

Evaluering av metoder for estimat av smoltproduksjon i laks og sjøaurebestander

Torbjørn Forseth
Gunnbjørn Bremset
Anders Lamberg
Peder Fiske
Håvard Wibe
Sverre Øksenberg



LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET



KVALITET

NINAs publikasjoner

NINA Rapport

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

NINA Temahefte

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

NINA Fakta

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

Annen publisering

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

Norsk institutt for naturforskning

Evaluering av metoder for estimat av smoltproduksjon i laks og sjøaurebestander

Torbjørn Forseth
Gunnbjørn Bremset
Anders Lamberg
Peder Fiske
Håvard Wibe
Sverre Øksenberg

Forseth, T., Bremset, G., Lamberg, A., Fiske, P., Wibe, H. & Øksenberg, S. 2009. Evaluering av metoder for estimat av smoltproduksjon i laks og sjøaurebestander - NINA Rapport 489. 23 s.

Trondheim, juni 2009

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2061-3

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Torbjørn Forseth

KVALITETSSIKRET AV

Arne J. Jensen

ANSVARLIG SIGNATUR

Odd Terje Sandlund (sign.)

BIDRAGSYTERE

E-CO Vannkraft AS, Statkraft Energi AS & Direktoratet for naturforvaltning

KONTAKTPERSONER HOS BIDRAGSYTERE

hhv. Magnar Dalen, Sjur Gammelsrud & Roy Langåker

FORSIDEBILDE

Smoltfella i Daleelva 2. mai 2007. Foto: Bjørn Barlaup

NØKKEWORD

- Daleelva, Vaksdal, Hordaland
- Imsa, Sandnes, Rogaland
- Laks (*Salmo salar*), aure (*Salmo trutta*)
- Metodeevaluering, merking-gjenfangst, video, felle

KEY WORDS

Method validation, smolt migration, mark-recapture, video surveillance, Wolf trap, Atlantic salmon, brown trout.

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21

0349 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Polarmiljøsenteret

9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkeltgården

2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Forseth, T., Bremset, G., Lamberg, A., Fiske, P., Wibe, H. & Øksenberg, S. 2009. Evaluering av metoder for estimat av smoltproduksjon i laks og sjøaurebestander - NINA Rapport 489. 23 S.

Verken merking-gjenfangstmetoden eller tellinger med video er tidligere validert som metoder for å estimere mengden smolt av laks og aure som vandrer ut fra elver. Parallelle forsøk i Aurlandselva har gitt svært forskjellige resultater og det er behov for å evaluere metodene. I denne rapporten presenterer vi en første validering av merking og gjenfangstmetoden ved å sammenligne estimer med fangster i feller i Imsa i Rogaland og Daleelva i Hordaland. Videre sammenligner vi videotellinger rett oppstrøms fella i Daleelva med fangstene.

I Imsa ble 18 av 22 merkede laksesmolt gjenfanget i fella. Estimater basert på merking-gjenfangst var således 20 % høyere enn det antallet smolt som faktisk vandret ut. Også i Daleelva overestimerte merking-gjenfangstmetoden smoltutvandringen. For laksesmolt ble overestimatet mellom 27 og 89 % avhengig av hvor mange smolt som vi antar ikke ble fanget i to perioder når fella hadde redusert fangsteffektivitet. For auresmolt var estimatet mellom 102 og 179 % for høyt, og metoden er som forventet (pga. variabel livshistorie og vandringsmønster hos aure) ikke egnet til å estimere utvandringen av auresmolt.

Formelt gir merking-gjenfangstmetoden et estimat for mengden fisk på merketidspunktet og metodens største utfordring slik den har vært brukt i Norge ser ut til å være knyttet til at all merket fisk ikke vandrer. Evalueringen av metoden fortsetter derfor.

Videotellingene i Daleelva ga på grunn av det uryddige vandringsmønstret ved kameraene ikke grunnlag for evaluering av metodikken. De ulike estimatene for totalutvandring antyder imidlertid at kameraene og tolkingen av videobildene har registrert en høy andel av fisken som vandret ut av Daleelva (20 000 fiskeobservasjoner). Nye forsøk på evaluering er gjennomført.

Torbjørn Forseth, Gunnbjørn Bremset & Peder Fiske, Norsk institutt for naturforskning, 7485 Trondheim. torbjorn.forseth@nina.no

Anders Lamberg, Håvard Wibe & Sverre Øksenberg, Norsk naturovervåking AS, Selsbakkveien 36, 7027 Trondheim. alamberg@broadpark.no

Abstract

Forseth, T., Bremset, G., Lamberg, A., Fiske, P., Wibe, H. & Øksenberg, S. 2009. Evaluation of methods for estimates of smolt production in Atlantic salmon and sea migrating brown trout populations - NINA Rapport 489. 23 pp.

The two major methods for estimating smolt production in Atlantic salmon and sea migrating brown trout in Norwegian rivers, mark-recapture and video surveillance, have not been validated. Fuelled by recently reported major differences in estimates using the two methods in the River Aurland, we here present a first attempt to validate the mark-recapture method (marking by electro fishing and recapture in smolt traps during smolt migration 1-2 months later) by comparisons of its estimates with Wolf-trap counts in the rivers Imsa and Daleelva. Furthermore, we compare video-counts with trap-counts in the River Daleelva.

Eighteen of 22 marked Atlantic salmon smolts were recaptures in the trap in the River Imsa, and consequently the mark-recapture method overestimated the smolt run by 20 %. The smolt run was also overestimated in the River Daleelva. Depending on the loss of fish during two episodes of flooding of the trap, the mark-recapture method overestimated the salmon smolt run by between 27 % (modeled migration) and 89 % (observed migration). The smolt run of brown trout was strongly overestimated (between 102 and 179 %), likely due to the large variation in life history strategies and migration patterns of brown trout. The mark-recapture method is thus not valid for estimating brown trout smolt production.

Formally, the mark-recapture method estimates for the number of fish at the time of marking, and cannot without assumptions be equaled to the smolt run. The major challenge with the method appears to be that all marked fish does not migrate. The method evaluation continues with new experiments in the River Imsa and the River Hals in northern Norway.

Due to erratic fish movements within the camera ranges close to the trap area, the method could not be properly evaluated by comparison with the trap counts. The high number of fish observations (20 000), however, does indicate that a high proportion of the migrating smolts were observed and identified on tape.

Torbjørn Forseth, Gunnbjørn Bremset & Peder Fiske, Norwegian Institute for Nature Research, NO-7485 Trondheim, Norway. torbjorn.forseth@nina.no
Anders Lamberg, Håvard Wibe & Sverre Øksenberg, Norsk naturovervåkning AS, Selsbakkveien 36, NO-7027 Trondheim, Norway. alamberg@broadpark.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold.....	5
Forord	6
1 Bakgrunn	7
2 Overordnet metodedesign	9
3 Merking, gjenfangst og fellefangst i Daleelva og Imsa.....	10
3.1 Daleelva	10
3.2 Imsa	12
3.3 Bestandsestimat for smolt i Daleelva og Imsa basert på merking og gjenfangst	12
3.4 Sammenligning mellom Petersens estimat og fellefangst i Daleelva	13
3.5 Samlet vurdering av merking og gjenfangstmetodikk i Imsa og Daleelva	14
3.6 Effekter av fangstinnssats på presisjonen av smoltestimat.....	15
3.7 Simuleringer av hvordan estimatene ville blitt ved fangst i smoltfelle.....	16
4 Videotellinger i Daleelva.....	18
5 Hovedkonklusjoner	21
6 Referanser.....	22

Forord

I Aurlandselva ble det i årene 2005 og 2006 gjennomført merking-gjenfangst registreringer av laks- og sjøauresmolt ved bruk av smoltfelle samtidig som tverrsnittet av elva like nedenfor ble overvåket av undervannsvideokamera. Målet var å beregne total utvandring av smolt i elva. De to metodene ga begge år svært ulike resultater, og både oppdragsgiver for undersøkelsene i Aurlandselva, ECO Vannkraft AS og Direktoratet for naturforvaltning (DN), ønsket undersøkelser som kunne bidra til å forklare forskjellen i resultat mellom de to metodene.

Norsk institutt for naturforskning (NINA) drev parallelt et metodeevalueringsprosjekt innenfor det strategiske instituttprogrammet REMA 2010. DN og Statkraft Energi AS bidro med tilskudd til dette prosjektet slik at det kunne gjennomføres en første test av metoder for estimat av smoltutvandring i to vassdrag hvor det også finnes smoltfeller (Imsa og Daleelva). Norsk natur- overvåking AS (NNO AS) gjennomførte på oppdrag for E-CO Vannkraft AS videotellingene i Daleelva, mens den praktiske gjennomføringen av merking-gjenfangst metoden ble utført av LFI Bergen UNIFOB med støtte av Daleelva Grunneierlag. Vi takker for alle økonomiske bidrag til prosjektet og for godt samarbeid med LFI-Bergen UNIFOB og Daleelva Grunneierlag.

Juni 2009

Torbjørn Forseth (NINA) & Anders Lamberg (NNO AS)

1 Bakgrunn

I moderne fiskeforvaltning er det et økende behov for å overvåke bestandsstatus hos laks og sjøaure i ferskvannsfasen. Kunnskap om bestandsstatus er viktig for å kunne fange opp eventuelle negative bestandstrender på et tidlig tidspunkt, for å vurdere effekter av ulike tiltak eller inngrep i vassdraget og for å kunne forvalte bestandene på en best mulig måte. Tetthet av ungfisk er den vanligste overvåkingsparameteren, men presise estimater av smoltutvandringens størrelse er i mange sammenhenger bedre fordi det kan sees som en fasit for hvordan livsgrunnlaget er for laks og sjøaure i vassdraget. Tradisjonelt har slike estimater vært basert på merking- og gjenfangsmetodikk, men i de senere år er det utviklet metodikk for direkte telling av utvandrende smolt ved hjelp av videokamera. Ingen av metodene er så langt evaluert, og det ble i Aurlandselva i 2005 og 2006 funnet betydelige avvik mellom tellinger av utvandrende smolt ved hjelp av video og estimater basert på merking og gjenfangst. Dette gjør det nødvendig både å sammenligne de to metodene i vassdrag hvor utvandringen er kjent (fra feller som fanger all fisk) og å evaluere metodenes egenskaper og forutsetninger. I dette prosjektet har vi startet en slik evalueringsprosess ved at merking- og gjenfangstmetodikk testes mot utvandringsdata fra Imsa og Daleelva, hvor det er henholdsvis en permanent Wolf-felle som fanger all nedvandrende smolt og en enklere Wolf-felle hvor funksjonaliteten reduseres på de aller største vannføringene. Vi vurderer også, ved hjelp av simuleringer, hvordan ulike utvalg (gjenfangster i deler av sesonger) og utvalgsstørrelser (antall fisk gjenfanget) påvirket bestandsestimatene. I tillegg sammenlignes tellinger av utvandrende smolt i videokamera med tellingene i Wolf-fella i Daleelva.

Det finnes flere metoder for bestandsestimering ved hjelp av merking og gjenfangst. Den mest kjente og benyttede er Petersens metode (Ricker 1975). Metoden går ut på fangst og merking av en del av en dyrestand på et tidspunkt (periode), slippe ut de merkete individene og gjennomføre en ny fangst på et senere tidspunkt (periode). Ut fra andelen merkete individer i gjenfangstene, og det totale antall individer som henholdsvis merkes og blir fanget under gjenfangstperioden, kan man estimere hvor stor totalbestanden er.

Det er en rekke forutsetninger som må være oppfylt for at Petersens estimat skal gi et presist overslag over faktisk bestandsstørrelse (Gatz & Loar 1988):

1. Den undersøkte bestanden må være geografisk lukket, i den forstand at det verken kan skje immigrasjon til eller emigrasjon fra bestandsområdet.
2. Den undersøkte bestanden må også være demografisk lukket, i den forstand at det verken kan være rekruttering til (fødsler) eller frafall (dødsfall) fra bestanden.
3. Merkete og umerkete individer må oppføre seg likt og være likt fordelt i totalbestanden.
4. Det må være lik fangbarhet på merkete og umerkete fisker.
5. Ingen merker må gå tapt eller bli oversett.

Dersom alle disse forutsetningene for bruk av Petersens estimat er oppfylt, skal den estimerte bestandsstørrelsen teoretisk sett være noe mindre enn den faktiske bestandsstørrelsen (dvs en innebygd underestimering). Det finnes flere studier hvor Petersens metode benyttet på laksefisk er sammenlignet med andre metoder (for eksempel: Heggberget & Hesthagen 1979, Peterson & Cederholm 1984, Rosenberger & Dunham 2005). Det finnes imidlertid ingen test av i hvilken grad Petersens estimat for smolttetthet kan brukes til å estimere smoltutvandringen.

Estimat av smoltproduksjon ved merking gjenfangst er i Norge gjennomført ved å merke smolt fanget ved elfiske tidlig på våren og gjenfange smolt i smoltfeller i forbindelse med smoltutvandringen (vanligvis 1-2 måneder senere). Metoden er fram til i dag ikke validert, ut over at de estimerte smolttetthetene (smoltmengde pr m^2 elvebunn) er sammenlignet med estimerte tett-

heter ved elfiske (Ugedal mfl. 2007) og med estimater basert på repeterte smoltmerkinger (Hellen mfl. 2006, 2007).

Det meste av metodikken ble utarbeidet i forbindelse med studiene i Orkla på starten av 80-tallet (oppsummert i Hvidsten mfl. 2004). Fra starten ble det vurdert om man kunne benytte smoltkarakterer (farge på kropp og finner) som tilleggskriterium for å sikre at man bare merket fisk som man var sikre på at skulle vandre samme vår (pers. med. N.A. Hvidsten), men dette ble raskt forkastet (primært pga asynkronitet og rask utvikling av karakterene) og man har siden utelukkende benyttet et størrelseskriterium. I de første årene av Orkla-undersøkelsene ble ulike størrelseskriterier vurdert ved å merke fisk mellom 10 og 11 cm forskjellig fra fisk større enn 11 cm (Garnås & Hvidsten 1985), og det ble konkludert at fisk større eller lik 11 cm var det mest egnede kriteriet i forhold til størrelsesfordelingen blant den utvandrende smolten. Dette størrelseskriteriet ble benyttet i de videre studiene i Orkla (Hvidsten mfl. 2004), og i de senere undersøkelsene i Stjørdalseva (Arnekleiv mfl. 2007), Suldalslågen (Saltveit 2004) og Eira (Jensen mfl. 2009), og har vist seg i gjennomsnitt å ligge nær 10 % persentilen for størrelsesfordelingen i smoltutvandringen. I undersøkelser i Altaelva (Ugedal mfl. 2007) er grensen satt til 12 cm, men smolten der er større enn i elvene lengre sør, og også dette størrelseskriteriet er nær 10 % persentilen. I Aurlandselva er størrelseskriteriet satt til 11,5 cm (Hellen mfl. 2006).

Valg av størrelseskriterium under merkingen er viktig fordi Petersens estimat for bestandsstørrelse gjelder for merketidspunktet, og ikke gjengefangsttidspunktet (smoltutvandringen). For at et Petersens estimat for smoltmengde skal være et estimat for smoltutvandrings størrelse, må derfor all fisk over størrelseskriteriet vandre ut. Dette er sjelden realistisk, og det er sannsynlig at de fleste estimatene for smoltutvandring er overestimerer. Noe av den merkede fisken kan være parr som ikke er klar til å smoltifisere, noe kan være fisk som blir gyteparr kommende høst, og fisk kan dø mellom merking og gjengefangst. Det finnes ingen systematiske undersøkelser av hvor stor denne andelen er. I Altaelva ble det av Ugedal mfl. (2007) *vurdert* at andelen av den merkede fisken som sto igjen neppe var større enn 10 % (basert primært på at andelen gyteparr er lav i Altaelva (ca 2 %, Heggberget 1989)). Høyere andel gyteparr i andre elver kan gi høyere andel fisk som ikke går ut.

Alle de overfor nevnte studiene er gjort på laksesmolt. Det er gjennomført merking- og gjengefangstforsøk på aure i Eira (Jensen mfl. 2009) og Aurlandselva (Hellen mfl. 2006, 2007). Jensen mfl. (2009) benyttet et høyere størrelseskriterium for aure (14 cm) enn for laks (11 cm) og konkluderte at gjengefangstene av merket aure var for lave til å kunne estimere bestanden. Hellen mfl. (2006) benyttet samme størrelseskriterium for begge arter (11,5 cm) og gir bestandsestimater for aure. Dette er etter det vi kjenner til det eneste estimatet av auresmolt basert på merking og gjengefangstmetodikk i Norge. Det er flere grunner til at det kan være problematisk å bruke merking ved elfiske og gjengefangst i feller til å estimere bestanden av auresmolt. Disse vil bli gjennomgått senere.

Videoregistreringer av utvandrende laks- og auresmolt er gjennomført i flere vassdrag (Hustadvassdraget, Roksdalsvassdraget, Aurlandselva, Utsjokki). Metoden går ut på å sette ut videokamera i en rekke over et egnet tverrsnitt av elva og telle antall smolt på videobildene. For smolt anbefales det, basert på erfaringer, at kameraene har en innbyrdes avstand på mindre enn 2,5 m. Det finnes pr i dag ingen verifisering av at man faktisk ser all fisk, og metoden er derfor ikke validert.

2 Overordnet metodedesign

Begrenset av tilgjengelige ressurser og tidspunkt for klarsignal til å starte opp metodetesten ble følgende overordnede design valgt:

- 1) Merking og gjenfangstforsøk for laksesmolt i Imsa som sammenlignes med fangstene i Wolf-fella som fanger all utvandrende fisk (**bilde 1**). Fisken ble merket 1-2 måneder før smoltutgangen. Dette er likt det som er gjort i andre merking og gjenfangstforsøk i Norge.
- 2) Merking og gjenfangstforsøk for lakse- og auresmolt i Daleelva som sammenlignes med fangstene i Wolf-fella. Fella virker dårlig på de høyeste vannføringene og dette kan gi noe usikkerhet dersom vannføringene blir så høye. Fisken ble merket rett før smoltutvandringen, noe som avviker fra andre lignende studier i Norge. Dette ble gjort på grunn av sen avklaring av finansiering.
- 3) Telling av utvandrende smolt med video rett oppstrøms fella i Daleelva som sammenlignes med fangstene i Wolf-fella (på døgnbasis og for hele utvandringen).

Studiene 1 og 2 brukes til å evaluere merking-gjenfangstmetodikken og ble gjennomført av NINA og LFI UNIFOB Bergen, mens studie 3 brukes til å evaluere videometodikken og ble gjennomført av NNO. Fram til endelig resultat ble presentert fra videoregistreringene har det, for å sikre uavhengighet i estimatene, ikke vært kommunikasjon av resultater mellom NNO og NINA/LFI UNIFOB Bergen.



Bilde 1. Wolf-fella i Imsa som under de aller fleste vannføringsforhold fanger all utvandrende smolt.

3 Merking, gjenfangst og fellefangst i Daleelva og Imsa

Våren 2007 ble det gjennomført feltstudier av smolt i Daleelva i Hordaland (ved Dale) og Imsa i Rogaland. I begge vassdragene ble smolt fanget ved hjelp av elektrisk fiskeapparat, merket ved klipping av finner, og satt tilbake i elva etter merking. I Daleelva ble både laksesmolt og auresmolt fanget og merket, mens det i Imsa bare ble fanget og merket laksesmolt. I nedre deler av begge vassdragene er det installert Wolf-feller, som under normale forhold fanger all utvandrende smolt (levendefangst). All smolt som ble fanget i fellene ble artsbestemt og sjekket med hensyn til merker.

3.1 Daleelva

I perioden 27.04.07-30.04.07 ble 190 laksesmolt og 258 auresmolt fanget og merket (en flik av venstre eller høyre bukfinne). All fisk større enn 12 cm ble merket. På grunn av kommunikasjonsvikt, og fordi merkingen ble gjort så nær smoltutvandringen, ble også ytre smoltkarakterer vurdert. Dette innebar at noen få laks som var mindre enn 12 cm, men som hadde klare smoltkarakterer, ble merket, og at noen få aure som var større enn 12 cm, men med klar parldrakt ikke ble merket. 12 cm tilsvarer 10 % persentilen for fordelinger av smoltstørrelser hos utvandrende smolt i Daleelva (data fra 2005 og 2006).

Av laksesmoltene ble 152 individer fanget nedstrøms vandringshinderet ved Besshølen, og 38 ble fanget på elvestrekningen oppstrøms Besshølen. De sistnevnte er resultatet av rognplanting i øvre deler av Daleelva. I tillegg til de naturlig produserte laksesmoltene, ble det fanget 64 fettfinnemerke individer som tidligere var utsatt fra settefiskanlegget. De anleggsproduserte laksesmoltene inngår ikke i estimatet basert på merking-gjenfangst.

Det ble i perioden 01.04.07-04.07.07 gjort daglige tømminger og registreringer av fiskefangst i Wolf-fella i nedre deler av Daleelva. Fella ble tømt mellom kl 1500 og 1600 på hverdagens og på formiddagen på lørdag og søndag. Det ble fanget utvandrende laksesmolt gjennom mesteparten av perioden fra 10. april til 17. juni. Det var imidlertid først i slutten av april at det ble fanget mer enn enkeltfisker, og hovedtyngden av smoltfangstene ble gjort i løpet av de tre ukene mellom 6. mai og 28. mai (76 % av total fangst). Det aller meste av fisken ble således fanget etter at merkingene var fullført (30. april). I løpet av hele driftsperioden ble det fanget 1129 naturlig produserte laksesmolt og 1617 auresmolt. I tillegg ble det fanget 347 anleggsproduserte laksesmolt. Andelen merket villsmolt var 8,9 % hos laks og 5,7 % hos aure.

Som følge av flom var fellas funksjon redusert 7. mai og 20. mai. Det er ikke vannføringsdata tilgjengelig for denne aktuelle delen av Daleelva, men vannstanden registreres på en målestav i kulpen ovenfor fella. Wolf-feller fungerer ved at smolten filtreres fra vannet ved at vannet renner gjennom skråstilte rister. I henhold til loggen fra fella var det så høy vannstand den 7. mai (vannstand 7,4) at fella ikke kunne tømmes denne dagen. All fisken som ble fanget denne dagen ble derfor registret i fangstene den 8. mai, mens det er sannsynlig at en ukjent mengde smolt passerte fella uten å bli fanget. 20. mai var vannføringen enda høyere (vannstand 7,8) og fella var neddykket i noen timer slik at en del av vannmengdene ikke ble filtrert for smolt (**bilde 2**). Det ble av de som opererte fella vurdert som overveiende sannsynlig at et ukjent antall smolt passerte fella uten å bli fanget dette døgnet. Når fella er neddykket, slik den var noen timer den 20. mai, vil den imidlertid fremdeles kunne fange noe smolt.



Bilde 2. Fella i Daleelva 20. mai 2007. Rista som skal filtrere ut smolten er oversvømmet og nettet som skal hindre at smolten hopper over rista er presset ned av vannmassene. Det går også noe vann over steinrekka som danner demningen på sidene av selve fella (se forsidebilde). Foto: Anders Lamberg.

For å kunne evaluere Petersens metode i Daleelva opp mot fellefangst av utvandrende smolt, kan det være nyttig å prøve å anslå hvor mye smolt av laks og aure som vandret ut i de to periodene fella hadde nedsatt funksjon. En måte å anslå dette er å se på sammenhenger mellom smoltvandring og vannføring. En enkel regresjonsanalyse viser svært god sammenheng mellom vannføring (indirekte målt som vannstand på målestaven) og mengde utvandrende lakse-smolt ($r^2=0,70$, $p<0,001$) (i denne analysen er 7., 8., 20. og 21. mai utelatt fordi det er umulig å si hvilke datoer disse fiskene gikk i fella, og i hvor stor grad det gikk ut fisk som ikke ble fanget i fella). En slik regresjonsanalyse har imidlertid svakheter fordi sannsynligheten for smoltutvandring, uavhengig av vannstandsforholdene, ikke er like stor hver dag. Vi tilpasset derfor utvandringssdataene til en generalisert lineær modell (GLM) basert på poissonfordelinger. I denne modellen settes antall smolt tilgjengelig for vandring på en gitt dag lik totalantallet smolt som vandret minus antall smolt som allerede har vandret, delt på antall dagen igjen av fangstperioden. Modellparametrer var vannstand (ln transformert), endring i vannstand og dagnummer. Både vannstand og endring i vannstand bidro signifikant ($p<0,001$) til å forklare utvandringen hos både laks- og auresmolt, og utvandring økte ved høy og avtagende vannstand. I alle tidligere lignende smoltmodeller har også vanntemperatur inngått som parameter (Thorstad mfl. 2006). Vi har ikke data for vanntemperaturer fra vassdraget, men ut fra erfaringer fra de andre vassdragene vil neppe temperaturdata endre modellprediksjonene mye.

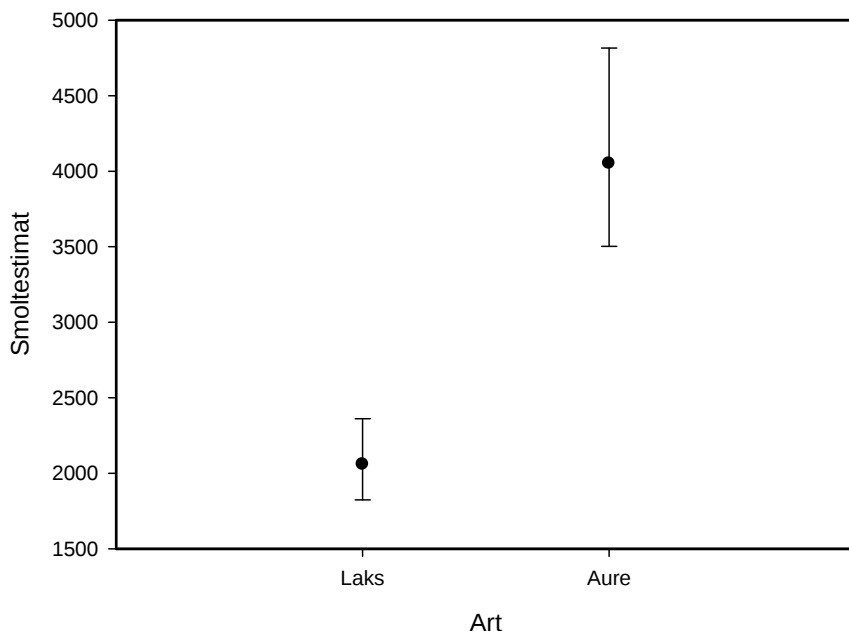
I de videre sammenligningene har vi derfor valgt å sammenligne merking-gjenfangstestimatet med både den faktiske utvandring som ble registrert som fangst i fella og estimatet basert på GLM-modellen for sammenhengen mellom vannføring (vannstand) og fellefangst.

3.2 Imsa

I Imsa ble det 28/3 2007 fanget og merket (fettfinnen ble klippet) 22 laksesmolt, i god tid før smoltutvandringen normalt starter (månedsskiftet april/mai). All laks større eller lik 13 cm ble merket, og det ble ikke tatt hensyn til ytre smolttrekk. All fisk hadde imidlertid klar smoltdrakt. Smolten i Imsa er relativt stor (gjennomsnitt ca 16 cm) og 13 cm tilsvarer omtrent 10 % persentilen av mange års data på fordeling av smoltstørrelser i vassdraget. Vannføringsforholdene var vanskelige, og dette gjorde at antall fisk merket ble lavt til tross for at innsatsen var stor (alle fiskbare deler av elva ble overfisket to ganger). Det lave antall merkede fisk gjør at det ikke er mulig å gjennomføre simuleringer av effekten av ulike utvalg el. I. Wolf-fella i Imsa er en del av NINA sin forskningsstasjon på Ims, og har vist seg å fange effektivt under alle vannføringsforhold. Det ble fanget til sammen 787 utvandrende laksesmolt, hvorav 18 individer var merket under det forutgående elektrofisket.

3.3 Bestandsestimat for smolt i Daleelva og Imsa basert på merking og gjenfangst

På bakgrunn av Petersens estimat, og med antagelsen om at all fisk større enn 12 cm var smolt som vandret, vandret det ut 2060 laksesmolt fra Daleelva i undersøkelsesperioden (**figur 1**). Dette estimatet har en viss statistisk usikkerhet, som kan uttrykkes ved 95 % konfidensintervall. Tallene fra 2007 tilsier at det er 95 % sannsynlig at den faktiske smoltutvandringen lå mellom 1825 og 2361 laksesmolt. Resultatene fra 2007 indikerer at bestanden av auresmolt var vesentlig større, med Petersens estimat på 4051 individer, og 95 % sannsynlighet for at den virkelige verdien lå mellom 3503 og 4816 (**figur 1**). Av 190 laksesmolt og 258 auresmolt som ble fanget og merket under elektrofiske, ble henholdsvis 100 laksesmolt (53 %) og 92 auresmolt (36 %) gjenfanget i fella.



Figur 1. Petersens estimat (med 95 % konfidensintervall) for smoltbestandene av laks og aure i Daleelva i 2007.

På bakgrunn av Petersens estimat, og med samme antagelse som i Daleelva, vandret det i 2007 ut om lag 953 laksesmolt fra Imsa i undersøkelsesperioden. Ut fra estimatets konfidensintervall er det 95 % sannsynlig at det virkelige tallet lå mellom 787 og 1155. Den faktiske felle-

fangsten av laksesmolt var 787 individer, altså identisk med nedre grense for konfidensintervallet, men 21 % lavere enn estimatet. 18 av de 22 merkete laksesmoltene ble gjenfanget i Wolf-fella, noe som tilsier et frafall i undersøkelsesperioden på om lag 18 %. De fire merkete fiskene som ikke ble gjenfanget kan enten ha latt være å vandre ut, eller kan ha dødd av naturlige grunner (predasjon, sykdom) eller som følge av fangst og påfølgende håndtering. Gitt at merket og umerket fisk oppfører seg likt og har samme dødelighet, ser det altså ut til at forskjellen mellom Petersens estimat og fellefangst kan forklares med dødelighet mellom merking og gjenfangst eller at noen fisk over 12 cm ikke vandret ut, og at merking- og gjenfangstmetoden overestimerer smoltutvandringen med ca 20 %.

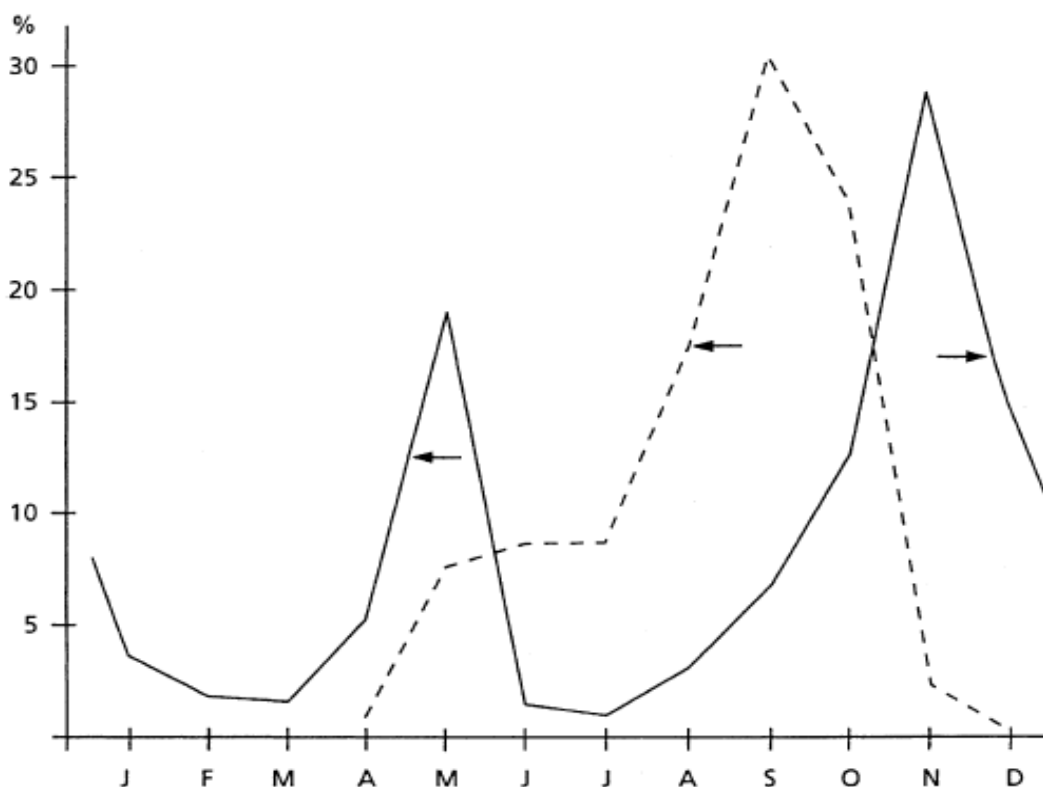
3.4 Sammenligning mellom Petersens estimat og fellefangst i Daleelva

Sammenlignet med den faktiske fellefangsten overestimerte Petersens metode utvandringen av laksesmolt med 89 % (**tabell 1**). Dette betyr altså at ut fra antall fisk som faktisk er talt i fella er utvandringen om lag halvparten så stor som estimert (1089 mot 2060). Bruker vi GLM-modellen til å predikere utvandringen på de dagene da fella var delvis neddykket blir overestimatet redusert til 27 %.

For aure blir overestimatet alltid større enn for laks. Med utgangspunkt i all aure som faktisk ble fanget i fella, ga Petersen metode et estimat som var 179 % for høyt (**tabell 1**). Bruker vi GLM-modellen til å estimere utvandringen av auresmolt de dagene fella ikke filtrerte alt vann, reduseres overestimatet til 102 %. Dette betyr at Petersens estimat basert på merking med elektrisk fiske og gjenfangst for alle sannsynlige scenario overestimerer utvandringen av auresmolt. Dette er ikke overraskende ut fra at aure har en mer variabel livshistorie enn laks (oppsummering i Klemetsen mfl. 2003). Mye sjøaure kan vandre ut på andre tider av året (**figur 2**), smoltstørrelsen er mer variabel (Jonsson mfl. 2001), både hunner og hanner kan stå igjen i vassdraget og kjønnsmodne uten å ha vært i sjøen, og noe av fisken kan tilhøre en elvestasjonær bestand (Jonsson 1985; 1989).

Tabell 1. Estimat for smoltutvandring av laksesmolt i Imsa og laks- og auresmolt i Daleelva sammenlignet med antall smolt fanget i fellene. Fellefangst i fet skrift er det antall fisk som faktisk ble fanget, mens den andre verdien fra Daleelva er estimerer basert på modellprediksjoner for de dagene fella ikke hadde full funksjon.

	Estimat	Fellefangst	Differanse	% overestimat
Imsa laks	953	787	166	21,1
Dale laks	2060	1089	971	89,2
	2060	1619	441	27,2
Dale aure	4051	1454	2597	178,6
	4051	2008	2043	101,7



Figur 2. Prosentvis fordeling av utvandrende auresmolt (heltrukket linje) og oppvandrende sjø-aure (stiplet linje) i Imsa i perioden 1976-1999. Figuren er fra Klemetsen mfl. (2003).

3.5 Samlet vurdering av merking og gjenfangstmetodikk i Imsa og Daleelva

I Imsa ble det gjennomført et merking- og gjenfangstforsøk som i prinsippet er svært likt det som er gjort i andre undersøkelser. Smolten ble fanget med elektrisk fiske og merket 1-2 måneder før smoltutgangen og gjenfanget under smoltutvandringen. Det ble merket få fisk (22 smolt), som ble valgt ut fra et størrelseskriterium tilsvarende om lag 10 % persentilen for størrelsesfordelingen. Det lave antall merkede fisk introduserer usikkerhet, men all nedvandrende fisk ble fanget og estimatet er således rimelig sikkert. 18 av 22 merkede fisk ble gjenfanget, og dette forsøket representerer en direkte test av i hvilken grad Petersens estimat for bestandsstørrelse ved merketidspunkt kan brukes som et rimelig estimat for smoltutvandringen. Både bestandsestimatet og andelen gjenfanget merket fisk viser et overestimat på ca 20 %.

Estimater basert på gjenfangst 1-2 måneder etter merking er sensitive til dødelighet mellom merking og gjenfangst, og kan medføre brudd på forutsetningen om en demografisk lukket bestand (Gatz & Loar 1988). Undersøkelser fra Altaelva tyder på at våren er en periode hvor dødeligheten kan være spesielt høy (Finstad mfl. 2004). Årsaken til at man i de studiene man har gjennomført i Norge har valgt å merke så vidt tidlig i forhold til smoltutvandringen, er at dette er det eneste tidspunktet man kan fange mye fisk ved elfiske. Fisket foregår etter at isen er gått, men før vårfloppen starter. Et tilleggsmoment er at fisken er mindre sensitiv for håndtering så vidt tidlig i smoltifiseringsprosessen. Nær og under smoltutgang sitter skjellene løst og fisken er generelt mer sensitiv til ytre stressfaktorer (Rosseland mfl. 2001). Denne tilnærmingen øker dermed mulighetene for dødelighet mellom merking og gjenfangst, men reduserer trolig risikoen for merkedødelighet og avvikende atferd hos merket og umerket fisk.

I Daleelva ble fiskene fanget og merket helt i starten av smoltutvandringen. Dette gjør at det er lite sannsynlig at dødeligheten i bestanden er stor, og sannsynligheten for brudd på forutset-

ningene om en demografisk lukket bestand er lavere enn i forsøk med tidligere merking. På den annen side er risikoen for merkedødelighet større fordi smolten er mer sensitiv for håndtering. Begge studiene og tilnærmingene har således egenskaper som tilsier overestimering av smoltutvandringen, og det er ikke umiddelbart klart hvilke av de to som sterkest tenderer mot overestimering.

I Daleelva varierte overestimeringen fra 27 til 89 %, avhengig av hvordan man estimerer utvandringen de to dagene med høy vannføring da fella ikke fungerte optimalt. Det var en medregnet risiko at vi kunne få vannføringer hvor fella i Daleelva ikke fanger all fisk. Bare flere tester mot kjente bestander kan avgjøre hvor store overestimatene generelt er, men vi vil aldri oppnå presis kunnskap om avvik mellom estimerer og utvandring for alle situasjoner og vassdrag. Vurderinger av forholdet mellom størrelsesfordeling i bestanden ved merke og gjenfangsttidspunkt, forekomsten av gyteparr og kunnskap om dødelighet om våren er kunnskap som kan bidra til å sannsynliggjøre graden av overestimering i de enkelte vassdrag og forsøk.

Begge estimatene er i utgangspunktet basert på at all nedvandrende fisk sjekkes for merker. Dette er i utgangspunktet meningsløst i en ordinær situasjon, og antall fisk det er mulig å sjekke er ofte en begrensing ved metoden og bidrar til usikkerhet i estimatene. Nedenfor gjennomfører vi derfor simuleringer for mer sannsynlige gjenfangstsituasjoner hvor man ikke klarer å fange fisk i hele utvandringsperioden eller at fangstene er betydelig lavere.

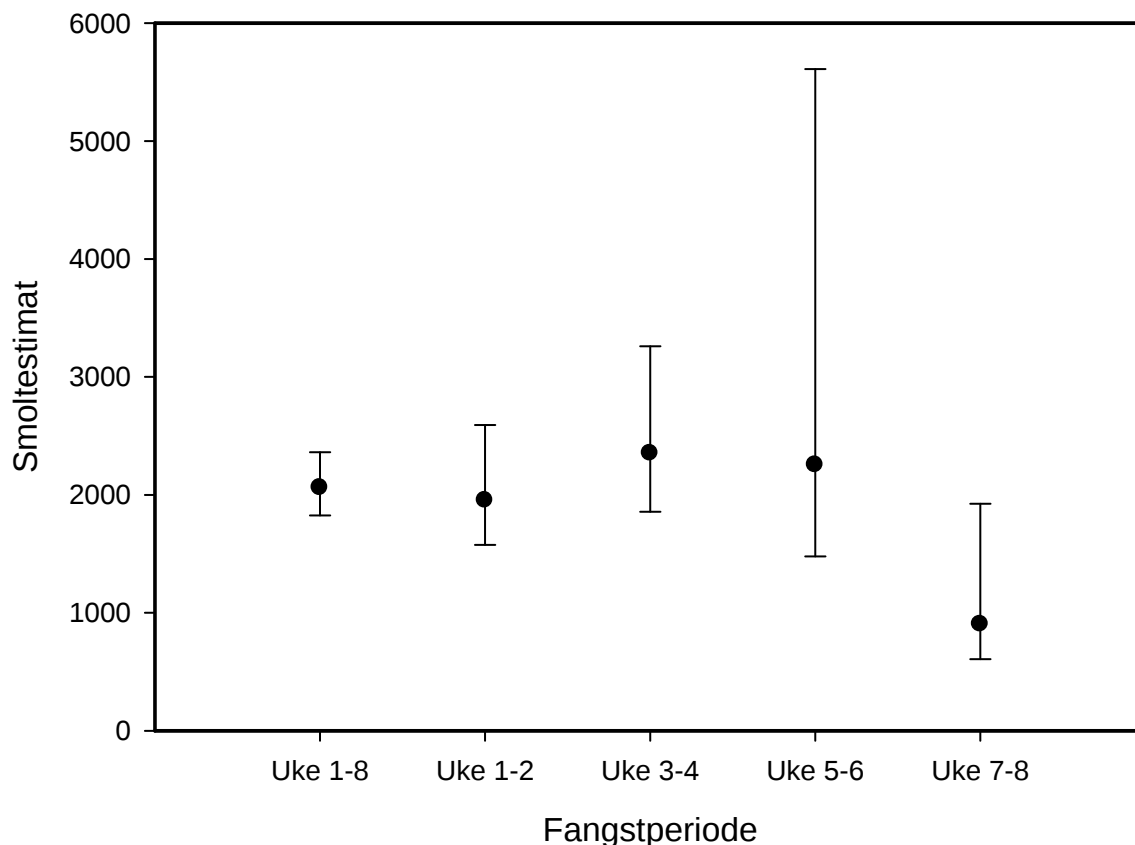
3.6 Effekter av fangstinnsats på presisjonen av smoltestimat

Presisjonen på smoltestimater er ikke bare avhengig av hvorvidt de teoretiske forutsetningene for Petersens estimat er oppfylt. Påliteligheten er i stor grad en funksjon av hvilken feltinnsats som legges i fangst og gjenfangst. Dersom man merker en vesentlig andel av smoltbestanden, kan man tillate seg å fange en forholdsvis liten andel av utvandrende smolt, og samtidig få et brukbart presist smoltestimat. Motsatt vil en stor fangstinnsats i utvandringsperioden kunne kompensere for at det merkes en liten andel av den totale smoltbestand.

Ved hjelp av simuleringer og variasjon i lengde på undersøkelsesperiode, kan man belyse hvordan ulik fangstinnsats påvirker smoltestimat, både når det gjelder absolutt nivå og variasjonsbredde.

En naturlig følge av de underliggende forutsetningene for Petersens estimat, er at presisjonen på estimatet vil være avhengig av hvor lenge undersøkelsen pågår. Et for langt tidsspenn vil øke sannsynligheten for at merkete individer dør, noe som i så fall vil gi et for høyt estimat. Et for kort tidsspenn vil øke sannsynligheten for at man får et lite representativt utvalg fra bestanden, i form av uforholdsmessig få eller uforholdsmessig mange gjenfangster av merkete individer. I en vandrende bestand bør man derfor forsøke å dekke hele vandringsperioden.

Smoltestimat basert på mindre deler av utvandringsperioden gir vesentlig større konfidensintervall (**figur 3**). Mot slutten av utvandringsperioden øker usikkerheten i estimatene vesentlig, og i den siste toukersperioden skjer det også en vesentlig endring i nivået på selve estimatet. Det er for øvrig verdt å merke seg at man i tre av fire tilfeller får et estimat som er på liknende nivå som estimatet som er basert på hele utvandringsperioden.

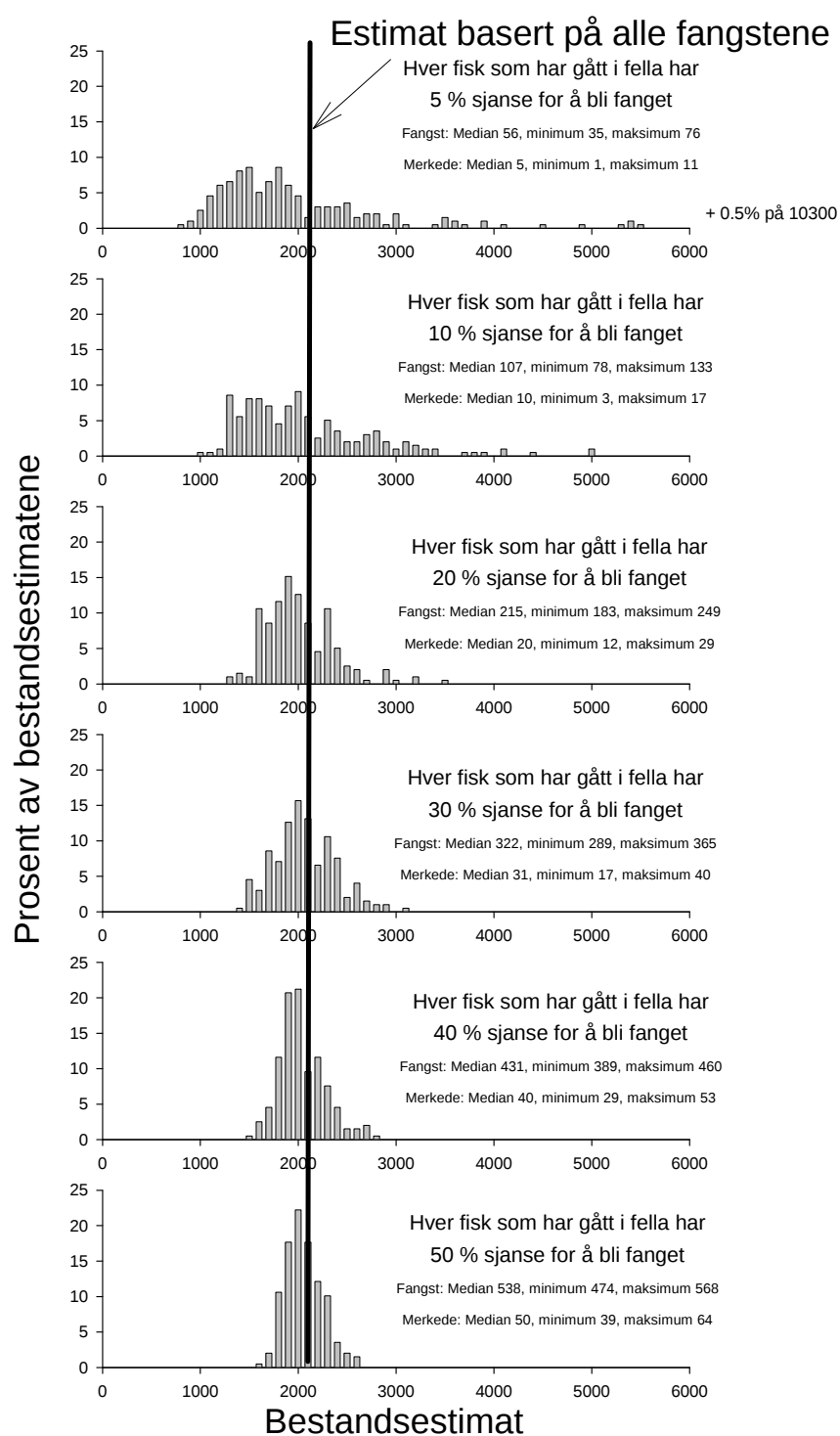


Figur 3. Estimat over mengde laksesmolt i Daleelva basert på ulike fangstperioder i Wolf-fella. Estimatet til venstre representerer hele undersøkelsesperioden. For hvert estimat er det oppgitt 95 % konfidensintervall (estimerte maksimums- og minimumsverdier).

3.7 Simuleringer av hvordan estimatene ville blitt ved fangst i smoltfelle

For å vurdere hvordan en smoltfelle som fanger bare deler av det totale antallet utvandrende smolt ville kunne estimere antall utvandrende laksesmolt i Daleelva, har vi utført simuleringer. I simuleringene har vi gitt hver laksesmolt som ble fanget i Wolf-fella en gitt sannsynlighet for å bli fanget i smoltfelle. For hver sannsynlighet for å bli fanget har vi gjort 300 simuleringer. Bestanden ble beregnet med Petersens estimat for hver simulering. Slik skaffer vi oss en oversikt over hvordan estimatene varierer under de forutsetningene som vi legger inn.

Simuleringene viste at i de fleste tilfellene ble estimatene lavere enn estimatet basert på alle fiskene som ble fanget i fella (**figur 4**). Som ventet ble variasjonen stor dersom en liten andel av fisken ble fanget, mens variasjonen avtok med økende andel av fisken fanget.



Figur 4. Frekvensfordeling av simulerte bestandsstørrelser basert på uttrekninger fra den totale fangsten i Wolf-fella.

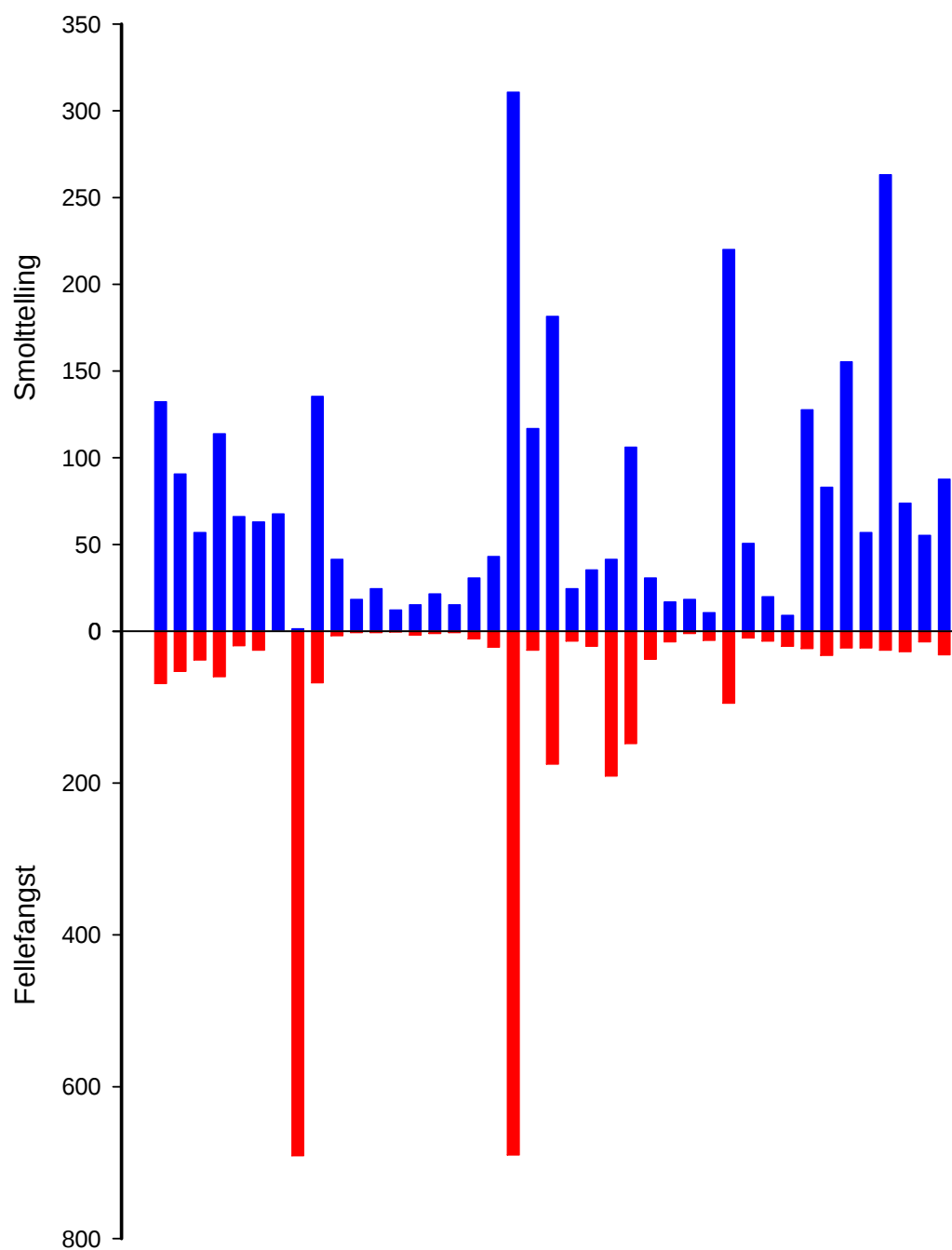
4 Videotellinger i Daleelva

Alle dagene med videoopptak i perioden 1. mai til 10. juni ble gjennomgått av samme person. Det ble gjort over 20 000 observasjoner av smolt som vandret frem og tilbake i bildene. Det var i store deler av perioder vanskelig å skille artene fra hverandre på grunn av store mengder fisk, og alle tall i de videre analysene henviser til totalantall smolt (villaks, anleggsprodusert laks og aure). Det høye antall smoltobservasjoner har sin årsak i at smolten vandret både opp og ned forbi kameraene (gikk i runder forbi), og det måtte vurderes når smolt faktisk forlot kameraområdet (ca 5 m ovenfor fella) og fortsatte nedvandringen. Denne første gjennomgangen ga et estimat på totalutvandring på 1981 smolt. I samme periode ble det fanget 2736 smolt i fella. Noen døgn ble deretter gjennomgått av mer erfarent personell som konkluderte at flere smolt gikk enn det de første vurderingene tilsa. En korreksjonsfaktor (forholdet mellom første og andre måling) ble deretter brukt til å lage et nytt estimat på 4058 smolt. På grunn av de relativt store avvikene mellom de to gjennomgangene, ble det supplert med nye døgn slik at man totalt kom opp i seks døgn hvor all fisk opp, all fisk ned og netto utvandring ble anslått. For disse døgnene ble også fiskene artsbestemt. Ett av døgnene ga negativ utvandring (antall opp var større enn antall ned), og basert på de fem resterende døgnene ble det beregnet en korreksjonsfaktor på 0,65 (SD: 0,54). Når denne ble brukt på alle døgnene ble utvandringen anslått til 3048 smolt.

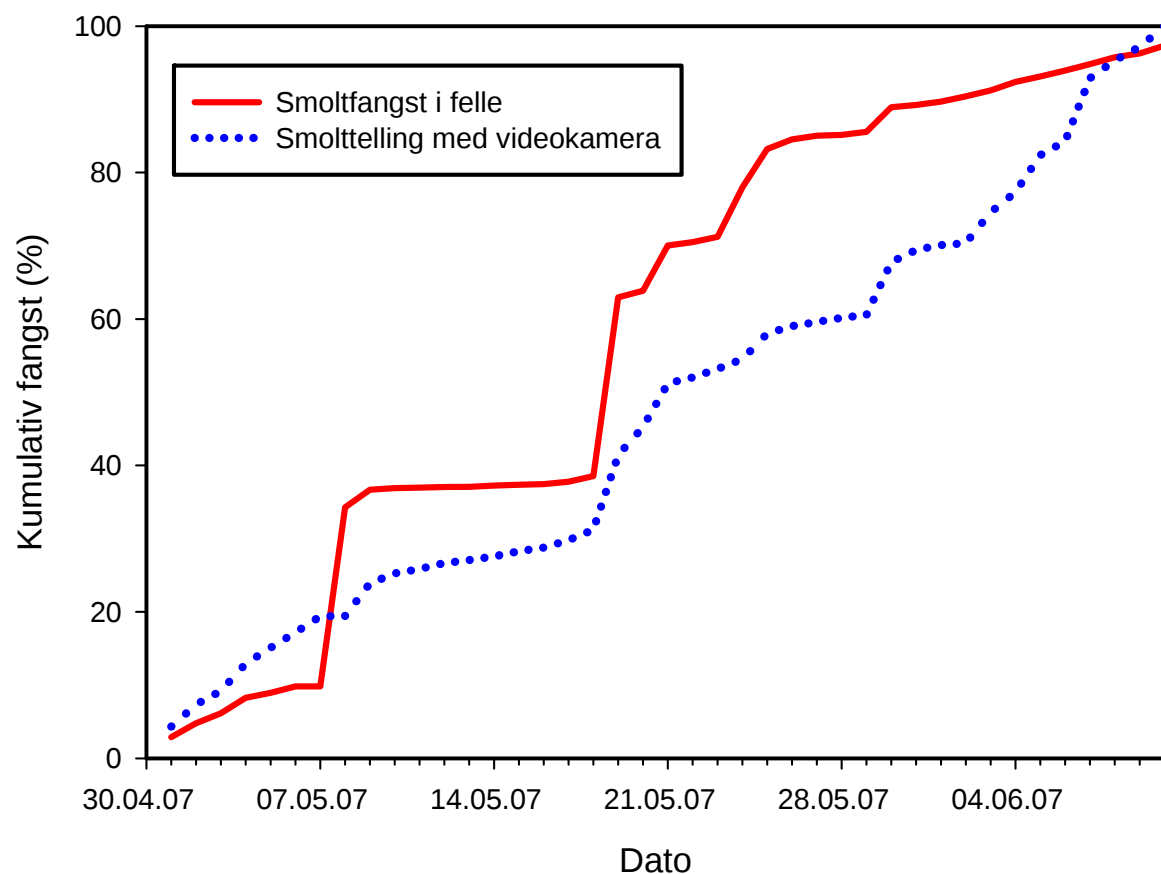
Det var en signifikant korrelasjon ($p=0,03$) mellom antall fisk fanget pr døgn i fella og estimert utvandring fra videotellingene, men forklaringsgraden var lav ($R^2=0,12$). Ulike forskyvninger (opp til 5 dager) i forhold til fellefangst og videoregistreringer ble også forsøkt (for å teste om fisk bruker tid mellom video-området og fella), men ingen av disse sammenhengene var statistisk signifikante (p mellom 0,12 og 0,69). Spesielt mot slutten av utvandningsperioden ble det observert mange flere smolt i videoregistreringene enn det ble registrert i fella (**figur 5**).

Det kumulative utvandringsmønsteret basert på video-observasjonene og fellefangsten var også forskjellig (**figur 6**), og med unntak av den første perioden ligger de kumulative observasjonene basert på video under fellefangsten. Dette er ikke mulig fordi fella står nedenfor tellepunktet. Heller ikke for de døgnene som ble gjennomgått grundig var det noen systematisk sammenheng mellom antall fisk estimert fra video og fangstene i fella.

På bakgrunn av disse funn og analyser ble det konkludert at med den valgte lokalitet medførte så mange observasjoner av fisk som vandret rundt kameraene at det ikke er mulig med sikkerhet verken å gi et godt estimat for totalnedvandringen, eller den daglige utvandringen som kan sammenlignes med fellefangstene. De ulike anslagene for utvandring basert på video (1981, 3048 og 4058 smolt) og det høye antallet observasjoner antyder imidlertid at videoobservasjonene i Daleelva kan gi estimater for smoltutvandring som ligger i samme størrelsesorden som fellefangstene.



Figur 5. Sammenlikning av videotelling (blå søyler) og fellefangst (røde søyler) av smolt i Dalselva i perioden 30. april – 10. juni 2007.



Figur 6. Sammenlikning av kumulativ fangst (%) av smolt i Wolf-felle (rød heltrukket linje) og kumulativ smolttelling ved hjelp av videokamera (blå stiplet linje) i Daleelva.

5 Hovedkonklusjoner

1. Merking og gjenfangst ga estimater for laksesmolt ved merketidspunktet som var moderate overestimerer for smoltutvandringen. I Imsa var overestimatet på ca 20 %. I Daleelva var overestimatet mellom 27 og 89 % avhengig av hvor mye fisk som man antar gikk de dagene hvor fella ikke fanget all fisk.
2. Merking og gjenfangst ga estimater for alle sannsynlige fangstscenarier i dagene med høy vannføring som sterkt overestimerer utvandringen av auresmolt. Støttet av kunnskap om livshistorievariasjon hos aure, viser dette at metoden ikke er egnet til å gi pålitelige estimater for utvandringen av auresmolt.

Videotellingene ga på grunn av det uryddige vandringsmønstret ved kameraene ikke grunnlag for evaluering av metodikken, men de ulike estimatene for totalutvandring antyder at kameraene og tolkingen av videobildene har registrert en høy andel av fisken som vandret ut av Daleelva.

Evaluering av merking-gjenfangstmetodikken fortsetter med forsøk i Imsa og Halselva både i 2008 og 2009 og disse vil bli rapportert senere.

6 Referanser

- Arnekleiv, J. V., Rønning, L., Koksvik, J., Kjærstad, G., Alfredsen, K., Berg, O. K. & Finstad, A. G. 2007. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-2006. Faglig oppsummering: kraftverksregulering, bunndyr, drivfauna, ungfisk og smolt. NTNU Vitenskapsmuseet Rapport zoologisk serie, 2007-1:1-147.
- Finstad, A.G., O. Ugedal, T. Forseth & T. F. Næsje. (2004) Energy-related juvenile winter mortality in a northern population of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 61, 2358-2368.
- Garnås, E. & Hvidsten, N. A. 1985. Density of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the river Orkla, a large river in central Norway. Aquaculture and Fisheries Management, 16:369-376.
- Gatz, A.J. & Loar, J.M. 1988. Petersen and removal population size estimates: combining methods to adjust and interpret results when assumptions are violated. Environmental Biology of Fishes 21, 293-307.
- Heggberget, T.G. 1989. The populations structure and migratory system of Atlantic salmon *Salmo salar*, in the River Alta, North Norway. A summary of the studies 1981-1986. s 124-139 i E. Brannon & B. Jonsson (red.). Proceedings of the Salmonid Migration and Distribution Symposium. Trondheim, Norway, June 1987. University of Washington, Seattle, WA.
- Heggberget, T. G. & Hesthagen, T. 1979. Population estimates of young Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L., by electrofishing in two small streams in North Norway. Institute of Freshwater Research, Drottningholm, 58:27-33.
- Hellen, B. A., Sægrov, H., Kålås, S. & Urdal, K. 2006. Fiskeundersøkingar i Aurland og Flåm, årsrapport for 2005. Rådgivende Biologer AS, 897:1-80.
- Hellen, B. A., Sægrov, H., Kålås, S. & Urdal, K. 2007. Fiskeundersøkingar i Aurland og Flåm, årsrapport for 2006. Rådgivende Biologer AS, 897:1-84.
- Hvidsten, N. A., Johnsen, B. O., Jensen, A. J., Fiske, P., Ugedal, O., Thorstad, E. B., Jensås, J. G., Bakke, Ø. & Forseth, T. 2004. Orkla, et nasjonalt referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. Samlerapport for perioden 1979 - 2002. NINA Fagrapport, 079:1-96.
- Jensen, A. J., Bremset, G., Finstad, B., Hvidsten, N. A., Jensås, J. G., Johnsen, B. O. & Lund, E. 2009. Fiskebiologiske undersøkelser i Auravassdraget. Årsrapport 2008. NINA Rapport, 451:1-53.
- Jonsson, B. 1985. Life history patterns of freshwater resident and sea-run brown trout in Norway. Transactions of the American Fisheries Society, 114:182-194.
- Jonsson, B. 1989. Life history and habitat use of Norwegian brown trout (*Salmo trutta*). Freshwater Biology, 21:71-86.
- Jonsson, B., Jonsson, N., Brodtkorb, E. & Ingebrigtsen, P. J. 2001. Life-history traits of Brown Trout vary with the size of small streams. Functional Ecology, 15:310-317.
- Klemetsen, A., Amundsen, P.-A., Dempson, J.B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M.F. & Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. Ecology of Freshwater Fish 12, 1-59.
- Peterson N.P. og Cederholm C.J. 1984. A comparison of the removal and mark-recapture methods of population estimation for juvenile coho salmon in a small stream. North American Journal of Fisheries Management 4, 99-102.
- Ricker, W. E. 1975. Computations and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191, Ottawa
- Rosenberger, A. E. & Dunham, J. B. 2005. Validation of abundance estimates from mark-recapture and removal techniques for rainbow trout captured by electrofishing in small streams. North American Journal of Fisheries Management, 25:1395-1410.
- Rosseland, B. O., Kroglund, F., Staurnes, M., Hindar, K. & Kvellestad, A. 2001. Tolerance to acid water among strains and life stages of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Water Air and Soil Pollution, 130:899-904.
- Saltveit, S. J. 2004. Smoltutvandring hos laks og ørret i Suldalslågen i 2004. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 235:1-27 + vedlegg.
- Thorstad, E.B., Arnekleiv, J.V., Forseth, T., Sandlund, O.T., Jensen, A.J. & Næsje, T.F. (2006) Fiskevandring og effekter av endringer i vannføring. S. 100-119 i Økologiske forhold i vassdrag – konsekvenser av vannføringsendringer. En sammenstilling av dagens kunnskap. S.J. Saltveit (red.). Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.

Ugedal, O., Thorstad, E. B., Finstad, A. G., Fiske, P., Forseth, T., Hvidsten, N. A., Jensen, A. J., Koksvik, J. I., Reinertsen, H., Saksgård, L. & Næsje, T. F. 2007. Biologiske undersøkelser i Altaelva 1981-2006. Oppsummering av kraftreguleringens konsekvenser for laksebestanden. NINA Rapport, 281:1-106.

NINA Rapport 489

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-2061-3



Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

www.nina.no