6
Tretten v/Bådstø	15	23,8
Ringebu v/Randkleivsbrua	0	0
Frya ved Hæringen	2	3,2
Harpefoss nedenfor Grøntuveholet	1	1,6
<i>SUM</i>	<i>63</i>	<i>100</i>

5 Diskusjon

Telemetristudiene av nedvandrende vinterstøing og smolt forbi Hunderfossen kraftverk i 2014 og 2015 har vist at turbinene velges som nedvandringsrute fortrinnsvis hos små og middelsstore vinterstøinger og alle størrelsesgrupper hos settefisksmolt. Dette antas å være forårsaket av installeringen av ny varegrind med lysåpninger på 10 cm. Også storvokste vinterstøinger passerte turbinene. Det foreligger indikasjoner på dødelighet som vil kunne påvirke bestanden negativt. Vannslipp over isluka i størrelsesorden 5 til 20 m³/s har en god, men langt fra tilstrekkelig, effekt på vinterstøinger, og det ser ut til at det i første rekke har effekt på vinterstøinger som står foran turbin 1 (nærmest isluka).

5.1 Vinterstøing

Telemetristudiene av nedvandrende vinterstøing på høsten i 2014 viste at 49 % av de nedvandrende individene passerte Hunderfossen dam og 51 % overvintret i dammen. Dette kan tolkes slik at den kombinerte effekten av dammen som barriere, og de begrensningene som er knyttet til nedvandringsveiene, forhindret om lag halvparten av høstnedvandringen til Mjøsa. Dette medførte trolig en påtvungen overvintring i inntaksmagasinet. I og med at støing også overvintrer i stille kulper og holer i elva kan vi ikke utelukke at noen også aktivt velger Hunderfossenmagasinet som overvintringslokalitet. Den halvparten av høstnedvandrerne som vandret hadde to alternative nedvandringsveier. Den ene muligheten var isluka og den andre var turbinene (fisketrappa utelukkes som nedvandringsvei).

Til sammen 47 % av individene som passerte Hunderfossen dam under nedvandring fra gyteplassene om høsten responderte på vannslippet i isluka og passerte denne nedvandringsveien, mens 53 % av individene passerte ned gjennom turbinene. Det var også en høyere andel av store individer som valgte isluka framfor turbinene. Det ble ikke påvist noen effekt av en økning i vannføringen i isluka fra 5 til 10 m³/s på andelen som vandret ut. Studiet viste for øvrig at vannføringer på både 5 og 10 m³/s var tilstrekkelig til å sikre videre nedvandring på minstevannføringsstrekningen etter islukepassering. Samtlige støing som passerte isluka høsten 2014 vandret ut til Mjøsa.

Studiene av nedvandringen av vinterstøing forbi dammen i løpet av våren 2015 viste at 69 % av individene som var i magasinet ved dammen mens det ble sluppet vann over isluka, responderte ved å passere denne vandringsveien. Til sammen 31 % av nedvandrende vinterstøing vandret nedstrøms via turbinene. Det ble ikke påvist noen nevneverdig økning i andelen støing som passerte isluka ved vannføringer på 5, 10 og 15 m³/s (varierte fra 21 – 26 % av de som stod i nedre del av magasinet). Ved 20 m³/s vandret imidlertid 85 % av støingene som stod i nedre del av magasinet over isluka. Dette forsøket viste at islukas effektivitet til å drenere støinger var langt høyere ved vannslipp på 20 m³/s (85 %) enn ved de andre vannføringene (21-26 %), men det er samtidig vanskelig å isolere effekten av ulike vannslipp i isluke med bl.a. varierende vannførings- og temperaturforhold. Det er allikevel grunn til å anta at hvis man hadde sluppet 20 m³/s f.o.m. den 6. mai hadde langt flere støinger valgt isluka som nedvandringsvei. Det anbefales derfor at det slippes minst 20 m³/s over isluka når det er ønskelig å gi nedvandringsvei for vinterstøing.

Samlet sett viser disse resultatene at vannføringer over isluka i størrelsesorden 5 – 20 m³/s drenerer om lag halvparten av nedvandrende vinterstøing under begge nedvandringsperiodene (høst og vår). Likevel er det slik at en betydelig andel av vinterstøingen passerer gjennom turbinene både om høsten og våren. Det konkluderes med at disse resultatene vurderes som representative for den reelle situasjonen for nedvandrende vinterstøing forbi Hunderfossen kraftverk, og at andelen turbinpassasjer som ble funnet under de rådende forholdene tilsier at det bør gjennomføres effektive tiltak for å hindre turbinpassasje hos vinterstøing både om høsten og om våren.

5.2 Smolt

Resultatene fra smoltundersøkelsene viste at turbinpassasje sannsynligvis er mest vanlig nedvandringsvei for smolt, og at forsøk med vannslipp over isluka i størrelsesorden 5-20 m³/s ikke har noen effekt. Behovet for videre utredninger av avbøtende tiltak er derfor stort. Det ble ikke registrert noen tilfeller av smoltpassasje over isluka og på den regulerte elvestrekningen, og det er derfor grunn til å anta at all settefisksmolt vil passere gjennom turbinene dersom de settes ut ovenfor Hunderfossen dam. Hvorvidt disse resultatene er overførbare til villsmolt er usikkert ettersom viltlevende smolt i gjennomsnitt er dobbelt så gamle som settefisksmolten (4 år vs 2 år) og har levd i et miljø som avviker betydelig fra et settefiskanlegg. I tillegg er utvandringsperioden for villsmolt ikke kartlagt i Lågen, og det er derfor mulig at de ankommer Hunderfossen kraftverk i en tid hvor miljøforholdene er annerledes. Selv om det er grunn til å anta forskjeller i atferd mellom vill- og settefisksmolt, så er det vanskelig å anslå hvorvidt dette betyr at de oppfører seg ulikt ved passasje av kraftverket og dammen. Det konkluderes derfor inntil videre med at det bør antas at villsmolt i like stor grad passerer gjennom turbinene, og at settefisksmolt heretter bør settes ut i elva nedstrøms Hunderfossen dam og kraftverk.

5.3 Behov for tiltak

Resultatene gir et godt grunnlag til å vurdere behovet for tiltak både på nedvandrende vinterstøing og smolt. Vannslipp på minst 20 m³/s i nedvandringsperiodene om høsten og våren er et nødvendig tiltak som medfører at mer enn halvparten av vinterstøingene oppfatter dette som en nedvandringsvei. Imidlertid foreligger det indikasjoner på at vannslipp over isluka har størst effekt på vinterstøinger som oppholder seg foran inntaket til turbin 1 (nærmest isluka). De visuelle tellingene av vinterstøinger foran varegrinda i løpet av våren 2015 viste et klart mønster ved at de aller fleste individene ble observert foran turbin to (se tabell 4.3). Det ble gjennomført en visuell observasjon av vannstrømmens retning foran begge turbininntakene den 25. mai 2015. På dette tidspunktet var turbinlasten tilnærmet full for begge aggregatene, og det ble sluppet 10 m³/s over isluka. Strømretningen for overflatevann og i de øvre vannlag foran de to turbinene var noe ulikt. I forkant av turbin to stod vannstrømmen vinkelrett (perpendikulært) på varegrinda, mens vannstrømmen inn mot turbin en var tydelig preget av at isluka trakk ut vann direkte fra denne strømmen. Det anslås at strømretningen hadde et avvik på om lag 30-40 grader fra normalretningen, og at dette hovedsakelig ble forårsaket av islukas åpning. Ettersom vinterstøing ofte observeres i de øvre vannlag antas det at vinklingen av denne strømmen, i kombinasjon med fysisk nærhet til isluka, gjør at vannslipp over isluka i første rekke drenerer vinterstøing som ankommer og oppholder seg i vannstrømmen foran turbin 1.

Det finnes flere aktuelle tiltak for å sikre at vinterstøing i liten grad går inn gjennom varegrinda og videre ned gjennom kraftverket. En felles utfordring ved alle kjente tiltak er at de har til dels uforutsigbar og variabel effekt og bør derfor utprøves med et egnet forsøksdesign med oppfølgende telemetristudier.

5.3.1 Finmasket varegrind

Det mest åpenbare tiltaket vil være å skifte ut varegrinda og erstatte den med ei mer finmasket varegrind. Ideelt sett burde lysåpningene tilsvare 7-10 prosent av kroppslengden på de minste ørretene som er på nedvandring i Lågen (tilsvarende 1,5 – 2 cm). Den største utfordringen med dette tiltaket er at vannhastigheten gjennom varegrinda vil øke betydelig som følge av at tverrsnittsarealet av inntaket blir redusert. Antall stålvaner i grinda vil da øke og legge beslag på en større andel av det totale arealet. Hvorvidt vannhastigheten vil bli såpass stor at den overskrider smoltens svømmekapasitet bør derfor utredes dersom dette tiltaket velges.

Et tilhørende tiltak vil i så fall være å redusere driftsvannføringen i periodene hvor utvandringen av villsmolt foregår. Imidlertid er utvandringsperioden for villsmolt i Lågen ikke kartlagt, og det vil

være nødvendig å kartlegge denne såpass grundig at den kan predikeres for hvert år på grunnlag av miljøvariable som for eksempel vannføring og –temperatur. Smolt av settefisk kan settes ut i Lågen nedstrøms kraftverket for å unngå problematikken knyttet til turbinpassasje. Falltap i kraftverket vil også kunne bli en konsekvens av ei finmasket varegrind.

Tidligere studier på 1990-tallet av nedvandring av settefisksmolt og vinterstøing forbi Hunderfossen kraftverk viste at både smolt og vinterstøing enten overvintret i bassenget eller passerte gjennom isluka og andre flomluker ved stor lukeåpning (Arnekleiv et al. 2007; Kraabøl et al. 2008). Lysåpningen i varegrinda var på denne tiden 60 mm. Hvorvidt det vil være tilstrekkelig å gjeninnsette ei varegrind med denne lysåpningen for å hindre turbinpassasje hos smolt (og til dels vinterstøing) bør likevel utredes nærmere. Det er flere forhold enn selve varegrindas lysåpning som kan ha innvirkning på ørretens valg av nedvandningsvei. For det første er begge turbinene utskiftet siden 1990-tallet og dette kan ha medført en endring i støynivået i vannet foran turbininntaket. Dersom de gamle turbinene avga mer/annerledes støy, vil dette kunne hatt innvirkning på ørretens atferd. For det andre var det kjent at den gamle varegrinda hadde vibrasjoner som følge av slitasje og dette var noe av årsaken til at den ble skiftet ut. For det tredje har de nye turbinene sju skovler (de gamle hadde fem). Dette har medført at turbinene representerer en større dødelighetsrisiko enn de gamle turbinene, og det bør derfor legges inn sikkerhetsmarginer for å unngå turbinpassasje hos ørret. Et fjerde moment i denne vurderingen er at de tidligere undersøkelsene av nedvandring hos smolt og vinterstøing, ikke gir tilstrekkelig kunnskap om betydningen av variasjon i miljøforholdene mellom år. Det nevnes spesielt at vannføringsforholdene om våren ved Hunderfossen dam og kraftverk vanligvis karakteriseres av vannslipp gjennom en eller flere av flomlukene langs dammen. Dette gir en betydelig variasjon i strømningsmønster i magasinet, og det er grunn til å tro at atferden hos nedvandrende smolt og vinterstøing påvirkes av dette.

5.3.2 Fiskeavleder

Den flytende braskeavlederen som årlig legges ut på skrå foran turbininntakene kan tenkes å gi en viss styrende effekt hos nedvandrende smolt og vinterstøing. Plasseringen av avlederen vurderes som ideell for å avlede individer ned mot isluka. Det er imidlertid klart at den nåværende konstruksjonen ikke har tilstrekkelig effekt, noe som antas å skyldes at den ikke stikker mer enn et par desimeter ned i vannet. En skråstilt fiskeavleder vil kunne gi en god effekt dersom den har en fysisk innretning som medfører at ørret verken passerer gjennom eller under konstruksjonen. Det foreligger ingen kunnskap om hvilket dyp som smolt og vinterstøing befinner seg på når de passerer under braskeavlederen. Det bemerkes i denne sammenheng at det aldri er observert smolt ved turbininntaket, mens det er helt vanlig å kunne se flere vinterstøinger i de øvre vannlag foran turbininntaket. Dette kan indikere at smolten kommer dypt i vannmassene inn mot turbininntaket (f.eks. for å unngå predasjon), og i så fall må en fiskeavleder rekke helt ned mot bunnen (anslagsvis 10-12 meters dyp) for å gi effekt. Kombinasjonen av et stort antall vinterstøinger foran turbininntaket under smoltens nedvandningsperiode og sammenfallende nedvandningsperiode for støing og smolt kan være en av forklaringene på at smolten kan ankomme på relativt stort dyp. Videre studier som omfatter dybdeangivelser på ørret som ankommer turbininntaket vil gi viktige innspill til dimensjoneringen av en fiskeavleder. Det bemerkes også at lysåpningene i en slik dyptstikkende fiskeavleder kan være relativt finmasket, som følge av at skråstillingen vil gi tilstrekkelig tverrsnittsareal til å unngå kritiske vannhastigheter og falltap. Det vil imidlertid være nødvendig å redusere tilfanget av flytende brask mot fiskeavlederen. Dette kan gjøres ved å installere to flyteavledere fra dammens midtre del (for eksempel ved tømmerluka) og over mot vestre og østre elvebredd. Tilsvarende anordninger ble tidligere benyttet for å lede tømmer mot tømmerluka.

5.4 Overvåking

Behovet for tiltak for å redusere turbinpassasje til et minimum er stort, og dette må løses som et eget FoU-prosjekt før man eventuelt designer et opplegg for å overvåke nedvandring av smolt

og støing forbi Hunderfossen kraftverk. Pilotprosjektet med PIT viste at dette kan være en egnet metode for overvåking, som eventuelt også kan erstatte dagens Carlin-merkinger, men dette vil kreve ombygging av isluka for å redusere vannhastigheten i området der fisken passerer PIT-antenna. Den viktigste overvåkingsparameteren i framtida vil fortsatt være oppgangen av gytefisk forbi kraftverksdammen, og man bør vurdere å installere automatisk fisketeller med video som helt eller delvis kan erstatte dagens praksis som innebærer håndtering, merking og stress av gytefisken. Hvis man skal fortsette med individuelle merkinger av gytevandrerer bør det stilles som et minimumskrav at merkelister med individdata stilles til disposisjon til alle fagmiljøer som ønsker å bruke disse dataene for å besvare forskningsspørsmål. Vi forutsetter at utfordringene knyttet til turbinpassasjer og forsinket nedvandring løses gjennom egne prosjekter. Et langvarig overvåkingsprosjekt for å avdekke nedvandningsvei forbi Hunderfossen kraftverk synes derfor å være nødvendig. Hvis kraftverkseier og forvaltningen ønsker å utvide dagens overvåking som registrerer oppgangen av gytefisk bør det prioriteres å overvåke smoltproduksjonen både opp- og nedstrøms Hunderfossen kraftverk.

6 Konklusjoner

- Telemetristudiene av nedvandrende vinterstøing og smolt i 2014 og 2015 viste omfattende grad av turbinpassasje både om høsten og om våren. Omfanget av turbinpassasjene og den påfølgende antatte dødeligheten vurderes å representere en betydelig begrensende faktor for bestanden.
- Vannslipp i størrelsesorden 5 – 20 m³/s over isluka gir nedvandringmuligheter for vinterstøinger både om høsten og om våren, men effekten vurderes å være begrenset til den nærmest beliggende turbin 1. Det anbefales et minste vannslipp på 20 m³/s over isluka når hensikten er å gi nedvandringmuligheter for vinterstøing.
- Behovet for ytterligere tiltak for å redusere turbinpassasje er stort, og det kreves flere fiskefaglige og tekniske utredninger og eksperimentelle forsøk for å finne fram til gode løsninger.
- Det eksisterende kunnskapsgrunnlaget vedrørende nedvandring av ørret forbi Hunderfossen kraftverk er ikke tilstrekkelig til å foreslå tilfredsstillende overvåkningsmetoder.

7 Vedlegg

Vedlegg 1. Oversikt over individdata til 79 radio-, PIT- og Carlinmerkede Hunderørreter som inngår i studien PIT-nr er de tre siste siffer i nr.serien 230000010xxx).

Fisk Nr.	Dato Mrk	Radiofrekvens	Kjønn	Lengde	Vekt	Oppr.	Tidligere Carlinmrk	Nytt Carlinmrk	PIT nr
1	8/9	072 liten	Hunn	80	6,2	Settefisk	NL 087865		213
2	8/9	092 liten	Hann	61	2,3	Vill	NL 087799		283
3	8/9	102 liten	Hunn	67	3,4	Vill		NL 096003	280
4	8/9	362 liten	Hunn	55	2,1	Settefisk	NL 087100		289
5	8/9	124 stor	Hann	84	6,6	Settefisk	NL 099986		255
6	8/9	403 stor	Hunn	72	4,1	Vill	NL 099916		285
7	8/9	231 stor	Hunn	72	4,5	Settefisk		NL 096004	281
8	8/9	023 stor	Hunn	82	5,2	Settefisk		NL 096005	299
9	8/9	352 stor	Hunn	74	5,0	Vill		NL 096006	254
10	8/9	291 stor	Hunn	77	4,8	Vill		NL 096007	290
11	8/9	052 stor	Hunn	79	6,1	Vill		NL 096008	296
12	8/9	083 stor	Hann	72	3,7	Vill		NL 096009	279
13	8/9	012 liten	Hann	59	2,2	Vill		NL 096010	282
14	8/9	203 stor	Hunn	72	4,3	Settefisk		NL 096011	278
15	8/9	114 liten	Hann	57	2,0	Vill		NL 096012	295
16	8/9	272 liten	Hann	52	1,3	Vill		NL 096013	292
17	8/9	412 liten	Hunn	60	2,5	Vill		NL 096014	293
18	8/9	352 liten	Hunn	51	1,6	Vill		NL 096015	284
19	8/9	052 liten	Hunn	56	2,2	Vill		NL 096016	265
20	8/9	422 liten	Hann	52	1,4	Vill		NL 096017	287
21	12/9	362 stor	Hann	90	7,8	Settefisk		NL 096031	298
22	12/9	312 stor	Hunn	79	6,3	Settefisk		NL 096032	291
23	12/9	213 stor	Hann	91	7,8	Vill		NL 096033	253
24	12/9	223 liten	Hann	56	2,0	Vill		NL 096034	257
25	12/9	012 stor	Hann	81	5,6	Vill		NL 096035	276
26	12/9	033 stor	Hann	85	7,3	Settefisk		NL 096036	262
27	12/9	114 stor	Hann	85	7,9	Settefisk		NL 096037	277
28	12/9	442 stor	Hann	88	7,5	Settefisk		NL 096038	260
29	12/9	302 liten	Hunn	66	3,3	Settefisk		NL 096039	258
30	12/9	133 stor	Hunn	73	4,8	Settefisk		NL 096040	256
31	12/9	223 stor	Hann	84	5,9	Vill	NL 099945		251
32	12/9	282 stor	Hunn	66	3,6	Vill	NL 099970		266
33	12/9	152 stor	Hunn	82	5,7	Vill		NL 096041	215
34	12/9	142 liten	Hann	68	3,4	Vill	NL 099898		240
35	12/9	043 stor	Hunn	69	4,0	Vill		NL 096042	242
36	12/9	124 liten	Hunn	68	4,1	Vill		NL 096043	245
37	12/9	262 stor	Hunn	76	6,0	Vill		NL 096044	214
38	12/9	282 liten	Hunn	64	3,2	Vill		NL 096045	246

39	12/9	322 stor	Hunn	70	3,7	Settefisk	NL 099959	239
40	12/9	291 liten	Hann	56	1,9	Vill	NL 087756	247
41	12/9	083 liten	Hann	58	2,3	Vill	NL 096046	249
42	12/9	142 stor	Hunn	71	4,2	Vill	NL 096047	244
43	12/9	322 liten	Hann	56	1,8	Vill	NL 087640	200
44	12/9	133 liten	Hann	68	3,1	Vill	NL 099994	205
45	12/9	092 stor	Hann	82	5,7	Vill	NL 099875	234
46	12/9	332 liten	Hann	59	2,9	Vill	NL 087739	227
48	12/9	252 liten	Hunn	59	3,1	Vill	NL 096048	241
48	12/9	023 liten	Hunn	49	1,2	Vill	NL 096049	243
49	19/9	252 stor	Hann	85	6,9	Settefisk	NL 096087	235
50	19/9	152 liten	Hunn	59	2,0	Vill	NL 096088	274
51	19/9	231 liten	Hann	66	3,1	Vill	NL 096089	237
52	19/9	343 liten	Hunn	55	1,4	Vill	NL 096090	270
53	19/9	262 liten	Hann	62	2,1	Vill	NL 099817	259
54	19/9	182 liten	Hann	61	2,6	Settefisk	NL 096091	264
55	19/9	003 liten	Hann	61	1,6	Settefisk	NL 096092	217
56	19/9	072 stor	Hunn	70	3,0	Vill	NL 096093	268
57	19/9	003 stor	Hann	72	4,1	Vill	NL 096094	263
58	19/9	242 stor	Hann	71	3,8	Vill	NL 096095	273
59	19/9	272 stor	Hann	76	4,5	Vill	NL 096096	218
60	19/9	182 stor	Hunn	73	3,8	Vill	NL 096097	233
61	19/9	302 stor	Hunn	76	4,3	Settefisk (mistet mrk)	NL 096098	286
62	19/9	412 stor	Hunn	66	2,9	Vill	NL 096099	267
63	19/9	193 liten	Hann	63	2,7	Settefisk	NL 096100	225
64	19/9	203 liten	Hann	62	2,6	Settefisk	NL 096101	288
65	19/9	432 liten	Hunn	61	2,3	Settefisk	NL 096102	229
66	19/9	332 stor	Hann	65	2,9	Vill	NL 096103	204
67	19/9	492 stor	Hann	64	2,5	Vill	NL 096104	271
68	19/9	442 liten	Hann	57	1,7	Vill	NL 096105	202
69	19/9	312 liten	Hunn	59	1,8	Vill	NL 096106	206
70	19/9	033 liten	Hann	57	1,9	Vill	NL 096107	269
71	19/9	403 liten	Hunn	58	1,8	Vill	NL 096108	294
72	19/9	242 liten	Hunn	49	1,3	Vill	NL 096109	236
73	19/9	172 liten	Hunn	52	1,1	Settefisk	NL 096110	201
74	19/9	213 liten	Hunn	60	2,2	Vill	NL 096111	272
75	22/9	043 liten	Hunn	58	1,9	Settefisk	NL 096112	261
76	22/9	422 stor	Hann	85	6,6	Settefisk	NL 096113	250
77	22/9	193 stor	Hunn	71	4,4	Vill	NL 096082	231
78	22/9	172 stor	Hunn	65	3,3		NL 096114	230
79	22/9	343 stor	Hunn	71	4,2		NL 096023	209

Vedlegg 2. Registrerte gjenfangster av merket ørret fra sportsfiskere i 2015

Dato	Fangststed	Livsstadium	Merkenr/ Frekvens	Diverse opplysninger
6.juli	Mjøsa ved Gjøvik	Voksen	Radio 142,114	Tatt under dorging; 85cm/6,2kg
9.juli	Lågen ved Hølsauget	Smolt	Radio 142,421	Tatt under markefiske; 25cm

8 Referanser

- Arnekleiv, J.V., Kraabøl, M. & Museth, J. 2007. Efforts to aid downstream migrating brown trout (*Salmo trutta* L.) kelts and smolts passing a hydroelectric dam and a spillway. *Hydrobiologia* 582; 5-15.
- Kraabøl, M., Arnekleiv, J.V. & Museth, J. 2008. Emigration patterns among trout, *Salmo trutta* (L.) kelts and smolts through spillways in a hydroelectric dam. *Fisheries Management and Ecology* 15; 417-423.
- Kraabøl, M., Museth, J., Johnsen, S.I., Skurdal, J. & Dokk, J.G. 2013. Telemetristudier av nedvandrende smolt og vinterstøing av hunderørret forbi Hunderfossen kraftverk i Gudbrandsdalslågen i 2011 og 2012 - NINA Rapport 940. 41 s + vedlegg.



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2815-2

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger