

Oppvandring av laks i Numedalslågen

Påvirker vannføring og andre
miljøfaktorer passering av naturlige
oppvandringshindre?

Eva B. Thorstad
Finn Økland
Ingar Aasestad
Ola Diserud
Torbjørn Forseth



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en ny, 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

Oppvandring av laks i Numedalslågen

Påvirker vannføring og andre
miljøfaktorer passering av naturlige
oppvandringshindre?

Eva B. Thorstad

Finn Økland

Ingar Aasestad

Ola Diserud

Torbjørn Forseth

Thorstad, E.B., Økland, F., Aasestad, I., Diserud, O. & Forseth, T.
2008. Oppvandring av laks i Numedalslågen - Hvordan påvirker
vannføring og andre miljøfaktorer passering ved naturlige oppvand-
ringshindre? - NINA Rapport 360. 46 s.

Trondheim, juni 2008

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-1924-2

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Gunnbjørn Bremset

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Odd Terje Sandlund (sign.)

OPPDRAUGSGIVER

Numedals-Laugens Brugseierforening

KONTAKTPERSON HOS OPPDRAGSGIVER

Nils Runar Sporan

FORSIDEBILDE

Holmfoss i Numedalslågen. Foto Eva B. Thorstad.

NØKKEWORD

- Norge, Vestfold fylke, Larvik, Lardal og Kongsberg kommuner, Numedalslågen
- voksen laks, *Salmo salar*
- konsesjon for kraftregulering
- manøvreringsreglement
- oppvandring
- vandringshindre
- vannføring
- miljøfaktorer
- gyting

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

Fakkelgården

2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

SAMMENDRAG

Thorstad, E.B., Økland, F., Aasestad, I., Diserud, O. & Forseth, T. 2008. Oppvandring av laks i Numedalslågen - Hvordan påvirker vannføring og andre miljøfaktorer passering ved naturlige oppvandringshindre? - NINA Rapport 360. 46 s.

Bakgrunn og formål

Ny konsesjon for fortsatt regulering av Numedalslågen ble gitt i 2001. Som et ledd i å oppfylle konsesjonsvilkårene, fikk Norsk institutt for naturforskning (NINA) i oppdrag fra Numedals-Laugens Brugseierforening (NLB) å gjennomføre undersøkelser av oppvandring av laks. Hovedformålet med alle de biologiske undersøkelsene i vassdraget er å skaffe grunnlag for vurdering av eventuelle endringer av manøvreringsreglementet etter ti år. Formålene med undersøkelser av oppvandring av laks er spesielt å:

- Dokumentere og beskrive laksens vandring fram til gyteområdene under nåværende manøvreringsreglement, med spesiell fokus på effekter av vannføring og vanntemperatur.
- Identifisere vandringshindre.
- Utvikle modeller som, innenfor normalt vannføringsregime, kan estimere hvordan endringer i vannføring og vanntemperatur påvirker laksens oppvandring ved vandringshindre.

En pilotstudie ble gjennomført i 2003 (Thorstad mfl. 2004), og oppfølgende undersøkelser ble gjennomført i 2007 (denne rapporten).

Metoder

Til sammen 49 laks (lengde 50-100 cm) ble merket med radiosender i perioden 21. mai - 5. september 2007 og satt ut i Larvikfjorden. Laksen ble registrert ved 1) jevnlig manuelle peilinger langs Numedalslågen, 2) automatiske lyttestasjoner ved Bommestad, Holmfoss og Hoggteveita, 3) gjengefangster i sjø- og elvefiske, og 4) tre peilerunder langs Drammenselva. På bakgrunn av skjellanalyser ble ingen laks karakterisert som rømt oppdrettslaks, men 19 laks (39 %) hadde sannsynligvis kultiveringsbakgrunn. Kultivert laks kan ha en avvikende vandringsatferd. De fleste analyser ble derfor foretatt for villaks og kultivert laks separat.

Resultater

Totalt ble 47 av 49 radiomerkede laks (96 %) registrert etter merking ved peiling og/eller rapporterte gjengefangster, og 41 laks ble registrert i Numedalslågen. Beskatningsraten for villaks som gikk opp i Numedalslågen var 36 %, fordelt på 21 % under sportsfiske med stang og 14 % under fiske med tradisjonelle fangstredskaper (alle flåtefiske).

Tid fra villaksen ble sluppet i fjorden til de første gang ble registrert i elva, varierte mellom 4,5 timer og 71 dager, med et gjennomsnitt på 4,3 dager. Gjennomsnittlig vandringshastighet fra de ble sluppet til de første gang ble registrert i elva var 10,6 km per dag. Laksen spredte seg langs hele elva til Hvitvingfoss. Totalt passerte 26 villaks og 12 kultiverte laks Åbyfoss, 12 villaks og 5 kultiverte laks Holmfoss, og 7 villaks Hoggteveita. Øverste registrerte posisjon for individuelle villaks var gjennomsnittlig 36 km fra elvemunningen (variasjonsbredde 19-62). Fjorten villaks og seks kultiverte laks ble registrert i elva helt fram til gyteperioden. I gyteperioden var åtte av villaksen (57 %) og fem av den kultiverte laksen (83 %) oppstrøms Holmfoss. Fire av villaksen (29 %) var oppstrøms Hoggteveita.

Villaksen nådde sin øverste posisjon i elva gjennomsnittlig 58 dager (10-144 dager) etter utsetting i sjøen, og gjennomsnittlig 55 dager (9-138 dager) etter at de første gang ble registrert i elva. Progresjon fra første registrering i elva til øverste posisjon var gjennomsnittlig 0,8 km/dag.

Åbyfoss og Holmfoss ble identifisert som vandringshindre, med en liten forsinkelse i oppvandringen ved Åbyfoss (gjennomsnittlig 8 dager for den tredjedelen av laksen som stanset lengre enn tre dager) og en betydelig forsinkelse ved Holmfoss. Gjennomsnittlig tok det 15 dager fra laksen ble registrert første gang ved Holmfoss til de passerte fossen (variasjonsbredde 0-28 dager).

Kun et lite antall laks passerte Hoggteveita (sju villaks), men basert på tiden fra første registrering nedenfor fossen til de passerte (gjennomsnittlig 15 dager), framstod også Hoggteveita som et vandringshinder i 2007. Resultatene tydet på at laksen hadde problemer med å passere ved høy vannføring, og at de som ankom på høy vannføring stod nedenfor fossen og ventet på vannføring som var lav nok for passering (trolig rundt 120-140 m³/s). Både i 2003 og 2007 passerte nesten alle fiskene Hoggteveita på den minste vannføringen som ble målt i løpet av perioden fra de første gang ble registrert under hindringen til de passerte. Vannføring ved passering varierte imidlertid mye mellom individer, og spørsmålet er om denne variasjonen kan forklares ved individuelle og/eller sesongmessige forskjeller. Modellresultater basert på resultater fra både 2003 og 2007 viste at jo flere dager laksen hadde stått under Hoggteveita, desto høyere vannføring var de villige til å passere på.

Bortsett fra Åbyfoss, Holmfoss og Hoggteveita/Kjærrafossene var det ingen av strykene i elva eller andre lokaliteter som utpekte seg som vandringshindre. Vandringshastigheter mellom disse lokalitetene var relativt høy. Villaksen hadde gjennomsnittlig vandringshastighet på 21,4 km per dag mellom Bommestad og Holmfoss (13 km) og 8,4 km per dag mellom Holmfoss og Hoggteveita (26 km).

Laksen passerte fosser og strykområder i Numedalslågen under en rekke ulike miljøforhold. Ut fra resultater fra 2003 og 2007 kan vi fastslå at laksen er i stand til å passere Åbyfoss ved vannføring 41-278 m³/s og vanntemperatur 3-21 °C, Holmfoss ved vannføring 57-461 m³/s og vanntemperatur 7-22 °C, Hoggteveita ved vannføring 55 - ca 140 m³/s og vanntemperatur 13-22 °C, Sjulstadfoss ved vannføring 43-112 m³/s og vanntemperatur 15-21 °C og Brufoss ved vannføring 64-112 m³/s og vanntemperatur 12-20 °C. Verdiene må ikke betraktes som absolutte øvre og nedre grenser for mulig passering av disse områdene, men er basert på under hvilke forhold radiomerket laks passerte i disse undersøkelsene.

For villaksen var vannføringen stigende i forhold til dagen før da fire laks passerte Holmfoss, synkende da sju laks passerte og jevn da én laks passerte. Ved å sammenligne vannføringen på dager da laksen stod i hølen nedenfor Holmfoss uten å passere i forhold til vannføring ved passering, kunne vi ikke finne noe mønster; vannføringen ved oppvandring lå hos de fleste individer innenfor variasjonen av vannføring på dager de stod nedenfor Holmfoss uten å passere. En kan derfor ikke si at laksen stod nedenfor fossen og ventet på en spesifikk vannføring før de passerte. Modellering av sannsynligheten for passering av Holmfoss basert på ulike miljøvariabler (vannføring, endring i vannføring, vanntemperatur, endring i vanntemperatur, nedbør og lufttrykk), samt hvor lenge de hadde stått nedenfor fossen og tid på sesongen, ga ingen overbevisende resultat. Den beste multivariate modellen har en forklaringsgrad på 6 %, noe som er for lite til at modellene kan brukes som et styringsverktøy. Vi kan dermed ikke ut fra disse resultatene finne enkle forklaringer på hvilke stimuli som fikk laks til å passere Holmfoss.

Konklusjon

Gjennom undersøkelsene av oppvandring av laks i Numedalslågen i 2003 og 2007 utpekte Åbyfoss, Holmfoss og Hoggteveita seg som vandringshindre på den måten at laks ble forsinket i oppvandringen og stanset en periode nedenfor disse lokalitetene. Imidlertid syntes ikke oppvandringen å være forsinket i den grad at laks ikke rakk fram til gyteområdene i tide før gytesesongen. Andre stryk og fosser utpekte seg ikke som vandringshindre som forsinket oppvandringen.

Eva B. Thorstad, Finn Økland, Ola Diserud og Torbjørn Forseth, Norsk institutt for naturforskning (NINA), 7485 Trondheim. e-post: eva.thorstad@nina.no, torbjorn.forseth@nina.no
Ingar Aasestad, Hvarnes, 3282 Kvelde. e-post: ingaaas@online.no

INNHOOLD

SAMMENDRAG	3
INNHOOLD	5
FORORD	6
1 INNLEDNING	7
2 OMRÅDEBESKRIVELSE.....	8
2.1 Numedalslågen	8
2.2 Fiskebestander.....	8
2.3 Regulering.....	10
3 MATERIALE OG METODER	13
3.1 Fangst og radiomerking av laks	13
3.2 Registrering av laks etter merking og bearbeiding av data	16
3.3 Modellering av miljøforhold ved passering av vandringshindre	17
3.4 Vannføring og vanntemperatur	18
4 RESULTATER.....	20
4.1 Andeler laks registrert etter merking og gjenfangster	20
4.1.1 Laks registrert i Numedalslågen	20
4.1.2 Laks med kultiveringsbakgrunn	20
4.1.3 Gjenfangster	20
4.1.4 Laks registrert i Drammenselva	21
4.2 Vandringshastigheter og vandringsmønster	21
4.2.1 Tid fra utsetting til første registrering i Numedalslågen.....	21
4.2.2 Fordeling i elva	22
4.2.3 Identifisering av vandringshindre	22
4.2.4 Passering av vandringshindre og viktige strykområder i forhold til vannføring ..	26
4.2.5 Passering av vandringshindre og viktige strykområder i forhold til vanntemperatur	27
4.2.6 Atferd i forbindelse med flom	27
4.3 Modellering av miljøforhold ved passering av vandringshindre	27
4.3.1 Holmfoss	28
4.3.2 Hoggteveita	28
5 DISKUSJON.....	31
5.1 Oppvandringsmønster.....	31
5.2 Identifisering av vandringshindre.....	31
5.3 Passering av vandringshindre i forhold til vannføring og andre miljøforhold	33
5.4 Betydning av forsinkelser i oppvandringen	35
5.5 Kultivert laks.....	35
REFERANSER.....	36
VEDLEGG 1	39

FORORD

Som et ledd i å oppfylle konsesjonsvilkårene for kraftregulering, fikk Norsk institutt for naturforskning (NINA) i oppdrag fra Numedals-Laugens Brugseierforening (NLB) å undersøke oppvandring av radiomerket laks i Numedalslågen. En pilotstudie ble gjennomført i 2003, og oppfølgende undersøkelser ble gjennomført i 2007. Resultatene fra undersøkelsen i 2003 ble presentert i Thorstad mfl. (2004), mens resultater fra 2007 presenteres i denne rapporten. I tillegg presenteres modeller som inkluderer resultater fra begge undersøkelsesår i denne rapporten.

Vi vil takke alle som bidro til ulike deler av prosjektet for god hjelp og godt samarbeid. Halvard Dreng og John Ramberg fanget fisk i kilenot for merking, en rekke medlemmer av Lågens framtid under ledelse av Arild Jacobsen og Morten Kvammen hjalp til med nappegarnsfisket, Morten Tallaksen deltok ved merking og peiling av fisken, Lars Kristen Eikenæs, Georg Helgeland og Olaf Gjone stilte husrom til rådighet for dataloggestasjoner, Gunnel Østborg (NINA) analyserte skjell fra merket fisk, Berit Larsen (NINA) bearbeidet kartdata fra manuell peiling, Kari Sivertsen (NINA) laget figur 1 og 2 og Gunnbjørn Bremset (NINA) bidro med konstruktive kommentarer til en tidligere versjon av rapporten. Vi vil også takke Numedalslågen Elvelag for godt samarbeid under gjennomføringen av prosjektet.

Numedals-Laugens Brugseierforening finansierte prosjektet, mens Fylkesmannen i Vestfold bidro med midler til ekstra peiling av fisk i Hagnesvassdraget. Vi vil takke Numedals-Laugens Brugseierforening ved Nils Runar Sporan for oppdraget og for et godt samarbeid under gjennomføringen av prosjektet.

Trondheim, juni 2008

Torbjørn Forseth
prosjektleder

1 INNLEDNING

Vannføring er den faktoren som oftest er omtalt som kontrollerende faktor i forhold til oppvandring av laks i elver (f.eks. Banks 1969, Jonsson 1991). Effekter av vannføring kan imidlertid være modifisert av andre faktorer som vanntemperatur, turbiditet, atmosfæretrykk, skydekke og vannkvalitet (f.eks. Banks 1969, Jonsson 1991). Resultater fra ulike undersøkelser spriker, og forholdet mellom vandring, vannføring og andre faktorer synes å være komplekst. Naturlige og menneskeskapte vandringshindre kan også påvirke oppvandringshastigheter og oppvandringsmønstre i betydelig grad (oppsummert av Thorstad mfl. 2008).

Numedalslågen er ei av de viktigste lakseelvene i Sør-Norge, med en fortsatt sterk bestand av vill laks. Fisket har stor kulturhistorisk verdi, med mange tradisjonelle fangstmetoder som er helt spesielle for vassdraget, og som fortsatt holdes i hevd. Vassdraget er lokalisert nær tett befolkede områder i Vestfold og Buskerud fylker og har mange brukerinteresser. Tidligere var Numedalslågen et viktig tømmerfløtingsvassdrag, og vassdraget er regulert for kraftproduksjon siden ca 1920. I dag er det til sammen seks magasinkraftverk og ni elvekraftverk ovenfor naturlig lakseførende strekning. Manøvreringsreglementet for vannføring i Numedalslågen har vært basert på fløtningsreglementet fra 1914, en reguleringstillatelse som Statkraft SF hadde til 1994. Reguleringstillatelsen ble forlenget til 2001 i påvente av sluttbehandling av søknad om fornyet konsesjon.

Ny konsesjon for fortsatt regulering av Numedalslågen ble gitt ved kongelig resolusjon av 18. mai 2001. Fornytt konsesjon medførte et nytt manøvreringsreglement. Konsesjonæren i vassdraget, Numedals-Laugens Brugseierforening (NLB), ble i konsesjonen pålagt å gjennomføre undersøkelser av blant annet laksens oppvandring i vassdraget. NLB er konsesjonær vassdragsforvalter på vegne av medlemmene i foreningen, som er kraftverkseierne i vassdraget.

Som et ledd i å oppfylle konsesjonsvilkårene, fikk Norsk institutt for naturforskning (NINA) i oppdrag fra Numedals-Laugens Brugseierforening å gjennomføre undersøkelser av oppvandring av radiomerkede laks i vassdraget. En pilotstudie ble gjennomført i 2003, og oppfølgende undersøkelser ble gjennomført i 2007. Resultatene fra undersøkelsen i 2003 ble presentert i Thorstad mfl. (2004), mens resultater fra 2007 presenteres i denne rapporten. I tillegg presenteres modeller som inkluderer resultater fra begge undersøkelsesår i denne rapporten.

Hovedformålet med alle de biologiske undersøkelsene i vassdraget er å skaffe tilstrekkelig grunnlag for vurdering av eventuelle endringer av manøvreringsreglementet etter ti år. Formålene med undersøkelser av oppvandring av laks er spesielt å:

- Dokumentere og beskrive laksens vandring fram til gyteområdene under nåværende manøvreringsreglement, med spesiell fokus på effekter av vannføring og vanntemperatur.
- Identifisere vandringshindre.
- Utvikle modeller som, innenfor normalt vannføringsregime, kan estimere hvordan endringer i vannføring og vanntemperatur påvirker laksens oppvandring ved vandringshindre i Numedalslågen.

2 OMRÅDEBESKRIVELSE

2.1 Numedalslågen

Numedalslågen (**figur 1**) er Norges tredje lengste elv (336 km). Årlig middelvannføring ved utløpet i Larvik er 120 m³/s. Numedalslågen har opprinnelse på Hardangervidda, og nedbørsfeltet er 5670 km².

Naturlig lakseførende strekning i hovedelva er 72 km opp til Hvittingfoss. I tillegg finnes laks i de større sidevassdragene, som totalt utgjør ca 55 km lakseførende strekning. Det største sidevassdraget langs lakseførende strekning er Hagnesvassdraget, som renner ut i Numedalslågen via Åsrumvannet (**figur 1**). Daleelva og Herlandselva er også større sidevassdrag som er lakseførende, i tillegg til flere små sideelver. Sidevassdragene langs lakseførende strekning er ikke regulert for kraftproduksjon. Ved Hvittingfoss ble det bygd ei laksetrapp i 1989, som åpner for ytterligere 35 km lakseførende strekning av hovedelva pluss sideelver til Labro (Gravenfoss). Så langt har imidlertid trappa fungert dårlig, og kun ca 10 laks totalt har passert trappa de 15 årene den har vært i drift (én laks passerte i 2002 og ingen i 2003 og 2004). I forbindelse med påvisning av parasitten *Gyrodactylus salaris* på røye i Pålbufjorden og Tunhovdfjorden i øvre deler av vassdraget har Mattilsynet vedtatt at laksetrappa i Hvittingfoss fra og med 2005 skal holdes stengt for oppvandrende laks. Smitteforsøk i laboratoriet har vist at villlaks fra Numedalslågen kan være mottakelig for varianten av *Gyrodactylus salaris* som finnes i øvre deler av vassdraget, men at de tilsynelatende kan kontrollere infeksjonen slik at infeksjonsnivået ikke er antatt å være skadelig (Robertesen mfl. 2006).

Lakseførende strekning opp til Hvittingfoss har flere fosser og strykområder, hvor de største fallene utgjøres av Åbyfoss, Holmfoss, Hoggveita, Kjærrafossene, Sjulstadfoss og Brufoss (**figur 2**). Vanntemperaturen på lakseførende strekning er ned mot null grader om vinteren, øker vanligvis raskt i mai og juni og når et maksimum på 15-20 °C i juli/august, før den gradvis reduseres ned mot null grader i november igjen.

Vannet har i utgangspunktet lite oppløste salter og er tilnærmet nøytralt (pH 6,6). Den menneskelige påvirkningen av elva øker nedover vassdraget. Utslipp fra industri og kloakk samt landbruksforurensing gjør vannet næringsrikt i de nedre delene. I de senere årene har konsentrasjonen av fosfor og bakterier i vannet økt (Alsaker-Nøstdal 2002).

2.2 Fiskebestander

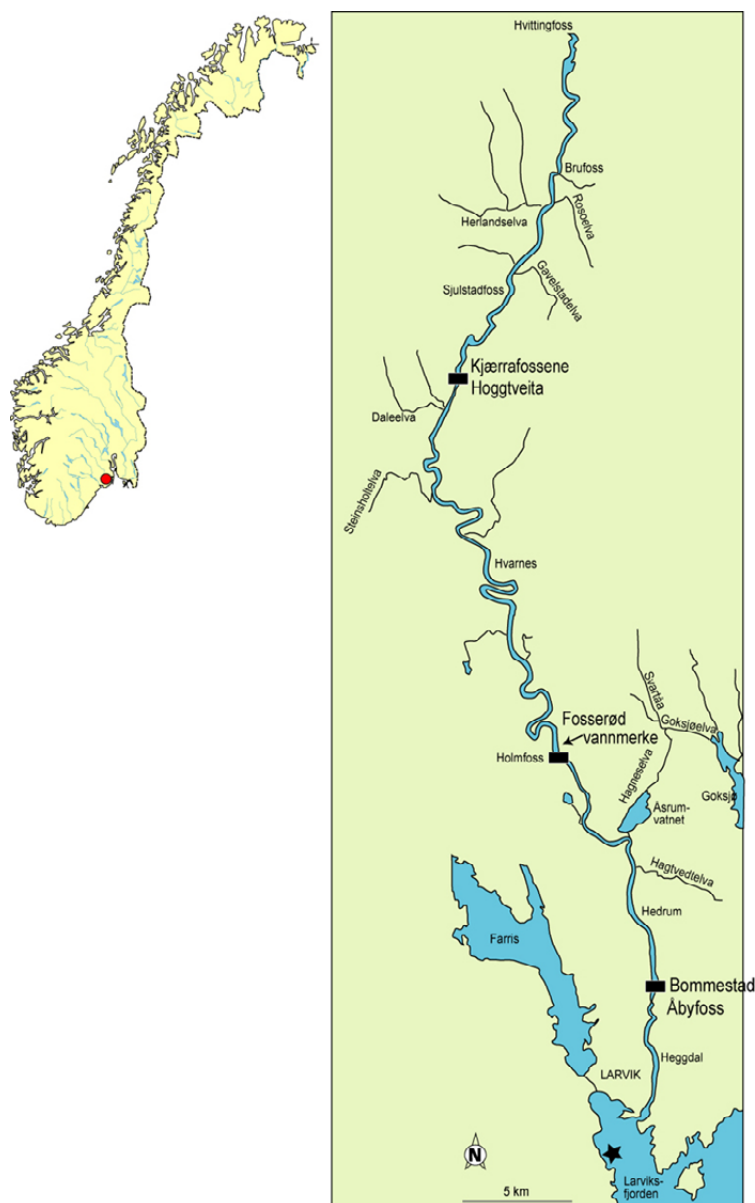
Numedalslågen er ei av de få lakseelvene i Norge som har et betydelig innslag av andre fiskearter enn laks. Det finnes faste bestander av 16 fiskearter i vassdraget, og det er fanget individer av ytterligere fire fiskearter som ikke har faste bestander i elva. Sjøaure utgjorde gjennomsnittlig bare 5 % av den antallsmessige fangsten av laks og sjøaure i perioden 1972-2006 (www.lakseregisteret.no).

Årlig gjennomsnittlig fangst av laks var gjennomsnittlig 18,4 tonn, eller 4334 laks, i perioden 1972-2007 (www.lakseregisteret.no, Numedalslågen Elvelag 2008). I 2007 ble det fanget 2184 laks, med en total vekt på 10,4 tonn (Numedalslågen Elvelag 2008). Laksefiske har hatt stor betydning i området, og Numedalslågen er kjent for et stort antall tradisjonelle fiskemetoder som er spesielle for elva, og som fortsatt holdes i hevd.

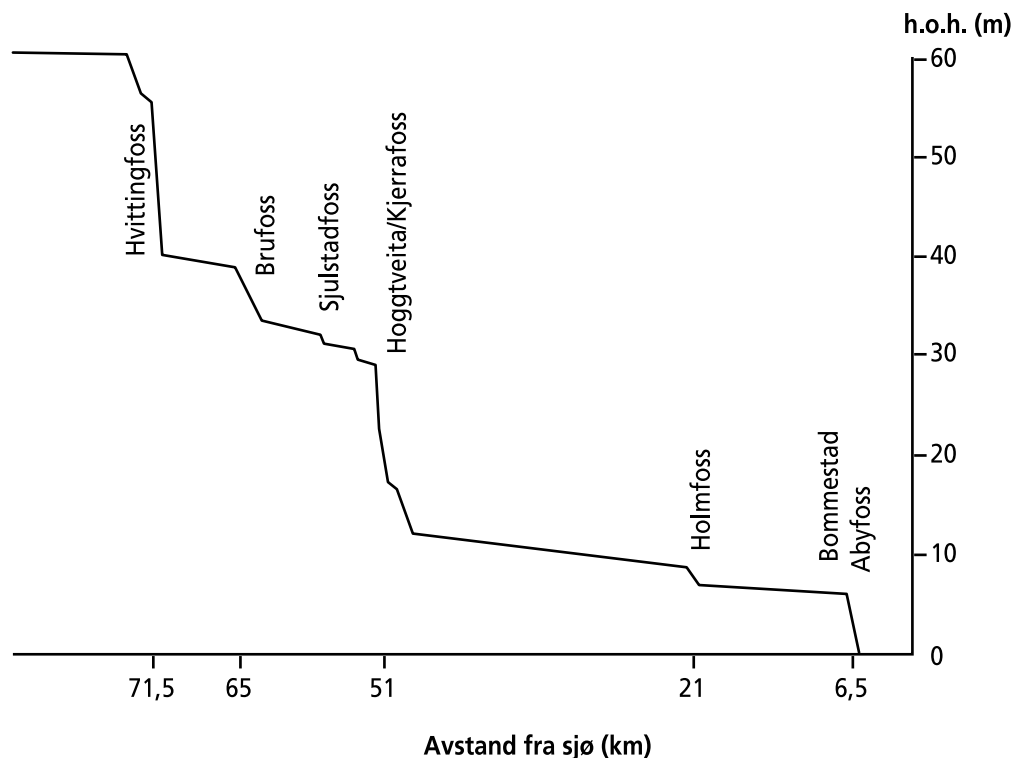
Undersøkelser av laksefangstene i 1986-1988 (Larsen 1989) viste at gjennomsnittlig smoltalder for laks var 2,6 år og smoltlengde 137 mm. De største andelene av laksen hadde vært ett eller to år i sjøen (henholdsvis 54 og 41 %), mens bare en liten andel hadde vært tre eller fire år i sjøen (henholdsvis 5 og 1 %). Det var en overvekt av hanner som hadde vært ett år i sjøen,

mens hunnene dominerte blant de som hadde vært to år i sjøen (Larsen 1989). Utvandrende smolt fanget med smolthjul ovenfor Holmfoss i 2003-2005 var dominert av tre år gammel smolt (Hvidsten mfl. 2005). Gjennomsnittlig smoltlengde i disse tre årene varierte mellom 128 og 131 millimeter, og hovedutvandringen av smolt skjedde i april og mai.

Ifølge Gunnerød & Sigholt (1982) forekommer gyting av laks spredt over hele vassdraget, men en rekke viktige gyteplasser og oppvekstplasser for laksunger finnes i den aller øverste delen av lakseførende strekning - opp mot Hvittingfoss. Ungfiskundersøkelser i 1985, 1986, 2003 og 2006 (Gunnerød & Larsen 1986, Larsen 1987, 2004, Larsen mfl. 2007) viste også at de høyeste tetthetene av laksunger forekom i de øvre deler av vassdraget. Fordelingen av ungfisk kan imidlertid ha sammenheng med at det er vanskelig å finne egnede stasjoner for innsamling av ungfisk ved bruk av elektrisk fiskeapparat i nedre deler av elva (Larsen 1989, 2004, Larsen mfl. 2007).



Figur 1. Lakseførende strekning av Numedalslågen. Lokalitet for fangst og radiomerking av laks i Larviksfjorden er vist med stjerne. Plassering av dataloggestasjoner som automatisk og kontinuerlig registrerte radiomerket laks som passerte ved Bommestad, Holmfoss og Hoggveita er vist med svarte rektangler.



Figur 2. Profil av lakseførende strekning av Numedalslågen og angivelse av de største fallene (omarbeidet etter Berdal og Hydroconsult 1983). (Avstander fra munning stemmer ikke helt overens med **vedlegg 1**, sannsynligvis fordi ulike nullpunkter er benyttet.)

2.3 Regulering

Tidligere var Numedalslågen et viktig tømmerfløtingsvassdrag, og vassdraget har vært regulert for kraftproduksjon siden omkring 1920. I dag er det til sammen seks magasinkraftverk og ni elvekraftverk overfor naturlig lakseførende strekning. Manøvreringsreglementet som ble fastsatt i den første konsesjonen, var basert på et fløtningsreglement fra 1914. Selv om fløtningen ble innstilt allerede i 1979, var fortsatt fløtningsbestemmelsene gjeldende da konsesjonen ble vurdert på nytt i 1994. Konsesjonen ble i påvente av sluttbehandling av søknad om fornyet konsesjon forlenget fram til 2001. I forhold til uregulert tilstand ble flommene både om våren/forsommeren og høsten dempet, og vannet fordelt utover året med en jevnere vannføring (Asvall 1993). Vintervannføringen ble som et resultat av dette høyere enn ved uregulert tilstand (Asvall 1993).

Ny konsesjon for fortsatt regulering av Numedalslågen ble gitt ved kongelig resolusjon av 18. mai 2001. Det tilhørende manøvreringsreglementet har bestemmelser om minstevannføring ved Skollenborg målestasjon i Numedalslågen nedstrøms Kongsberg (oppstrøms lakseførende strekning) (**tabell 1, figur 3**). Med det nye manøvreringsreglementet vil vannføringen vanligvis bli lavere fra 25. mai til 30. juni sammenlignet med det gamle fløtningsreglementet, fordi krav til slipp av fløtningsvann er fjernet (tidligere var minstevannføring 100 m³/s i denne perioden). I år med lave vannføringer vil det nye reglementet også medføre endringer i august og september i forhold til det gamle fløtningsreglementet, ved at høyere vannføringer er sikret (**figur 3**).

Vannføringen ved Skollenborg skal ifølge minstevannførbestemmelsene aldri være mindre enn 20 m³/s (**tabell 1, figur 3**). I perioden 25. mai - 30. juni er minstevannføringen fra Skollenborg 65 m³/s, i perioden 1.-31. juli 50 m³/s og i perioden 1.-31. august avtakende fra 50 til 40

m³/s. Dersom naturlig tilsig til Skollenborg i perioden 25. mai - 15. juli er større enn minste-
vannføringen, slippes imidlertid tilsiget, begrenset oppad til 80 m³/s. Dersom naturlig tilsig til
Skollenborg i perioden 16. juli til 15. august er større enn minstevannføringen, slippes tilsiget,
begrenset oppad til 60 m³/s.

Av årlig middelvannføring ved munningen av Numedalslågen ved Larvik, bidrar det uregulerte
nedbørsfeltet nedstrøms Skollenborg med 25 %. I tillegg bidrar feltene fra Norefjorden og ned
til Skollenborg med uregulert vannføring, slik at i sum er det midlere bidraget til årsmiddelvann-
føringen ved elvemunningen fra den uregulerte delen av nedbørsfeltet nesten 50 %. Da er ikke
feltene som er regulert i Gjuva/Vrenga tatt med. Vannføringen i Numedalslågen nedenfor Skol-
lenborg er derfor preget av variasjoner i nedbør og andre klimaforhold gjennom året, men
minst om vinteren da bidraget fra det uregulerte feltet er minst.

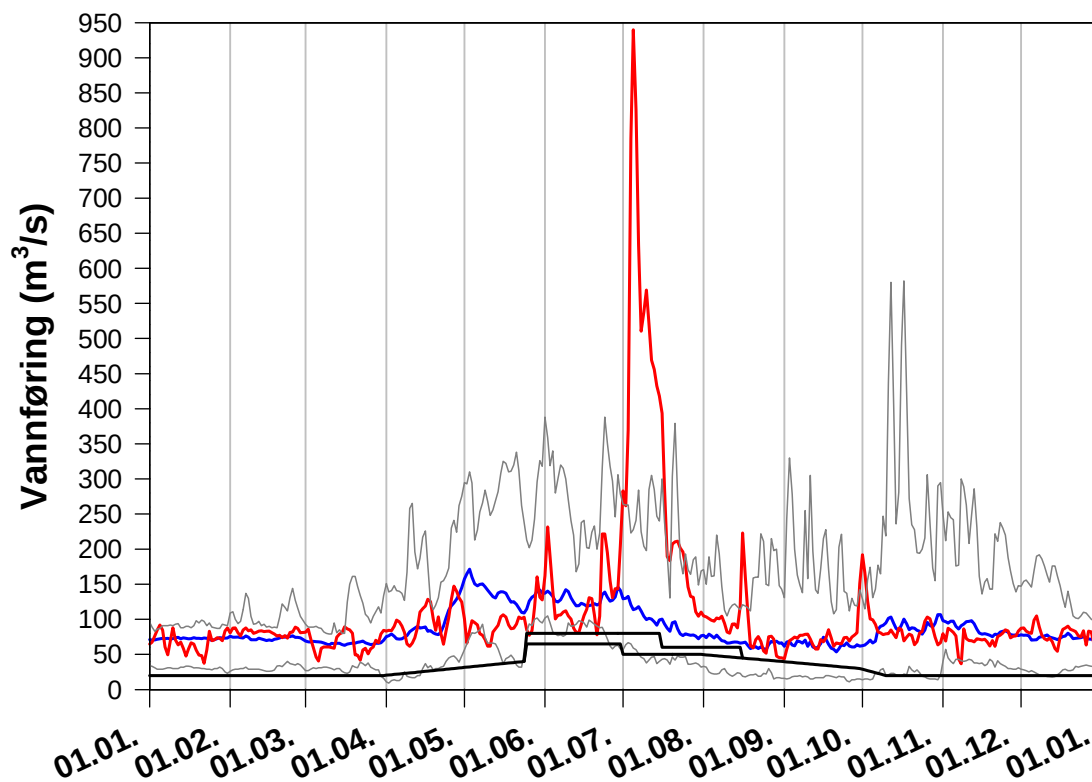
Vanntemperaturmålinger for vassdraget i uregulert tilstand finnes ikke (Asvall 1993). Ifølge
Asvall (1993) ville overgangen til nytt reglement trolig ikke medføre store endringer i is- eller
temperaturforhold i forhold til det gamle reglementet. Imidlertid kunne det, ifølge Asvall (1993),
forventes at vanntemperaturen ville øke raskere nedover i vassdraget ved det omsøkte regle-
mentet på varme dager i juni med lite tilsig fra restfeltet, slik at vanntemperaturen nederst i
vassdraget kunne bli opp til 3 °C høyere ved lave og midlere vannføringer, men ingen effekt
ved høyere vannføringer (Asvall 1993). Det omsøkte reglementet innebar at absolutt minste-
vannføring i perioden 25. juni - 25. juli skulle økes fra 30 til 50 m³/s. Imidlertid avviker det nye
reglementet fra det omsøkte, og absolutt minstevannføring i perioden 25. mai - 30. juni er 65
m³/s. Dette innebærer at en svært tørr juni vil medføre en temperaturøkning på inntil 2 °C ne-
derst i vassdraget, men normalt vil økningen bli mindre. Asvall (1993) påpekte at de naturlige
variasjoner fra år til år er større enn overgangen til det omsøkte reglementet kunne forventes å
medføre.

Tabell 1. Minstevannføringer som skal opprettholdes ved Skollenborg i hovedelva nedstrøms
Kongsberg, ifølge manøvreringsreglementet for Numedalslågen (fastsatt ved kongelig resolu-
sjon 18. mai 2001).

Periode	Minstevannføring
1. januar - 31. mars	20 m ³ /s
1. april - 24. mai	jevn opptrapping til minimum 40 m ³ /s
25. mai - 30. juni	65 m ³ /s*
1. juli - 31. juli	50 m ³ /s*
1. august - 31. august	jevn nedtrapping til minimum 40 m ³ /s*
1. september - 30. september	jevn nedtrapping til minimum 30 m ³ /s
1. oktober - 10. oktober	jevn nedtrapping til minimum 20 m ³ /s
11. oktober - 31. desember	20 m ³ /s

*Dersom naturlig tilsig til Skollenborg i perioden 25. mai til 15. juli er større enn minstevannføringen, slippes
tilsiget, begrenset oppad til 80 m³/s.

Dersom naturlig tilsig til Skollenborg i perioden 16. juli til 15. august er større enn minstevannføringen, slippes
tilsiget, begrenset oppad til 60 m³/s.



Figur 3. Midlere daglig vannføring for perioden 1984-2000 ved Skollenborg/Kongsberg i Numedalslågen (**tykk blå linje**), under gammelt minstevannføringsreglement. Absolutt og tilsigsavhengig minstevannføringskrav i henhold til det nye reglementet av 18. mai 2001 er inntegnet (**tykke svarte linjer**, se også **tabell 1**). Høyeste og laveste daglige vannføring i perioden 1984-2000 ved Skollenborg er også vist (**tynne grå linjer**), samt vannføringen i 2007 (**tykk rød linje**).



Huset, hvor dataloggeren var plassert ved Holmfoss, under flommen i juli 2007. Dataloggeren ble berget i siste liten før vannet flommet over. Foto: Ingar Aasestad.

3 MATERIALE OG METODER

3.1 Fangst og radiomerking av laks

Totalt ble 49 laks (11 hanner, 37 hunner og 1 ukjent kjønn) radiomerket i perioden 21. mai - 5. september 2007 (**tabell 2**). Total kroppslengde for merket laks var 50-100 cm (gjennomsnittlig 81 cm, $SD^1 = 9,2$ cm, **tabell 2**). Fisken ble merket spredt gjennom sesongen, ved ulike vannførrings- og vanntemperaturforhold i Numedalslågen (73-271 m³/s og 11-18 °C på merkedagen, **figur 4**). Laksen ble fanget i tre kilenøter nord for Kaffiholmen (også kalt Jordeholmen) i Larviksfjorden, 3,0 km fra elvemunningen ved bru over elva ved Fylkesvei 303. Det ble også lagt ned en stor innsats med bruk av drivgarn i elva for å kunne øke antallet merket fisk (målsettingen var å merke 80 laks). Fire laks ble fanget med drivgarn på strekningen Stubberød-Hegdal (nær munningen av Numedalslågen, nedstrøms Åbyfoss), transportert ut til oppbevaringsmerdene i sjøen (se nedenfor), og merket sammen med de andre. En av disse var fisk nr. 2 (frekvens 023, **tabell 2**) fanget i Rimstadhølen. De andre tre ble ikke individmerket før de ble satt i merd, men var blant laks som ble radiomerket før 22. juli.

Laksen ble oppbevart i merd ved fangstredskapene i sjøen i gjennomsnittlig seks dager (0-15 dager), før de ble merket med en radiosender. Utvendige radiosendere (modell F1970 fra Advanced Telemetry Systems, ATS, USA) ble festet til fisken med ståltråd gjennom ryggmuskulaturen like under ryggfinnen. Før merkingen ble fisken plassert ca 3 min i bedøvelse (2 phenoxy-ethanol EEC No 204 589-7, ca 0,5 ml per l vann). Under merkeprosedyren ble fisken holdt i et plastrør med hodet under vann. Etter at merkingen var ferdig, ble fisken satt i et plastkar i båten for å våkne etter bedøvelsen. Når fisken kunne svømme normalt, ble de sluppet ut i sjøen like ved oppbevaringsmerd. Senderne var tilnærmet flate og firkantede (ca 13 x 29 x 7 mm) og veide 4,3 g i luft og 2,1 g i vann. Signalene var i frekvensområdet 142.013-142.402 MHz. Individuer kunne kjennes igjen ved at senderne hadde en unik kombinasjon av frekvens og pulsrate. Pulsrate som ble benyttet var 40 og 55 pulser per minutt, og garantert levetid for senderne var henholdsvis 94 og 129 dager, avhengig av pulsrate. Batterikapasiteten var henholdsvis 189 og 258 dager (produsenten garanterer levetid for sendere til halvparten av batterikapasiteten, for å være på den sikre siden).

Resultater fra laks radiomerket i 2003 ble inkludert i noen analyser. I prinsippet ble samme metoder benyttet i begge undersøkelsesår, men for detaljer om fisk og metoder benyttet i 2003 henvises det til Thorstad mfl. (2004). I 2003 ble til sammen 58 villaks og 6 kultiverte laks merket, og både eksterne og interne sendere ble benyttet. Villaksen merket i 2007 var større enn villaksen merket i 2003 (Mann-Whitney U test, $U = 551,5$, $P = 0,005$). Villaksen ble dessuten merket senere i sesongen enn i 2003 ($U = 0,0$, $P < 0,001$), ved høyere vannføring ($U = 365,0$, $P < 0,001$) og ved lavere vanntemperatur på merkedato ($U = 470$, $P = < 0,001$).

¹ SD = standardavvik

Tabell 2. Individopplysninger om laks som ble radiomerket i Larviksfjorden utenfor Numedalslågen i 2007. Frekvenser indikert med A og B var sendere med henholdsvis pulsrate 40 og 55 pulser per minutt. Reg. = registrert.

Fisk nr	Merke dato	Frekvens 142.xxx MHz	Total kroppslengde cm	Kjønn	Kultivert	Ikke reg. etter utsetting	Reg. i Numedalslågen	Reg. i Drammenselva	Gjenfanget 1 = Numedalslågen stang sportsfiske 2 = Numedalslågen flåte 3 = Larvikfjorden kilenot 4 = Drammenselva stang sportsfiske 5 = Drammenselva trapp Hellefoss 6 = Drammenselva stamfiske Hellefoss	I Numedalslågen i gyteperioden (peiling 2. nov)
1	21. mai	13A	90	hunn			x			x
2	6. jun	23A	79	hunn			x		1	
3	6. jun	33A	82	hunn			x			x
4	6. jun	43A	100	hunn			x		1	
5	25. jun	51A	77	hunn			x			
6	25. jun	61A	86	hunn			x			x
7	25. jun	71A	78	hunn			x		1	
8	25. jun	112	81	?	x		x			x
9	22. jul	81A	77	hunn	x		x			x
10	22. jul	92A	78	hunn			x			
11	22. jul	103A	70	hunn			x			x
12	22. jul	121A	80	hunn			x	x	6	
13	22. jul	132A	76	hunn			x		2	
14	22. jul	142A	85	hunn	x		x	x	6	
15	22. jul	152A	79	hunn		x				
16	22. jul	171A	79	hann			x		1	
17	22. jul	181A	79	hunn			x			x
18	22. jul	192A	78	hunn	x		x		1	
19	22. jul	202A	85	hunn			x			x
20	22. jul	212A	83	hunn			x			x
21	9. aug	161A	78	hunn	x		x	x	5	
22	9. aug	222A	55	hann	x				3	
23	9. aug	231A	79	hunn			x			x
24	9. aug	241A	100	hann			x		2	
25	9. aug	251A	73	hunn			x		2	
26	9. aug	260A	80	hunn			x			x
27	9. aug	272A	70	hunn			x			x
28	9. aug	282A	98	hunn	x		x	x	4	
29	9. aug	292A	88	hann	x		x			x
30	9. aug	300A	50	hann					3	
31	9. aug	311A	84	hann	x		x			x
32	9. aug	321A	93	hann			x		1	
33	9. aug	331A	78	hunn			x		1	
34	9. aug	341A	85	hunn			x		2	
35	9. aug	351A	87	hunn	x		x			x
36	9. aug	361A	95	hunn	x	x				
37	9. aug	371A	84	hunn	x				3	
38	9. aug	381A	90	hunn			x			x
39	19. aug	390A	86	hann	x				3	
40	19. aug	402A	86	hann	x			x		
41	19. aug	13B	70	hann			x			
42	19. aug	23B	82	hann			x			x
43	19. aug	33B	78	hunn	x		x		1	
44	19. aug	43B	86	hunn	x		x			x
45	19. aug	51B	85	hunn	x		x	x		
46	19. aug	61B	84	hunn			x			x
47	19. aug	71B	79	hunn			x			x
48	19. aug	81B	85	hunn	x			x	4	
49	5. sep	92B	74	hann	x		x		1	

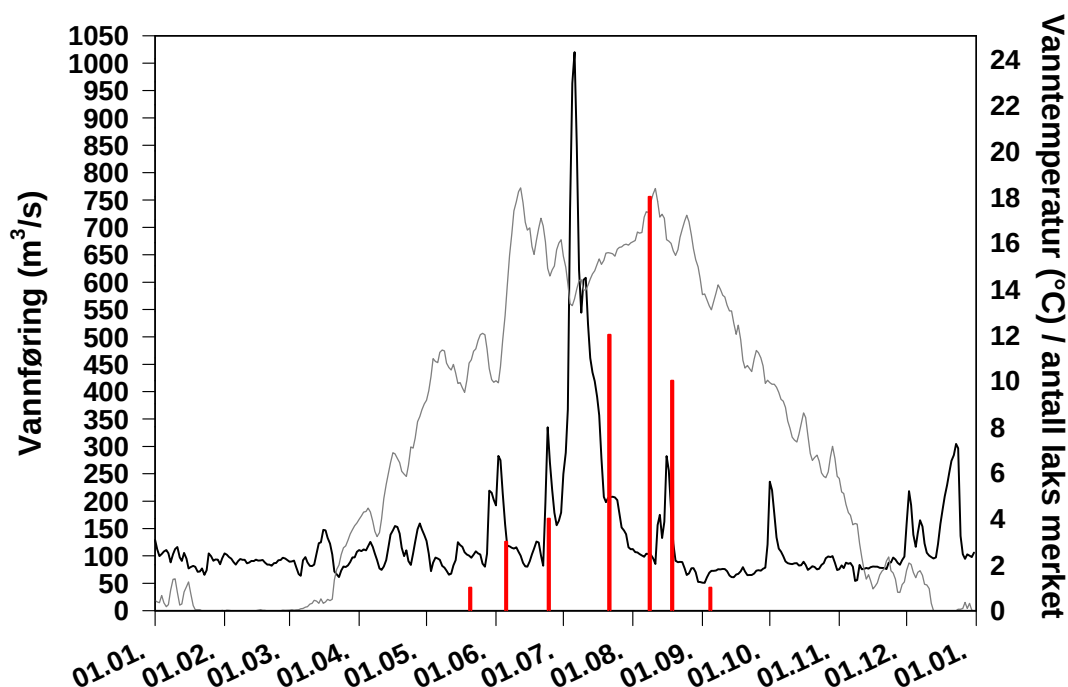


Flommen i juli 2007 medførte midlertidig stans i fisket i Larviksfjorden, og ga store problemer med kvist og annet rask som samlet seg i oppbevaringsmerd (øverst) og kilenøter (nederst). Foto: Ingar Aasestad.

3.2 Registrering av laks etter merking og bearbeiding av data

Etter merking ble laksen registrert ved 1) manuell peiling langs hele lakseførende strekning av Numedalslågen, 2) automatiske lyttestasjoner ved Bommestad, Holmfoss og Hoggteveita i Numedalslågen, 3) rapportering av gjenfangster i sjø- og elvefisket, og 4) manuell peiling langs Drammenselva 18. september og 21.-22. november 2007.

Manuelle peilinger (mottaker modell R2100, ATS) i Numedalslågen ble gjennomført hver tredje dag i perioden 27. mai - 21. oktober 2007, og deretter ca én gang i uka fram til 28. desember 2007. Ved peiling ble fisken posisjonert med en minimumsnøyaktighet på ± 150 m. Posisjoner ble plottet på et kart med målestokk 1: 50 000. Posisjoner ble senere beregnet som avstand fra elvemunningen (det vil si fra bru over elva ved fylkesvei 303) langs midten av elva. Vandringshastigheter som er beregnet i rapporten må betraktes som minimumshastigheter, fordi de er basert på antakelsen om at laksen har fulgt korteste vei mellom posisjoner hvor de ble peilet. I virkeligheten kan laksen ha vandret opp- og nedstrøms på strekninger mellom peilingene uten at dette er registrert, og de egentlige vandringshastighetene kan i realiteten være høyere.



Figur 4. Antall laks radiomerket og sluppet i Larviksfjorden ved ulike datoer i 2007 (røde søyler) i forhold til vannføring (svart linje) og vanntemperatur (grå linje) i Numedalslågen, målt ved henholdsvis Holmfoss og Bommestad.

Hagnesvassdraget, det største lakseførende sidevassdraget til Numedalslågen, er delvis vanskelig tilgjengelig for peiling og har to innsjøer hvor laksen kan stå så dypt at signaler ikke høres. Deler av vassdraget som kunne dekkes med bil ble peilet regelmessig fra 13. august - 1. desember.

Dataloggere (modell DCCII fra ATS) som automatisk og kontinuerlig registrerte radiomerket fisk innenfor et definert rekkeviddeområde ble installert ved Bommestad, Holmfoss og Hoggteveita. Formålet med loggeren ved Bommestad var å registrere når laks kom opp i elva. Loggeren ble ikke plassert lengre ned mot elvemunningen fordi saltvann tidvis kan komme opp til

Åbyfoss, og radiosignaler overføres ikke i saltvann. Hvor lenge fisk oppholdt seg nedenfor Åbyfoss ble derfor ikke registrert ved hjelp av datalogging, men ble basert på manuelle peilinger. De to øvrige dataloggerne registrerte hvor lenge fisken oppholdt seg nedenfor de potensielle vandringshindrene Holmfoss og Hoggteveita. På grunn av tekniske problemer var dataloggeren ved Bommestad ute av drift i perioden 15.-22. august, ved Holmfoss i perioden 19.-22. august, og ved Hoggteveita i perioden 31. juli - 13. august. Dette medførte at noen fisk ble utelatt fra ulike analyser. Vi antar imidlertid at det var tilfeldig hvilke individer som ble utelatt fra analysene på grunn av tekniske problemer, og at dette sannsynligvis ikke hadde følger for konklusjonene.

Skjellprøve (2-3 skjell fra hver laks) ble tatt av laksen ved merking. På bakgrunn av skjellanalysene ble ingen laks karakterisert som rømt oppdrettslaks, men 19 laks (39 %) hadde sannsynligvis kultiveringsbakgrunn (klassifisert som "utsatt eller rømt som smolt", **tabell 2**). Det var ingen forskjell i kroppslengde mellom villaks og kultivert laks (Mann-Whitney U test, $U = 222,5$, $P = 0,20$). Den kultiverte laksen ble merket senere i sesongen enn villaksen (Mann-Whitney U test, $U = 164,0$, $P = 0,010$), men verken vannføring eller vanntemperatur på merkedatoen var forskjellig mellom de to gruppene (Mann-Whitney U test, vannføring: $U = 240,0$, $P = 0,34$, vanntemperatur: $U = 221,0$, $P = 0,17$). Rømt oppdrettslaks eller kultivert laks kan ha en avvikende vandringsatferd (se Heggberget mfl. 1996, Thorstad mfl. 1996, 1998, 2008). De fleste analyser ble derfor foretatt for villaks og kultivert laks separat. Ved for eksempel passering av vandringshindre vil imidlertid resultater fra all laks, selv om de ikke har vokst opp i vassdraget, gi informasjon om ved hvilke vannføringer og vanntemperaturer disse vandringshindrene er fysisk mulige å passere.

Laksen i klekkeriet i Numedalslågen strykes i perioden 10.-15. november (Heggberget 1988 og egne observasjoner av Ingar Aasestad), og fisken er moden i ca 18 dager (Heggberget 1988). Naturlig gyting i elv starter vanligvis litt tidligere enn laksen strykes i klekkeri (Heggberget 1988). Vi har derfor antatt at hovedgytingen i Numedalslågen foregikk før den 10. november, og har vurdert at peiling 2. november er representativ for laksens oppholdssted under gytingen.

3.3 Modellering av miljøforhold ved passering av vandringshindre

Hensikten med modellene er å kunne angi sannsynligheten for at en oppvandrende laks passerer et gitt vandringshinder, basert på miljøvariablene *Vannføring*, *Endring i vannføring*, *Vanntemperatur* og *Endring i vanntemperatur*, individvariablene *Lengde*, *Kjønn*, *Type* (vill eller kultivert) og *Sender* (intern eller ekstern) og sesongvariablene *Dagnummer* og "*Ventedager under vandringshinderet*" (dvs. antall dager fra første registrering under vandringshinderet). Daglig nedbør registrert ved Larvik og Kongsberg og lufttrykk registrert ved Kongsberg ble forsøkt inkludert i modellen, men bidro ikke til noen bedre forklaringsgrad. Modellene som ble benyttet er generaliserte lineære modeller (GLM; se f.eks. Dobson 1990) av binomisk familie når responsvariabelen Y er en sannsynlighet og av gaussisk familie når responsvariabelen antas tilnærmet normalfordelt. Modellen ser da ut som følger:

$$g(Y) = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \varepsilon$$

hvor $g(Y)$ angir linkfunksjonen (for binomisk respons benyttes logit-funksjonen), X_i 'ene forklaringsvariablene, β_i koeffisientene i modellen og ε tilfeldig feil. Modellene er basert på vill og kultivert laks både fra 2003 og 2007.

Vandringshindrene som hadde tilstrekkelig antall passeringer og presisjon i passeringstidspunktet for modellering var Holmfoss og Hoggteveita (**figur 1**). Holmfoss ble passert av 16 merkede villaks i 2003, og 12 villaks og 5 kultiverte laks i 2007. Hoggteveita ble passert av 8 villaks i 2003 og 7 villaks i 2007.

Modelleringen ble utført i den statistiske programvaren R (fritt tilgjengelig fra for eksempel <http://lib.stat.cmu.edu/R/CRAN/>). Variabelutvelgelsen under modelleringen var en avveining mellom biologiske vurderinger og optimalisering av statistiske modellkriteria, hovedsakelig AIC (Akaikes Information Criterion; se for eksempel Sakamoto mfl. 1986) og R^2 .

3.4 Vannføring og vanntemperatur

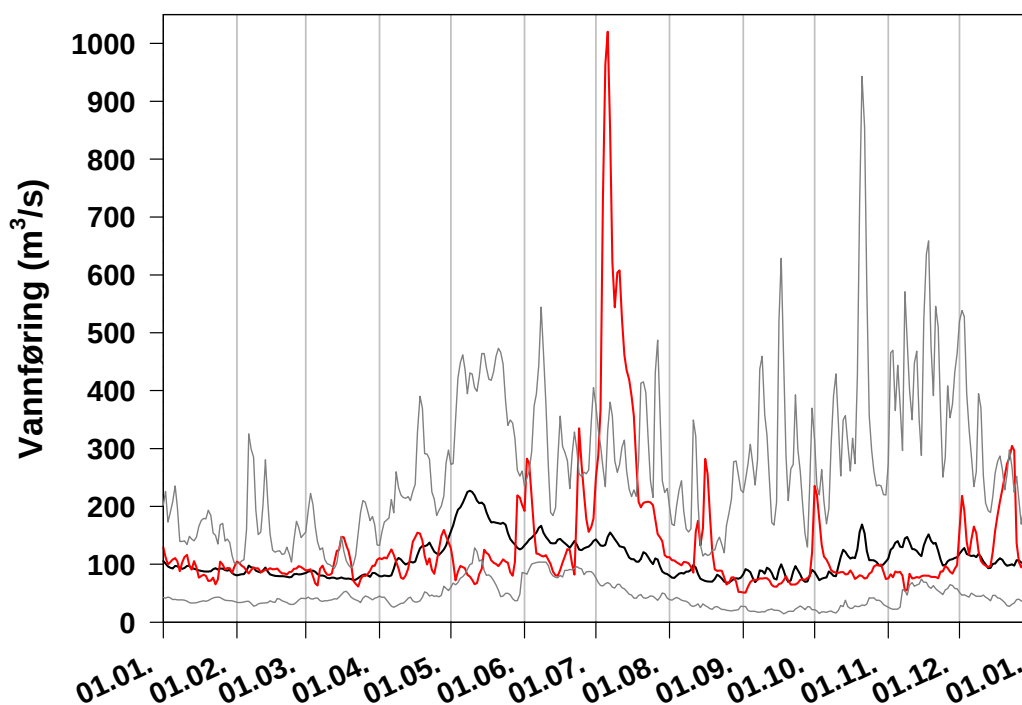
Vannføringsdata fra Skollenborg/Kongsberg er skaffet til veie av Buskerud Kraftproduksjon AS for perioden 1984-2000 og Statkraft Energi AS for 2007. Vanntemperaturdata fra Bommestad, nederst i Numedalslågen, og vannføringsdata fra Holmfoss er skaffet til veie av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

I analyser som omfatter vannføring er vannføring registrert ved Holmfoss benyttet. Vannføringen ved Holmfoss varierte mellom 51 og 1020 m³/s i oppvandringsperioden, med månedlige gjennomsnitt fra 71 til 387 m³/s i perioden mai-oktober (**figur 5, tabell 3**). Vannføringen var preget av flom i siste del av juni og hele juli. Vannføringer i oppvandringsperioden var langt over gjennomsnittet for perioden 1984-2000, med unntak av en periode i juni (**figur 6**). Dette er til forskjell fra undersøkelsesåret 2003, da vannføringen i Numedalslågen stort sett var lavere enn gjennomsnittet for perioden 1984-2000 i oppvandringsperioden for laks, bortsett fra noen få topper (**figur 6**). Vanntemperaturen varierte mellom 10 og 18 °C i perioden juni-september 2007, og sank til 1-2 °C i november (**figur 4**).

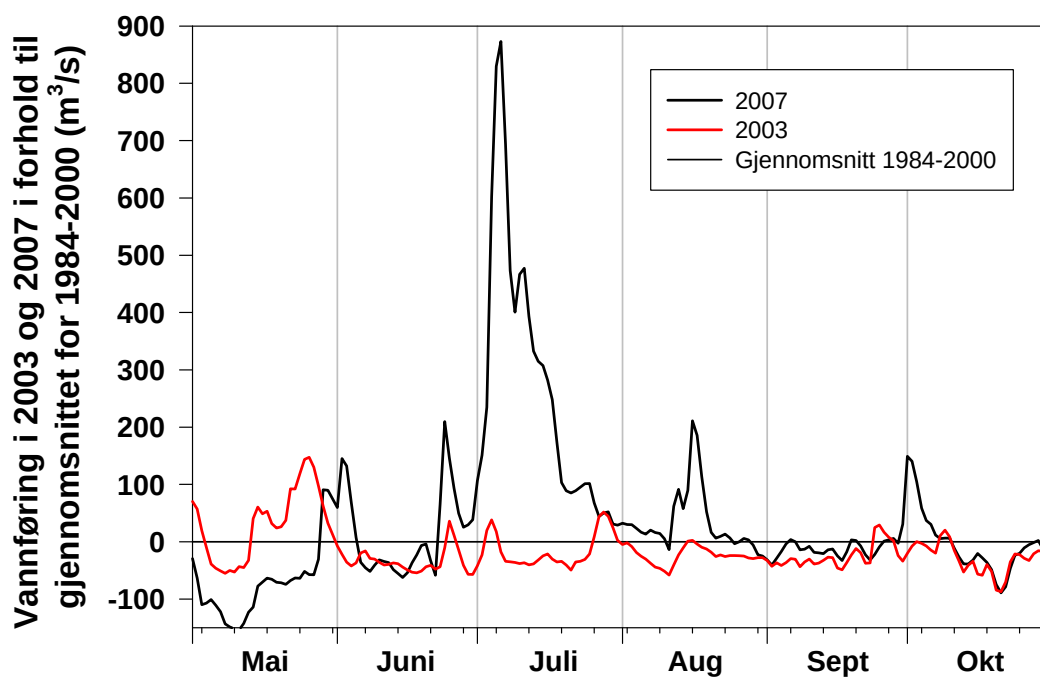
Tabell 3. Daglig vannføring i Numedalslågen ved Holmfoss gitt som månedlige gjennomsnitt for mai-oktober 2007 med minimum- og maksimumverdi. Median med 25 og 75 persentil er også gitt.

Måned	Gjennomsnittlig vannføring (m ³ /s)	Minimum vannføring (m ³ /s)	Maksimum vannføring (m ³ /s)	Median* vannføring (m ³ /s)	25-persentil* (m ³ /s)	75-persentil* (m ³ /s)
Mai	107	66	219	100	83	108
Juni	153	80	335	121	103	194
Juli	387	112	1020	289	202	544
August	112	52	282	101	78	122
September	71	51	121	72	65	75
Oktober	101	74	235	87	82	99

*Median er midtverdien, og det betyr at halvparten av dagene hadde lavere og halvparten av dagene høyere vannføring enn medianverdien. En fjerdedel av dagene hadde lavere vannføring enn 25-persentilen og en fjerdedel av dagene hadde høyere vannføring enn 75-persentilen.



Figur 5. Gjennomsnittlig daglig vannføring for perioden 1984-2000 ved Holmfoss i Numedalslågen (tykk svart linje), under gammelt minstevannføringsreglement. Høyeste og laveste daglige vannføring i perioden (grå linjer) er også vist, samt vannføringen i 2007 (rød linje).



Figur 6. Vannføring i Numedalslågen ved Holmfoss i perioden 1. mai - 1. november 2003 og 2007 i forhold til gjennomsnittet for perioden 1984-2000. Negative verdier viser lavere vannføring i 2007/2003 enn gjennomsnittet (null-punktet), mens positive verdier viser høyere vannføring enn gjennomsnittet.

4 RESULTATER

4.1 Andeler laks registrert etter merking og gjenfangster

Totalt ble 47 av 49 radiomerkede laks (96 %) registrert etter merking ved peiling og/eller rapporterte gjenfangster, og 41 laks (84 %) ble registrert i Numedalslågen (**tabell 2**). Vi vet ikke hva som skjedde med de to fiskene som aldri ble registrert (én vill og én kultivert), men de kan ha vandret opp i vassdrag som ikke ble peilet, blitt gjenfanget uten at det ble rapportert, feil kan ha oppstått med radiosenderne (vår erfaring er imidlertid at dette skjer veldig sjelden), eller de kan ha dødd i sjøen. For detaljerte beskrivelser av enkeltindividens skjebne, henvises det til **tabell 2** og **vedlegg 1**.

4.1.1 Laks registrert i Numedalslågen

Av 41 laks som ble registrert i Numedalslågen, var 28 villaks og 13 kultiverte laks (**tabell 2**). Fjorten villaks og seks kultiverte laks ble registrert i Numedalslågen helt fram til gyteperioden (**tabell 2**, **vedlegg 1**). I tillegg var trolig én villaks (nr. 5) i Hagnesvassdraget, som er sidevassdrag til Numedalslågen, under gyteperioden.

4.1.2 Laks med kultiveringsbakgrunn

Av 19 laks med mulig kultiveringsbakgrunn, var det 1 laks som ikke ble registrert etter merking, 3 som ble gjenfanget i sjøen, 13 som vandret opp i Numedalslågen, mens de to siste ble registrert i Drammenselva (**tabell 2**). Imidlertid var det fire av de som først vandret opp i Numedalslågen som senere vandret ut i sjøen igjen og deretter til Drammenselva. Dette skjedde etter at de hadde oppholdt seg i Numedalslågen i henholdsvis 4, 8, 21 og 48 dager (siste registrering i Numedalslågen i perioden 13. august - 9. september). Det var derfor totalt 6 av 19 kultiverte laks (32 %) som ble registrert i Drammenselva til slutt. Som beskrevet ovenfor, var det altså seks av 19 kultiverte laks (32 %) som var igjen i Numedalslågen under gyteperioden (se opplysninger om gjenfangster nedenfor).

4.1.3 Gjenfangster

Av totalt 30 merkede villaks, ble 12 (40 %) rapportert gjenfanget (**tabell 2**). Seks (20 %) ble fanget med stang under sportsfiske i Numedalslågen, fire (13 %) med tradisjonelle fangstredskaper (alle flåtefiske) i Numedalslågen, én (3 %) i kilenot i Larvikfjorden, og én (3 %) ble fanget under stamfiske i Drammenselva. I tillegg ble én laks (laks nr. 27, **tabell 2**) fanget 3. november under stamfiske i Numedalslågen på flue, men den ble umiddelbart satt ut igjen da det viste seg at den var radiomerket (senderen satt fint).

Beskatningsraten for villaks som gikk opp i Numedalslågen ($n = 28$) var 36 % ($n = 10$), fordelt på 21 % ($n = 6$) under sportsfiske med stang og 14 % ($n = 4$) under fiske med tradisjonelle fangstredskaper (alle flåtefiske) (**tabell 2**). Villaksen som ble gjenfanget i sportsfisket, ble fanget gjennomsnittlig 35 dager etter merking (variasjonsbredde 10-72 dager) og gjennomsnittlig 33 dager etter at de første gang ble registrert i elva (variasjonsbredde 6-70 dager). Laksen som ble gjenfanget med tradisjonelle redskaper, ble fanget gjennomsnittlig ni dager etter merking (variasjonsbredde 4-13 dager) og gjennomsnittlig ni dager etter at de første gang ble registrert i elva (variasjonsbredde 3-13 dager).

Av totalt 19 kultiverte laks, ble 10 (53 %) rapportert gjenfanget (**tabell 2**). Av disse ble tre (16 %) fanget med stang under sportsfiske i Numedalslågen, tre (16 %) i kilenot i Larvikfjorden, to (11 %) med stang under sportsfiske i Drammenselva, én (5 %) under stamfiske i Drammenselva, og én (5 %) i laksetrappa i Hellefoss i Drammenselva. Beskatningsraten for kultivert laks som gikk opp i Numedalslågen var 23 % (3 av 13).

4.1.4 Laks registrert i Drammenselva

Til sammen sju merkede laks ble registrert i Drammenselva (**tabell 2**). Av disse hadde seks kultiveringsbakgrunn (se kap. 4.1.2), mens én var villaks som først ble registrert i Numedalslågen gjennom en periode på 66 dager (siste registrering i Numedalslågen 27. september), men som senere vandret til Drammenselva og ble fanget under stamfisket. Dette betyr at fem av sju laks som ble registrert i Drammenselva ble fanget under sportsfiske, stamfiske eller i trappa i Hellefoss.

4.2 Vandringshastigheter og vandringsmønster

4.2.1 Tid fra utsetting til første registrering i Numedalslågen

Tid fra villaksen ble sluppet i Larviksfjorden til de første gang ble registrert i elva, enten ved registrering ved dataloggeren ved Bommestad eller ved at de ble peilet lengre nede i elva, varierte mellom 4,5 timer og 71 dager, med et gjennomsnitt på 4,3 dager (**tabell 4**). Minimum vandringshastighet fra villaksen ble sluppet til de første gang ble registrert i elva var gjennomsnittlig 10,6 km per dag. Det var ingen forskjell mellom villaks og kultivert laks i vandringshastighet fra slipp til første registrering i elva (Mann-Whitney U test, $U = 178,0$, $P = 0,92$, **tabell 4**).

Tabell 4. Tid og minimum vandringshastigheter fra utsetting av radiomerket laks i Larviksfjorden til første registrering i Numedalslågen i 2007, enten ved registrering ved dataloggeren ved Bommestad eller ved manuell peiling lengre ned. Resultater er gitt som gjennomsnitt med variasjonsbredde, standardavvik og antall fisk i parentes.

Gruppe fisk	Tid (timer) fra utsetting til første registrering i elva	Vandringshastighet (km per dag) fra utsetting til første registrering i elva
Villaks	103 (4,5-1692, SD = 315, n = 28)	10,6 (0.12-34,4, SD = 10,3, n = 28)
Kultivert laks	35 (4,8-95, SD = 29, n = 13)	9,6 (1,6-28,5, SD = 8,5, n = 13)

I 2003 fant vi at vannføringen i Numedalslågen på utsettingsdagen forklarte 35 % av variasjonen i tid fra utsetting til første registrering i elva (Thorstad mfl. 2004). I 2007 ble *Vandringshastighet* (km/dag) benyttet som responsvariabel, siden dette ble vurdert som et mer robust mål på tidsforbruk. Dette fordi fisken ved første gangs registrering i vassdraget ble registrert ved lyttestasjon ved Bommestad, eller ved manuell peiling som ble utført med tre dagers intervaller. Ved bruk av *Vandringshastighet* forsøkte vi å kompensere for at både sted og tid for registrering varierte mellom fisk. Vandringshastighet fra utsetting til første registrering i elva ble log-transformert for å få en tilnærmet normalfordelt responsvariabel.

I 2007 fant vi at tid på sesongen (*Dagnummer*) forklarte mest av variasjonen i tid fra utsetting til første registrering i elva ($R^2 = 30\%$). En multivariat modell hvor noen av de andre forklaringsvariablene (se kap. 3.3) ble inkludert ga ikke noen bedre forklaringsgrad, og *Vannføring* hadde ingen betydning for *Vandringshastigheten*. Den beste modellen for begge årene samlet var den univariate modellen basert på *Dagnummer* ($R^2 = 14\%$). For alle modellene drives sammenhengene av noen få individer, slik at modellenes prediktive egenskaper er tvilsomme.

4.2.2 Fordeling i elva

Den merkede laksen spredte seg langs hele elva opp til Hvitvingfoss (**vedlegg 1**). Totalt passerte 26 villaks og 12 kultiverte laks Åbyfoss, 12 villaks og 5 kultiverte laks passerte Holmfoss, og 7 villaks passerte Hoggveita. Som beskrevet ovenfor oppholdt 14 villaks og 6 kultiverte laks seg i Numedalslågen helt fram til gyteperioden (**figur 7**). Åtte av villaksen (57 %) og fem av den kultiverte laksen (83 %) var oppstrøms Holmfoss i gyteperioden, mens fire av villaksen (29 %) var oppstrøms Hoggveita.

Øverste registrerte posisjon for laksen som var i Numedalslågen i gyteperioden var gjennomsnittlig 36 km fra elvemunningen for villaksen (variasjonsbredde 19-62 km, SD = 16, n = 14) og 38 km for den kultiverte laksen (variasjonsbredde 19-46 km, SD = 11, n = 6). Øverste registrerte posisjon var ikke forskjellig mellom villaksen og den kultiverte laksen (Mann-Whitney U test, U = 39,0, P = 0,80). All laks slapp seg noe nedover i elva igjen til gyteperioden i forhold til øverste registrerte posisjon, unntatt to villaks og én kultivert laks som hadde høyeste registrerte posisjon i gyteperioden. I gyteperioden (ved peiling 2. november) var villaksen gjennomsnittlig 32 km (variasjonsbredde 4-61 km, SD = 20, n = 14) og den kultiverte laksen 33 km (variasjonsbredde 6-44 km, SD = 14, n = 6) fra elvemunningen (**figur 7**). Villaks og kultivert laks var ikke forskjellig fordelt i elva i gyteperioden med hensyn til avstand fra elvemunning (two-sample Kolmogorov-Smirnov Test, Z = 0,73, P = 0,66). Posisjon i gyteperioden gitt som avstand fra munning var ikke avhengig av merkedato for villaksen (lineær regresjon, $r^2 = 0,20$, P = 0,11), men det var en nær signifikant negativ sammenheng når villaks og kultivert laks ble analysert sammen (det vil si at tidlig merket laks vandret lengst opp i vassdraget, lineær regresjon, $r^2 = 0,15$, P = 0,087). Det var heller ingen sammenheng mellom villaksens kroppslengde og avstand fra munning i gyteperioden ($r^2 = 0,047$, P = 0,46).

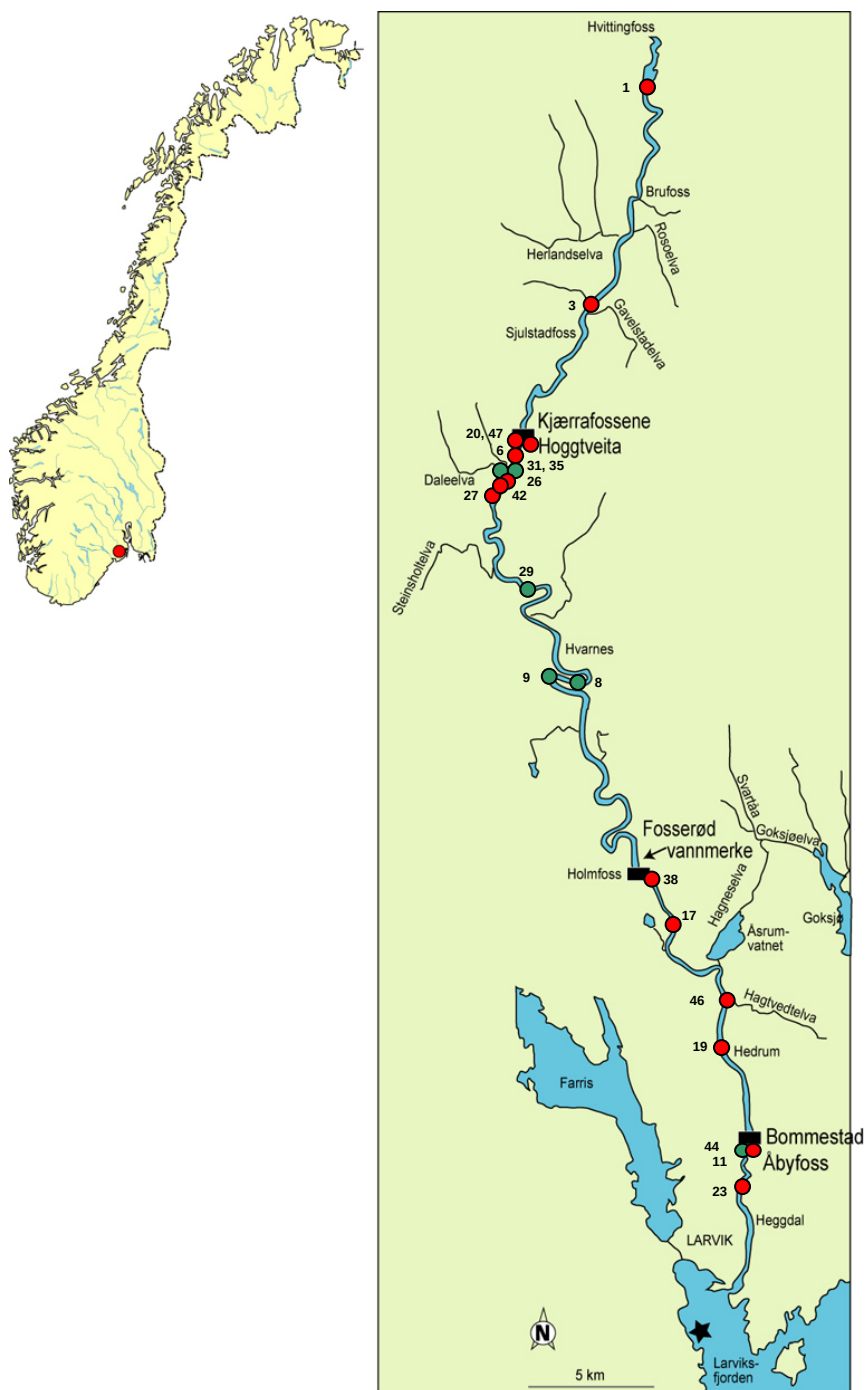
Villaksen nådde sin øverste posisjon i elva gjennomsnittlig 58 dager (variasjonsbredde 10-144 dager, SD = 36, n = 14) etter merking og utsetting i sjøen, og gjennomsnittlig 55 dager (variasjonsbredde 9-138 dager, SD = 36, n = 14) etter at de første gang ble registrert i elva. Gjennomsnittlig vandringshastighet fra første registrering i elva til øverste posisjon var 0,8 km/dag (variasjonsbredde 0,2-1,6 km/dag, SD = 0,6). Villaksen nådde sin øverste posisjon i elva i perioden 14. juni - 2. november. Halvparten av villaksen hadde nådd sin øverste posisjon 18. september. Den kultiverte laksen nådde sin øverste posisjon i elva gjennomsnittlig 63 dager (variasjonsbredde 24-100 dager, SD = 27, n = 6) etter merking og utsetting i sjøen, og gjennomsnittlig 62 dager (variasjonsbredde 21-99 dager, SD = 27, n = 6) etter at de første gang ble registrert i elva. Gjennomsnittlig vandringshastighet fra første registrering i elva til øverste posisjon var 0,6 km/dag (variasjonsbredde 0,4-0,8 km/dag, SD = 0,2). Den kultiverte laksen nådde sin øverste posisjon i elva i perioden 12. september - 2. november. Halvparten av den kultiverte laksen hadde nådd sin øverste posisjon 27. september.

4.2.3 Identifisering av vandringshindre

De viktigste lokalitetene hvor laksen stanset under oppvandringen var Åbyfoss, Holmfoss og Hoggveita (**vedlegg 1**). Holmfoss og Hoggveita framstod som det tydeligste vandringshindrene ved de vannføringer og vanntemperaturer som var gjeldende denne sesongen. Bortsett fra Åbyfoss, Holmfoss og Hoggveita var det ingen av fallstrekningene i elva eller andre lokaliteter hvor flere laks stanset i lengre perioder under oppvandringen.

Ved Åbyfoss passerte 64 % av villaksen (16 av 25) og 58 % av den kultiverte laksen (7 av 12) i løpet av de første tre dagene etter at de første gang ble registrert nedenfor fossen. De øvrige ni villaks oppholdt seg nedenfor eller i Åbyfoss i gjennomsnittlig åtte dager (variasjonsbredde 2-21 dager, SD = 6,0), og de øvrige fem kultiverte laks i gjennomsnittlig fire dager (variasjonsbredde 2-9 dager, SD = 2,7) (nøyaktigheten på disse resultatene varierer mellom ± 1 og ± 3 dager siden de er basert på manuelle peilinger). Det var ingen forskjell i merkedato eller kroppslengde mellom villaks som stanset i kortere og lengre tid enn tre dager ved Åbyfoss (Mann-Whitney U-tester, dag nr: U = 48,0, P = 0,16, kroppslengde: U = 69,5, P = 0,89). Fem villaks og fire kultiverte laks vandret opp og nedstrøms i dette området, og vandret opp Åbyfoss

opp til fire ganger (**vedlegg 1**). I tillegg var tre villaks og én kultivert laks midt oppe i fossen én-to ganger og slapp seg ned igjen før de endelig passerte hele fossepartiet.



Figur 7. Fordeling av radiomerkede villaks (●, $n = 14$) og kultivert laks (●, $n = 6$) i Numedalslågen i gyteperioden (ved peiling 2. november) i 2007. Fiskenumre tilsvarer frekvens i tabell 2. Stjerne viser lokalitet for fangst og radiomerking av laks i Larviksfjorden. Svarte rektangler ved Bommetstad, Holmfoss og Hoggteita viser plassering av dataloggestasjoner som automatisk og kontinuerlig registrerte radiomerket laks som passerte.

En trededel av villaksen (4 av 12, 33 %) som passerte Holmfoss stanset lengre enn 20 dager nedenfor fossen (**tabell 5**). Gjennomsnittlig tok det 15 dager fra villaksen ble registrert første gang ved Holmfoss til de passerte fossen (variasjonsbredde 0.23-28 dager, SD = 9,2). Av den kultiverte laksen som passerte Holmfoss, stanset 40 % (to av fem) lengre enn 20 dager nedenfor fossen. Gjennomsnittlig tok det 29 dager fra den kultiverte laksen ble registrert første gang ved Holmfoss til de passerte fossen (variasjonsbredde 10-78 dager, SD = 29). En del laks (seks av tolv villaks, 50 %, og to av fem kultiverte laks, 40 %) viste et urolig vandringsmønster i dette området. De stod ikke i ro i hølen nedenfor Holmfoss men vandret ned- og oppstrøms på elvestrekningene nedenfor Holmfoss over distanser på opp til 3,7 km for villaksen, mens en kultivert laks var en tur helt ute i sjøen igjen (distanse > 19,3 km). Ingen laks passerte Holmfoss på vei oppstrøms mer enn én gang.

Tabell 5. Vannføring ved passering av Holmfoss i Numedalslågen for radiomerket laks i 2007. Vannføringen på dager da laksen ble registrert i kulpen nedenfor Holmfoss uten at de passerte fossen er gitt som gjennomsnitt, med variasjonsbredde, standardavvik og antall dager registrert i kulpen nedenfor Holmfoss i parentes. Antall dager fra første registrering i kulpen nedenfor Holmfoss til passering av fossen er også gitt. Fiskenummer er de samme som er benyttet i **tabell 2**.

Fisk nr.	Vannføring (m ³ /s) ved passering	Vannføring ved passering i forhold til dagen før	Vannføring (m ³ /s) på dager fisken ble registrert i kulpen nedenfor Holmfoss uten å passere	Antall dager fra første registrering i kulpen nedenfor Holmfoss til passering
Villaks:				
1	101	ned	142 (80-283, SD = 61, n = 22)	22
2	82	ned	102 (80-126, SD = 18, n = 8)	8
3	461	ned	236 (82-733, SD = 156, n = 16)	24
6	152	ned	219 (164-357, SD = 51, n = 13)	28
10	122	ned	112 (85-184, SD = 25, n = 15)	20
20	162	opp	114 (85-175, SD = 27, n = 12)	13
26	69	opp	79 (51-184, SD = 35, n = 15)	17
27	72	ned	75 (73-76, SD = 1, n = 5)	6
32	95	ned	- (n = 0)	0
34	162	opp	154 (133-175, SD = 30, n = 2)	2
42	61	jevn	73 (61-89, SD = 8, n = 14)	24
47	69	opp	68 (51-89, SD = 14, n = 13)	13
Kultivert laks:				
8	133	ned	112 (85-175, SD = 28, n = 11)	10
9	68	opp	68 (61-79, SD = 6, n = 13)	14
29	68	opp	67 (61-79, SD = 6, n = 11)	13
31	98	jevn	94 (51-282, SD = 47, n = 75)	78
35	235	opp	72 (61-121, SD = 11, n = 28)	27

For de sju villaks som passerte Hoggveita, tok det gjennomsnittlig 15 dager fra første registrering under Hoggveita til de passerte Hoggveita (variasjonsbredde 1,3-38 dager, SD = 16, **tabell 6**). Videre passerte fire av laksen Kjærrefossene raskt (to laks passerte Kjærrefossene mindre enn tre dager etter passering av Hoggveita og to laks 3-6 dager etter). De øvrige tre ble stående mellom Hoggveita og Kjærrefossene, eller slapp seg nedover i elva igjen. Den ene som ble stående mellom Hoggveita og Kjærrefossene kan ha mistet senderen i dette området. To av sju laks som passerte Hoggveita viste et urolig vandringsmønster og stod ikke i ro i hølen nedenfor Hoggveita men vandret ned- og oppstrøms på elvestrekningene nedenfor Hoggveita over distanser på opp til 1,8 km. Ingen laks passerte Hoggveita eller Kjærrefossene på vei oppstrøms mer enn én gang.

Med unntak av laks som vandret ned- og oppstrøms i forbindelse med oppholdet nedenfor vandringshindrene, vandret den merkede laksen ofte målrettet oppstrøms uten nedstrøms vandring fram til de var i nærheten av stedet de oppholdt seg fram til gyteperioden (**vedlegg 2**). Av laks som ble registrert i Numedalslågen helt fram til gyteperioden, hadde imidlertid fire villaks (nr. 11, 23, 38 og 46) og én kultivert laks (nr. 31) et urolig vandringsmønster, med nedvandring helt ut i sjøen igjen i perioder. Ytterligere én villaks (nr. 19) og én kultivert laks (nr. 44) hadde et urolig vandringsmønster med opp og nedvandring på elvestrekninger nedenfor Holmfoss.

Tabell 6. Vannføring ved passering av Hoggveita i Numedalslågen for radiomerket laks i 2007. Vannføringen på dager da laksen ble registrert i kulpen nedenfor Hoggveita uten at de passerte fossen er gitt som gjennomsnitt med variasjonsbredde, standardavvik og antall dager registrert i kulpen nedenfor Hoggveita i parentes. Antall dager fra første registrering i kulpen nedenfor Hoggveita til passering av fossen er også gitt. Fiskenummer er de samme som er benyttet i **tabell 2**.

Fisk nr.	Vannføring (m ³ /s) ved passering	Vannføring ved passering i forhold til dagen før	Vannføring (m ³ /s) på dager fisken ble registrert i kulpen nedenfor Hoggveita uten å passere	Antall dager fra første registrering i kulpen nedenfor Hoggveita til passering
1	140	ned	312 (146-963, SD = 191, n = 30)	36
2	112	ned	249 (116-733, SD = 125, n = 28)	38
3	112	ned	213 (116-391, SD = 76, n = 15)	15
20	68	opp	80 (65-89, SD = 11, n = 4)	4
26	72	ned	76 (75-76, SD = 0,6, n = 3)	3
32	91	ned	188 (122-282, SD = 60, n = 7)	7
47	64	ned	72 (n = 1)	1

Tabell 7. Tid og minimum vandringshastighet fra Bommestad til Holmfoss og fra Holmfoss til Hoggveita for radiomerket laks i Numedalslågen i 2007, basert på registreringer ved dataloggerne. For laks som vandret flere ganger opp- og nedstrøms, er kun første gangs oppvandring mellom Bommestad og Holmfoss inkludert. Resultater er gitt for villaks og kultivert laks separat. Tid er gitt som gjennomsnitt med variasjonsbredde, standardavvik og antall fisk i parentes. Tilsvarende vandringshastighet er gitt som gjennomsnitt med variasjonsbredde i parentes. På grunn av tekniske problemer med dataloggeren på Bommestad ble fem villaks og to kultiverte laks ekskludert fra analysene av vandring mellom Bommestad og Holmfoss.

Gruppe fisk	Tid (timer) fra Bommestad til Holmfoss	Vandringshastighet (km per dag) fra Bommestad til Holmfoss	Tid (timer) fra Holmfoss til Hoggveita	Vandringshastighet (km per dag) fra Holmfoss til Hoggveita
Villaks	66 (6-438, SD = 108, n = 17)	21,3 (0,7-58,1)	162 (24-698, SD = 197, n = 10)	8,4 (0,9-25,7)
Kultivert laks	188 (19-493, SD = 200, n = 5)	6,5 (0,7-17,3)	85 (24-698, SD = 197, n = 2)	8,6 (5,2-12,1)

Vandringen på elvestrekningene mellom dataloggerne var til dels rask (**tabell 7**). Villaks brukte gjennomsnittlig 2,7 dager på strekningen mellom Bommestad og Holmfoss (13,4 km) og 6,8 dager fra Holmfoss til Hoggteveita (26 km). Dette tilsvarte gjennomsnittlige vandringshastigheter på 21,4 km per dag mellom Bommestad og Holmfoss, og 8,4 km per dag mellom Holmfoss og Hoggteveita. Kultivert laks brukte gjennomsnittlig 7,8 dager på strekningen mellom Bommestad og Holmfoss (13,4 km) og 3,6 dager fra Holmfoss til Hoggteveita (26 km). Dette tilsvarte gjennomsnittlige vandringshastigheter på 6,5 km per dag mellom Bommestad og Holmfoss, og 8,6 km per dag mellom Holmfoss og Hoggteveita.

4.2.4 Passering av vandringshindre og viktige strykområder i forhold til vannføring

Åbyfoss

Nøyaktig tidspunkt for passering av Åbyfoss ble ikke registrert siden det ikke var en datalogger nedenfor fossen, og nøyaktig vannføring ved passering er derfor ikke kjent. Imidlertid vet vi innenfor hvilken periode laksen passerte, basert på manuelle peilinger og registreringer på dataloggeren ved Bommestad. På grunn av tekniske problemer med dataloggeren ved Bommestad ble imidlertid passering av én laks ved Åbyfoss ikke inkludert i analysene. Flere laks passerte Åbyfoss mer enn én gang i løpet av sesongen, og kun første gangs passering ble inkludert i analysene.

Laksen passerte Åbyfoss på vei oppstrøms i perioden 24. mai - 24. september (én villaks i mai, fire villaks og én kultivert laks i juni, sju villaks og én kultivert laks i juli, elleve villaks og ni kultiverte laks i august, to villaks og én kultivert laks i september). For villaksen skjedde 16 passeringer ved vannføring 50-150 m³/s, to passeringer ved 151-200 m³/s, og sju passeringer ved 201-360 m³/s. For den kultiverte laksen skjedde ni passeringer ved 50-150 m³/s og tre passeringer ved 100-221 m³/s. Vi vet med sikkerhet at passeringer skjedde ved vannføring ned til 61 m³/s og opp til 278 m³/s for villaks, og ned til 76 m³/s og opp til 156 m³/s for kultivert laks. Passeringer kan også ha skjedd ved enda lavere eller høyere vannføring.

Holmfoss

Laksen passerte Holmfoss på vei oppstrøms i perioden 21. juni - 28. oktober (to villaks i juni, to villaks i juli, fire villaks og én kultivert laks i august, fire villaks og to kultiverte laks i september og to kultiverte i oktober). Vannføringen var 61-461 m³/s da laksen passerte Holmfoss (villaks: gjennomsnittlig 134 m³/s, variasjonsbredde 61-461 m³/s, SD = 109,5, n = 12, kultivert laks: gjennomsnittlig 120 m³/s, variasjonsbredde 68-235 m³/s, SD = 69,4, n = 5, **tabell 6**). Vannføringen ved passering var ikke avhengig av laksens kroppsstørrelse (lineær regresjon for villaks, r² = 0.011, P = 0.74, n = 12).

For villaksen var vannføringen stigende i forhold til dagen før da fire laks passerte Holmfoss, synkende da sju laks passerte og stabil da én laks passerte (**tabell 6**). For den kultiverte laksen var vannføringen stigende i forhold til dagen før da tre laks passerte Holmfoss, synkende da én laks passerte og stabil da én laks passerte. Vannføringen på oppvandringsdagen lå for de fleste individer innenfor variasjonen av vannføring på dager som laksen hadde stått nedenfor Holmfoss uten å passere (**tabell 6**). En kan derfor ikke si at laksen hadde stått nedenfor fossen og ventet på en spesifikk vannføring før de passerte.

Hoggteveita

Laksen passerte Hoggteveita på vei oppstrøms i perioden 23. juni - 13. september (**vedlegg 2**). Vannføringen var 64-140 m³/s på dager da laksen passerte (gjennomsnittlig 94 m³/s, SD = 28,4, n = 4 **tabell 7**), og vannføringen var synkende i forhold til dagen før ved alle passeringer unntatt én (**tabell 7**). Vannføringen ved passering var lavere enn den var på dager da de stod nedenfor uten å passere én laks som passerte på lav vannføring (**tabell 7**). Når det gjelder individet som passerte Hoggteveita på en dag med vannføring 140 m³/s, er det verdt å merke seg at vannføringen ved selve passeringen kan ha vært noe lavere fordi vannføringen i elva var synkende, til 115 m³/s dagen etter. Passeringstidspunktet på dagen er vanskelig å

fastslå nøyaktig på grunn av at rekkevidden for dataloggestasjonen kan strekke seg et stykke oppover fossen, men passeringen kan ha skjedd på kvelden, siden siste registrering på data-loggeren var klokka 20.27.

Kjærrefossene

Etter passering av Hoggveita fortsatte to villaks direkte gjennom Kjærrefossene, og ble registrert lengre oppstrøms ved neste peiling, mens to villaks stanset 3-6 dager før de passerte Kjærre. Passeringstidspunktet kan ikke bestemmes nøyaktig siden resultatene er basert på manuelle peilinger. Passeringer av Kjærrefossene skjedde sikkert ved vannføring ned til 89 m³/s og ved vannføring opp til 112 m³/s, men passeringer kan også ha skjedd ved enda lavere eller høyere vannføring.

Sjulstadfoss

Fire villaks passerte Sjulstadfoss i perioden 29. juli - 28. august. Passeringstidspunktet kan ikke bestemmes nøyaktig siden resultatene er basert på manuelle peilinger. Passeringer av Brufoss skjedde sikkert ved vannføring ned til 78 m³/s og ved vannføring opp til 112 m³/s, men passeringer kan også ha skjedd ved enda lavere eller høyere vannføring.

Brufoss

To villaks passerte Brufoss i perioden 29. juli - 28. august. Passeringstidspunktet kan ikke bestemmes nøyaktig siden resultatene er basert på manuelle peilinger. Begge passerte imidlertid innenfor samme tredagersperiode som de passerte Sjulstadfoss. Passeringer av Brufoss skjedde sikkert ved vannføring ned til 78 m³/s og ved vannføring opp til 112 m³/s, men passeringer kan også ha skjedd ved enda lavere eller høyere vannføring.

4.2.5 Passering av vandringshindre og viktige strykområder i forhold til vanntemperatur

For villaksen var vanntemperaturen 12-18 °C og for den kultiverte laksen 13-18 °C da de passerte Åbyfoss på vei oppstrøms første gang. Ved Holmfoss var vanntemperaturen 7-18 °C da laksen passerte på vei oppstrøms (villaks: gjennomsnittlig 15,3 °C, variasjonsbredde 13-18 °C, SD = 2,0, n = 11; kultivert laks: gjennomsnittlig 10,8 °C, variasjonsbredde 7-15 °C, SD = 2,9, n = 5), mens ved Hoggveita var vanntemperaturen 13-17 °C da laksen passerte (gjennomsnittlig 15,1 °C, SD = 1,6, n = 7 villaks). Både ved Kjærrefossene, Sjulstadfoss og Brufoss var vanntemperaturen 16-17 °C da laksen passerte (n = henholdsvis fire, fire, og to villaks).

4.2.6 Atferd i forbindelse med flom

Sju laks (seks villaks og én kultivert laks) var i elva under flommen i juli, da vannføringen i løpet av åtte dager steg fra 156 m³/s (28. juni) til 1020 m³/s (6. juli). Vannføringen var ikke nede under 200 m³/s igjen før 20. juli (**vedlegg 1**). To villaks stod to i kulpen nedenfor Hoggveita, tre i kulpen nedenfor Holmfoss og én nedenfor Åbyfoss da vannføringen begynte å stige 28. juni. Alle slapp seg litt nedover i elva i forbindelse med flomtoppen (gjennomsnittlig 2,1 km, variasjonsbredde 0,6-3,7 km). Alle vandret imidlertid etter én-to uker tilbake til stedet de stod før flommen, det vil si under synkende vannføring mot slutten av flommen. Én av villaksene som stod under Holmfoss (nr. 3) passerte også Holmfoss og vandret videre oppover elva mot slutten av flommen (vannføring 461 m³/s ved passering av Holmfoss). Den ene kultiverte laksen (nr. 8) stod 5,2 km fra elvemunningen ved starten av flommen, og vandret nedstrøms og en kort tur ut i sjøen under flommen. Også denne vandret oppover i elva igjen mot slutten av flommen.

4.3 Modellering av miljøforhold ved passering av vandringshindre

Modellene ble kun basert på de fiskene som faktisk passerte vandringshindrene, det vil si at vi ikke har tatt med de som vandret opp til hinderet for så å finne seg en gyteplass lenger ned i

vassdraget. Observasjonene som ble benyttet i modelleringen var dermed de dagene (miljøforholdene) da en fisk ble registrert under vandringshinderet uten å passere samt den dagen da fisken faktisk passerte. Vi vurderte også at oppførselen til hver fisk var uavhengig av hva de andre fiskene gjorde. Det ble ikke funnet noen åpenbare transformasjoner eller terskelverdier for noen av forklaringsvariablene.

4.3.1 Holmfoss

Først ble det undersøkt om det var noen klare forskjeller mellom verdiene for de enkelte miljøvariablene de dagene fiskene stod under vandringshinderet og variabelverdiene de dagene de passerte. Vi fant for Holmfoss ingen åpenbare sammenhenger mellom passering og miljøforhold, for eksempel passerte noen fisk på den maksimale vannføringen de opplevde under hinderet, andre fisk gikk på minimal vannføring, mens andre igjen passerte på en mellomverdi (se også kap. 4.2.4 og **tabell 5**). Det var også stor variasjon mellom fisk med hensyn på hvilke vannføringer de passerte på.

Fiskenes individuelle egenskaper (*Lengde*, *Kjønn*, *Type* og *Sender*) samt tidspunkt i sesongen (*Dagnummer*) kan også ha betydning for evne og vilje til å passere et vandringshinder. Vi undersøkte derfor først om det var noen sammenheng mellom disse variablene og hvor lenge fisken stod under fossen før de passerte (*Ventedager*). For 2003 fant vi en svært god GLM-modell for *Ventedager* basert på *Lengde*, *Dagnummer* og *Sender* (*Ventedager* ~ *Lengde* + *Sender* + *Dagnummer*; $R^2 = 93\%$; se **tabell 8**). Verdiene for *Sender* er 2 for stor ekstern sender og 3 for implantert sender, slik at en ekstern sender ga lengre ventetid enn en implantert sender. Fisken hadde dessuten en klar tendens til å bli mer forsinket lenger utover i sesongen (dvs. på høyere *Dagnummer*), og jo større fisken var, desto lengre ble de forsinket.

Tabell 8. Modell for *Ventedager* under Holmfoss i 2003 (det vil si antall dager fra første registrering under fossen til passering).

2003	Estimat	SE	t-verdi	p-verdi
Konstantledd	-125.74	30.88	-4.07	0.0018
<i>Lengde</i>	0.57	0.21	2.68	0.0213
<i>Sender</i>	-20.93	4.68	-4.47	0.0009
<i>Dagnummer</i>	0.77	0.09	8.8	<0.0001

En tilsvarende modell basert på *Lengde* og *Dagnummer* brukt på 2007 observasjonene (*Sender* ble ikke inkludert fordi det ble benyttet en mindre sendertype i 2007) gir bare en forklaringsgrad (R^2) på 6 %. Vi fant heller ikke noen annen akseptabel modell for *Ventedager* i 2007. En modellering av begge årene sett under ett ga ingen større forklaringsgrad, og vi får i tillegg problemer med sammenblanding av eventuelle effekter av *Sender* (forskjellige sendere de to årene) og *År*.

Modelleringen av sannsynligheten for passering av Holmfoss basert på miljøvariablene (GLM-modeller; binomisk familie med logit-linkfunksjon) ga ingen overbevisende resultat; den beste multivariate modellen har en R^2 på 6 %, noe som er for lite til at modellene kan brukes som et styringsverktøy.

4.3.2 Hoggteveita

Med unntak av én fisk passerte alle fiskene Hoggteveita på den minste vannføringen som ble målt i løpet av perioden fra de første gang ble registrert under hindringen til passering. Dette

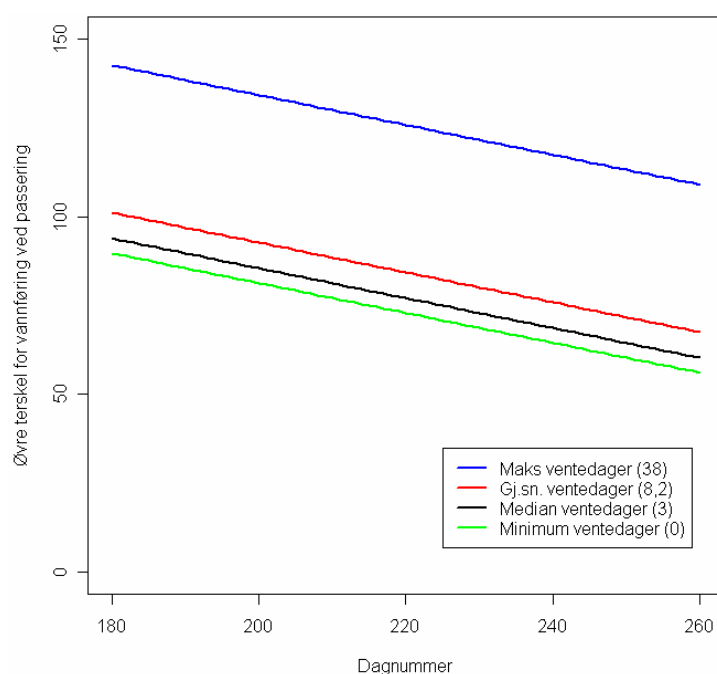
tyder på at fisken fant det problematisk å passere Hoggteita ved høy vannføring, og ventet på at den skulle bli lavere (se også kap. 4.2.4 og **tabell 6**). Vannføring ved passering varierte derimot mye mellom individer, og spørsmålet blir da om denne variasjonen kan forklares ved individ og/eller sesongvariable.

For 2003 fant vi at *Vannføring* ved passering ble godt forklart av *Sender* og *Ventedager* (GLM-modell; $R^2 = 62\%$), mens vi for 2007 fikk en god modell for vannføring ved passering fra *Ventedager* ($R^2 = 77\%$). Jo flere ventedager under hindringen, desto høyere vannføring var laksen villig til å gå på. For begge årene samlet forklarte *Dagnummer* og *Ventedager* 67 % av variasjonen i *Vannføring* ved passering (**tabell 9**).

På en gjennomsnittsdag for passering av Hoggteita med hensyn på *Dagnummer* (219,4) og *Ventedager* (8,2) får vi en vannføring på 85 m³/s. Median *Dagnummer* (212) og *Ventedager* (3) gir en øvre terskel for vannføring ved passering på 80 m³/s. **Figur 8** viser hvordan øvre terskel for vannføring ved passering endrer seg gjennom sesongen fra 29. juni (*Dagnummer* 180) til 17. september (*Dagnummer* 260) for henholdsvis det maksimale, gjennomsnittlige, median og minimale antall *Ventedager* for 2003 og 2007.

Tabell 9. Modell for Vannføring ved passering av Hoggteita for 2003 og 2007 samlet.

2003 + 2007	Estimat	SE	t-verdi	p-verdi
Konstantledd	165.30	47.94	3.45	0.0048
<i>Dagnummer</i>	-0.42	0.22	-1.92	0.0783
<i>Ventedager</i>	1.39	0.34	4.13	0.0014



Figur 8. Sammenhengen mellom øvre terskel for vannføring ved passering av Hoggteita i 2003 og 2007 og Dagnummer for gitte verdier for Ventedager (dvs. antall dager fra første registrering under fossen til passering).

Antall ventedager under Hoggveita var naturligvis igjen avhengig av vannføringen på de dagene fisken ventet under hindringen. I tillegg var antallet ventedager negativt korrelert med dagnummer (jo lenger ut i sesongen, desto kortere ventetid), samt at antall ventedager var høyere i 2007 enn i 2003.



Hoggveita under høy sommervannføring (øverst, 134 m³/s) og under flommen i juli 2007 (nederst, 963 m³/s). Bildene er tatt fra samme sted. Foto: Eva B. Thorstad (øverst) og Ingar Aasestad (nederst).

5 DISKUSJON

5.1 Oppvandringsmønster

Oppvandringen av laks i Numedalslågen og atferd fram til gyteperioden fulgte både i 2003 og 2007 generelt samme mønster som beskrevet i den uregulerte Tanaelva, og fra Lærdalselva, med en atferd bestående av to eller tre faser (Økland mfl. 2001, Finstad mfl. 2005):

- *Oppvandringsfase*, når laksen vandrer oppstrøms i elva, avbrutt av stansperioder underveis.
- *Søkefase*, når laksen vandrer opp- og nedstrøms flere ganger i elva over en strekning på noen hundre meter eller noen få km i nærheten av senere gyteplass. Ikke alle individer har en søkefase. Hos noen individer kan en dessuten se at de bare slipper seg litt ned i elva igjen i forhold til øverste posisjon under oppvandringen.
- *Stans*, når laksen etter oppvandrings- og søkefasen står mer eller mindre i ro på samme sted i elva fram til gyteperioden.

Vandringsatferden hos villaksen i Numedalslågen avvok imidlertid fra dette mønsteret på to måter. For det første så ble det hos en del individer registrert et vandringsmønster med vandring både ned- og oppstrøms på elvestrekninger nedenfor både Holmfoss og Hoggveita. Dette ble også registrert nedenfor Holmfoss i 2003. Dette er ikke vanlig for villaks på elvestrekninger uten store vandringshindre, der oppvandringsfasen nesten alltid består kun av oppstrøms forflytning (Økland mfl. 2001, Finstad mfl. 2005). For det andre så ble det registrert lange stansperioder ved Åbyfoss, Holmfoss og Hoggveita. Vi omtaler disse stansperiodene som *forsinkelser* fordi de står i kontrast til den raske vandringen på elvestrekninger uten synlige vandringshindre, og fordi de medførte en betydelig lengre stans enn observerte stansperioder i vanlige hvilehøler under oppvandring i vassdrag uten tilsvarende vandringshindre (Økland mfl. 2001, Finstad mfl. 2005).

Den merkede laksen spredte seg over hele elva opp til Hvitvingfoss i gyteperioden. I forhold til opplysninger i Gunnerød & Sigholt (1982) om at det er en rekke viktige gyteområder helt øverst i elva mot Hvitvingfoss, så var det få radiomerkede laks som vandret så langt opp i elva, både i 2003 og 2007. Resultatene tyder på at det er flere viktige gyteområder av betydning lengre nedover i elva enn antatt i Gunnerød & Sigholt (1982).

Villaks ser ut til å vende tilbake til oppvekstområdet sitt i elva når de skal gyte (Heggberget mfl. 1986, 1988, Heggberget 1989). Vi antar derfor at fordelingen av radiomerket villaks i gyteperioden hovedsakelig reflekterte hvor i vassdraget disse individene hadde vokst opp. Vi vet ikke hvorvidt vandringshindre eller ugunstige miljøforhold kan redusere motivasjonen for å vende tilbake til oppvekstområdet, slik at enkelte laks avbryter oppvandringen og gyter lengre nedstrøms.

5.2 Identifisering av vandringshindre

Holmfoss og Hoggveita framstod som de tydeligste vandringshindrene for oppvandrende laks i Numedalslågen i 2007, selv om høydefallet ved Holmfoss ikke er det største langs lakseførende strekning (**figur 2**). Fra villaksen ble registrert ved Holmfoss første gang til de passerte, tok det gjennomsnittlig 15 dager. For individet som brukte lengst tid på å passere, tok det 28 dager fra første registrering ved Holmfoss til passering. I 2003 tok det gjennomsnittlig 29 dager fra første registrering nedenfor Holmfoss til laksen passerte (Thorstad mfl. 2004).

Kun et lite antall laks passerte Hoggveita (sju villaks), men basert på tiden fra første registrering nedenfor fossen til de passerte (gjennomsnittlig 15 dager), framstod også Hoggveita som et vandringshinder i 2007. Dette var i kontrast til undersøkelsen i 2003, da laksen ikke stanset lengre enn gjennomsnittlig 2,4 dager nedenfor Hoggveita. Den raske passeringen av Hogg-

tveita i 2003 hadde sannsynligvis sammenheng med at det var relativt lave vannføringer i undersøkelsesperioden, mens vannføringen var betydelig høyere i 2007 (se kap. 5.3 nedenfor).

En tredjedel av laksen stanset ved Åbyfoss, både i 2003 og 2007, slik at Åbyfoss også kan karakteriseres som et vandringshinder. Forsinkelsen syntes imidlertid å være kortere i 2007 enn i 2003 (8 dager i 2007 versus 15 dager i 2003 for den tredjedelen av laksen som stanset mer enn tre dager). Stans i oppvandringen betyr ikke nødvendigvis at det er et vandringshinder i området, fordi laks også har pauser under oppvandringen i uberørte vassdrag uten vandringshindre. Åbyfoss er imidlertid så langt nede i vassdraget at det ikke er et sted hvor en forventer at en stor andel av laksen stanser uten at dette er knyttet til et vandringshinder. Varigheten på stansen nedenfor Åbyfoss i 2003 var også lengre enn det som tidligere er registrert som naturlige stans på strekninger uten vandringshindre i Tanaelva (Økland mfl. 2001). I Tanaelva var lengden på stansperioder i typiske hvilehøler uten vandringshindre i gjennomsnitt mellom ni og fem dager ved Tana bru og mellom fem og seks dager ved Storfossen (to års undersøkelser, Økland mfl. 2001). Forsinkelsen under Åbyfoss i 2007 var dessuten av omtrent samme varighet som *hele* den totale oppvandringsfasen hos radiomerket laks i Lærdalselva, hvor laksen brukte i gjennomsnitt 8 dager på hele oppvandringen til gyteområder, som var i gjennomsnitt 16 km fra elvemunningen (Finstad mfl. 2005).

Bortsett fra Åbyfoss, Holmfoss og Hoggvtveita var det ingen av strykene i elva eller andre lokaliteter hvor flere laks stanset i lengre perioder under oppvandringen. Vandringshastigheter mellom disse lokalitetene var relativt raske, og villaksen hadde gjennomsnittlig vandringshastighet på 21,4 km per dag mellom Bommestad og Holmfoss (13 km) og 8,4 km per dag mellom Holmfoss og Hoggvtveita (26 km). Disse vandringshastighetene samsvarer med det som er funnet for laks i andre undersøkelser. Ifølge Smirnov (1971) var oppvandringshastigheter hos Onega-laks sjelden mer enn 4 km per døgn. Laks som vandret opp en 64 km lang strekning i Miramichi, vandret med en hastighet på 4,3 km per døgn (Hayes 1953). De raskeste fiskene i en undersøkelse i Suldalslågen ble registrert med en vandringshastighet på 6,5 km per døgn (Johnsen mfl. 1996). I Orkla og Mandalselva ble det registrert vandringshastigheter på 3,6 og 3,7 km per dag på uberørte elvestrekninger (Thorstad & Heggberget 1997, Thorstad mfl. 2003). Noen undersøkelser har vist raskere vandringshastigheter, som i Aberdeenshire Dee (> 10 km per døgn, Hawkins & Smith 1986), Indalsälven (10-20 km per døgn, Lindroth 1952) og Gudena (8-12 km per døgn, Aarestrup mfl. 2000). Sammenligning av vandringshastigheter mellom undersøkelser er imidlertid vanskelig, fordi hastigheten vil være avhengig av undersøkelsesmetode, kroppsstørrelse og hvor sterk vannstrøm laksen svømmer mot.

Basert på undersøkelsene i 2003 og 2007 kan det altså konkluderes at Åbyfoss, Holmfoss og Hoggvtveita utpekte seg som vandringshindre på den måten at laksen ble forsinket i oppvandringen og stanset en periode nedenfor disse lokalitetene. Imidlertid syntes ikke oppvandringen å være forsinket i den grad at laksen ikke rakk fram til gyteområdene i tide før gytesesongen. Andre stryk og fosser utpekte seg ikke som vandringshindre som forsinket oppvandringen i noen av årene. Det må imidlertid påpekes at antallet fisk som ble undersøkt fra Hoggvtveita og oppover var relativt lavt.

Resultatene baserte seg på to svært ulike år med hensyn på vannføring og vanntemperatur, slik at fisk som opplevde svært ulike miljøforhold var inkludert i undersøkelsen. I 2003 var vannføringen i oppvandringssesongen det meste av tiden 20-50 m³/s lavere enn gjennomsnittet for 1984-2000, og vanntemperaturen var relativt høy (maksimum 22 °C). I 2007 derimot var vannføringen det meste av sesongen langt høyere enn gjennomsnittet for perioden 1984-2000, mens vanntemperaturen var noe lavere (maksimum 18 °C).

5.3 Passering av vandringshindre i forhold til vannføring og andre miljøforhold

Vannføring og vanntemperatur er faktorer som er viktig i forhold til om laks fysisk sett kan passere vanskelige vandringshindre. For eksempel i Vefsna passerer ikke oppvandrende laks Forsjordfossen før vanntemperaturen er høyere enn 8 °C og vannføringen lavere enn 300 m³/s (Jensen mfl. 1986). Fisketrappa i Laksforsen i samme vassdrag er svært effektiv, men bare på vannføringer høyere enn 70 m³/s (Jensen mfl. 1986). Vandringshindre kan altså ha både en øvre og nedre grense som vannføringen bør være innenfor for at laks skal kunne passere. Når det gjelder vanntemperatur så er det gjerne ved lave temperaturer at oppvandringen forbi vandringshindre begrenses, men også ved høye vanntemperaturer (> 20 °C) kan laks generelt vise redusert vandringsaktivitet (Alabaster 1990).

Laksen passerte vandringshindrene i Numedalslågen under en rekke ulike miljøforhold. Ut fra kombinerte resultater fra undersøkelsene i 2003 og 2007, kan vi fastslå at laksen er i stand til å passere Åbyfoss ved vannføring 41-278 m³/s og vanntemperatur 3-21 °C, Holmfoss ved vannføring 57-461 m³/s og vanntemperatur 7-22 °C, Hoggstveita ved vannføring 55 - ca 140 m³/s og vanntemperatur 13-22 °C, Sjulstadfoss ved vannføring 43-112 m³/s og vanntemperatur 15-21 °C og Brufoss ved vannføring 64-112 m³/s og vanntemperatur 12-20 °C. Verdien må ikke betraktes som øvre og nedre grense for mulig passering av disse områdene, men er basert på de forholdene som rådet da radiomerket laks passerte i disse undersøkelsene. Verdien er derfor begrenset av variasjon i vannføring og vanntemperatur i undersøkelsesperiodene, og av antall fisk i undersøkelsene.

Økninger i vannføring kan stimulere oppvandring av laks i elver (f. eks. Huntsman 1948, Hayes 1953, Dunkley & Shearer 1982, Laughton 1989, Webb & Hawkins 1989, Baglinière mfl. 1990, Jensen mfl. 1998, Erkinaro mfl. 1999). I regulerte elver med muligheter til å kontrollere vannføringen kan kunstige lokkeflommer stimulere laks til å vandre oppover elvene (se f. eks. Huntsman 1948, Hayes 1953, Banks 1969). Resultater fra ulike undersøkelser spriker imidlertid, og forholdet mellom vandring, vannføring og andre faktorer synes å være kompleks, slik at det kan være vanskelig å finne klare sammenhenger mellom økning av vannføring og vandring hos individuelle laks (Thorstad mfl. 2008).

Holmfoss

Heller ikke i denne undersøkelsen fant vi en systematisk og klar sammenheng mellom passering av vandringshindre og variasjon i vannføring ved Holmfoss. For villaksen var vannføringen stigende i forhold til dagen før da fire laks passerte, synkende da sju laks passerte og stabil da én laks passerte. For den kultiverte laksen var vannføringen stigende i forhold til dagen før da tre laks passerte, synkende da én laks passerte og stabil da én laks passerte.

Laksen stod ikke permanent i hølen nedenfor Holmfoss i perioden fra de første gang ble registrert ved Holmfoss til de passerte (noe som tok gjennomsnittlig 15 dager for villaksen), men ble registrert i hølen nedenfor fossen i gjennomsnittlig 11 av de 15 dagene. Den øvrige tiden var de lengre nedstrøms i elva. Ved å sammenligne vannføringen på dager da de stod i hølen nedenfor Holmfoss uten å passere i forhold til vannføring ved passering, kunne vi ikke finne noe mønster; vannføringen ved oppvandring lå hos de fleste individer innenfor variasjonen av vannføring på dager de stod nedenfor Holmfoss uten å passere. Dessuten passerte noen fisk på den maksimale vannføringen de opplevde under hindringen, andre fisk gikk på minimal vannføring, mens andre igjen passerte på en mellomverdi. En kan derfor ikke si at laksen stod nedenfor fossen og ventet på en spesifikk vannføring før de passerte.

Modellresultatene viste at i 2003 ble forsinkelsen ved Holmfoss i stor grad forklart av kroppslengde, sendertype og dagnummer. Jo større fisken var, desto lenger ble de forsinket under Holmfoss, mens de også hadde en klar tendens til å bli mer forsinket lenger utover i sesongen. Fisk med ekstern sender ble også mer forsinket enn fisk med implantert sender. I 2003 ble to ulike sendertyper benyttet og sammenlignet fordi vi fryktet at utvendige sendere kunne redu-

sere laksens kapasitet til å passere de største fossene i Numedalslågen, selv om undersøkelser i svømmekammer har vist at laksens svømmekapasitet ikke ble redusert av verken utvendige eller implanterte sendere lik de som ble benyttet i denne undersøkelsen (Thorstad mfl. 2000). I analysene i 2003 ble en konservativ tilnærming valgt, ved å analysere laks som var i elva under gyteperioden separat ("sikker Numedalslaks"). I det materialet fant vi ingen effekt av sendertype på resultatene. I modellene i denne rapporten ble imidlertid en mindre konservativ tilnærming valgt, og all fisk som ut fra skjellanalyser ble karakterisert som villaks ble inkludert. I dette materialet bekreftes det altså at "store" eksterne sendere kan redusere laksens passering av fysisk vanskelige vandringshindre. Siden implantering av sendere heller ikke ble vurdert som en egnet metode ut fra erfaringer i 2003, ble en mye mindre ekstern sender benyttet i 2007 (med kortere rekkevidde og levetid). Siden bare én sendertype ble benyttet i 2007 kan vi ikke teste effektene av denne senderen. På grunn av senderen er så liten (2,1 g i vann), antar vi imidlertid at den ikke medførte en redusert evne til å passere vandringshindrene slik at det påvirket resultatene i stor grad. For 2007 kunne forsinkelsen ved Holmfoss verken forklares av kroppslengde, dagnummer eller andre analyserte variabler.

Modellering av sannsynligheten for passering av Holmfoss basert på ulike miljøvariabler (vannføring, endring i vannføring, vanntemperatur, endring i vanntemperatur, nedbør og lufttrykk), samt hvor lenge de hadde stått nedenfor fossen og tid på sesongen, ga ingen overbevisende resultat. Den beste multivariate modellen har en R^2 på 6 %, noe som er for lite til at modellene kan brukes som et styringsverktøy. Vi kan dermed ikke ut fra disse resultatene finne enkle forklaringer på hvilke stimuli som fikk laks til å passere Holmfoss. Dette er i samsvar med tidligere undersøkelser av radiomerket laks i norske og utenlandske vassdrag (Thorstad mfl. 2003, 2008) og tyder på at stimuli for oppvandring er en kompleks kombinasjon av fysiske forhold og laksens motivasjon.

At laks ikke nødvendigvis oppholder seg like nedenfor et vandringshinder, men som ved Holmfoss gjerne vandrer nedstrøms i elva igjen etter å ha møtt hinderet, er også observert i Varde Å i Danmark (Jepsen mfl. 2003). På bakgrunn av resultatene fra Varde Å, konkluderte Jepsen mfl. (2003) med at det nødvendigvis ikke står et stort antall fisk nedenfor et vanskelig passerbart område. De advarte derfor mot å identifisere vandringshindre kun på bakgrunn av observasjoner av antallet fisk som står like nedenfor.

Hoggteita

Ved Hoggteita tyder resultatene på at laksen hadde problemer med å passere ved høy vannføring, i samsvar med lokal oppfatning som går ut på at Hoggteita er et vandringshinder for oppvandrende laks ved vannføringer over 120 m³/s. Basert på registrering av fangster i 1986 beskrev også Larsen (1989) at passering av Hoggteita ikke skjedde før i uke 26, da vannføringen falt under 90-100 m³/s. For radiomerket laks som stod noen dager nedenfor Hoggteita før de passerte, var vannføringen stort sett lavere ved passering enn den var på dager da de stod nedenfor uten å passere, både i 2003 og 2007. Begge år, og særlig i 2007, var vannføringen betydelig høyere enn 120 m³/s på en del dager de stod nedenfor Hoggteita uten å passere, mens de fleste passeringer skjedde på vannføringer opp mot 112 m³/s.

Selv om fiskene passerte Hoggteita på den minste vannføringen som ble målt i løpet av perioden fra de første gang ble registrert under hindringen til passering, så varierte vannføringen ved passering mye mellom individer. Spørsmålet er da om denne variasjonen kan forklares ved individ og/eller sesongvariable. Modellresultater viste at i 2003 ble vannføringsforhold ved passering godt forklart av sendertype og antall dager fisken hadde stått under fossen. Også i 2007 ble vannføringsforholdene ved oppvandringstidspunktet godt forklart av antall dager fisken hadde stått under fossen. Dette viser at jo flere dager laksen hadde stått under Hoggteita, jo høyere vannføring var de villige til å passere på.

5.4 Betydning av forsinkelser i oppvandringen

Laksen vandrer gjerne opp i elvene i flere måneder før gyteperioden, og de kan stå i ro på gyteplassen i én til to måneder før gyting (Økland mfl. 2001, Thorstad mfl. 2008). Hvorfor laksen vandrer så tidlig opp i elvene vet vi ikke (Fleming 1996), og den biologiske betydningen av forsinkelser i oppvandringen som ikke går utover gyteperioden er dermed heller ikke kjent. Hvis den tidlige oppvandringen er knyttet til økt gytesuksess, vil forsinkelser under oppvandringen ha tilsvarende negative effekter (Thorstad mfl. 2008).

Forsinkelser i oppvandringen kan imidlertid skape konflikter i organiseringen av sportsfisket innen et vassdrag ved at laksen ankommer de øvre delene av elva sent i forhold til fiskesesongen. Opphoping av et stort antall laks nedenfor vandringshindre kan også øke faren for sykdomsutbrudd, særlig ved høye vanntemperaturer (Johnsen mfl. 1993).

5.5 Kultivert laks

På bakgrunn av skjellanalyser ble et relativt høyt antall merket laks identifisert som utsatt eller rømt som smolt (19 laks, 39 % av de som ble merket). Det foregår ikke utsettinger av smolt i Numedalslågen, slik at dette trolig er laks av en annen stamme enn fra Numedalslågen. Siden seks kultiverte laks vandret til Drammenselva til slutt, er det grunn til å anta at i alle fall en del av de kultiverte fiskene stammet fra utsettinger i Drammenselva. Imidlertid var det også seks kultiverte laks som befant seg i Numedalslågen i gyteperioden. Det store antallet fremmed laks, og usikkerheten i forhold til hvor de kommer fra, tilsier at dette er et fenomen som bør undersøkes nærmere, både i forhold til genetiske analyser av dette materialet og i forhold til en generell overvåking av gytebestanden i Numedalslågen.

REFERANSER

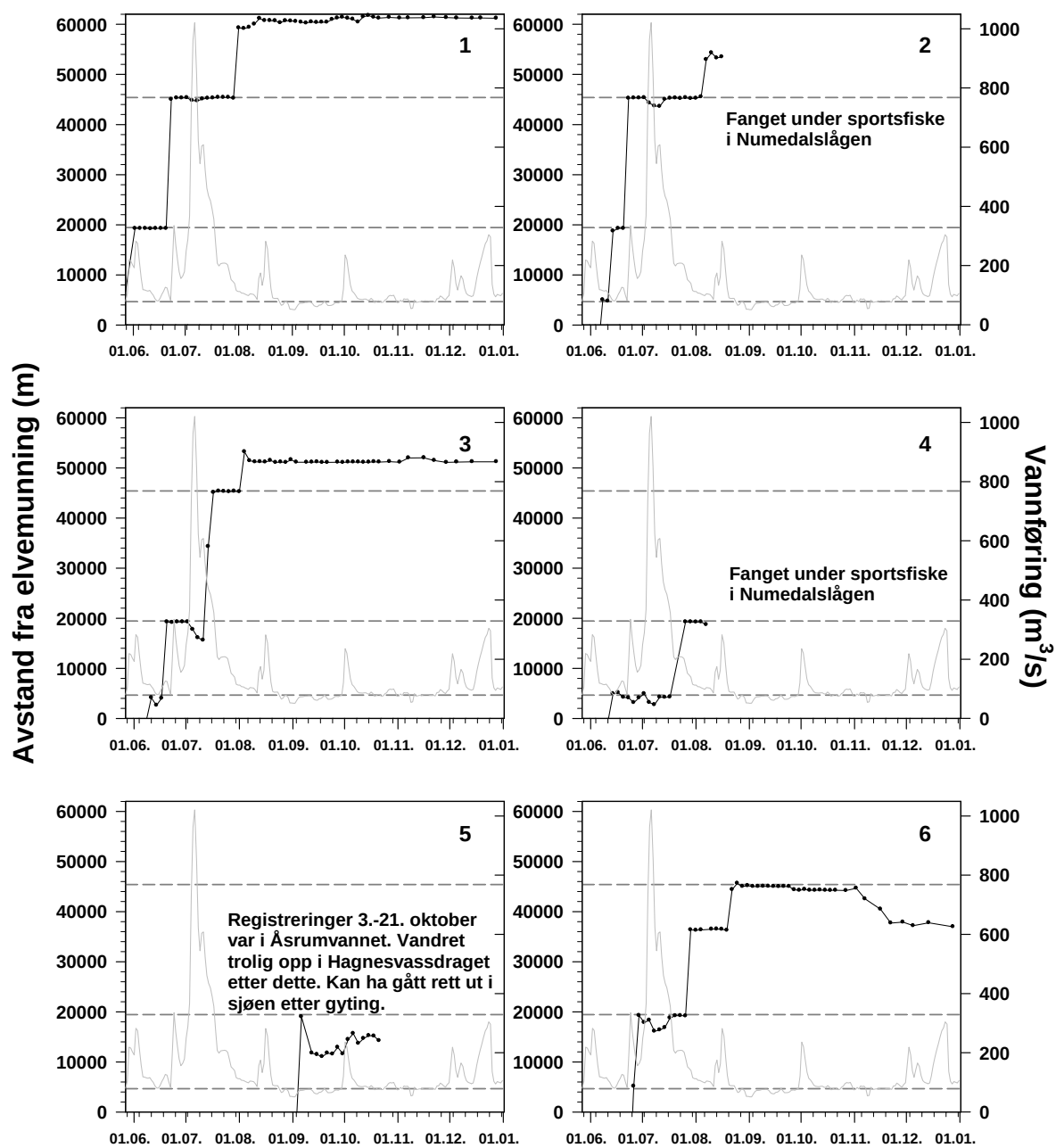
- Alabaster, J.S. 1990. The temperature requirements of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., during their upstream migration in the River Dee. - J. Fish Biol. 37: 659-661.
- Alsaker-Nøstdahl, B. 2002. Overvåkningen av Numedalslågen i 2001. - BUVA-rapport 02/1: 1-39.
- Asvall, R.P. 1993. Nytt manøvreringsreglement for Nore-verkene. Virkninger på vanntemperatur- og isforhold. - Rapport 05 1993, Norges vassdrags- og energiverk.
- Baglinière, J.L., Maise, G. & Nihouarn, A. 1990. Migratory and reproductive behaviour of female adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a spawning stream. - J. Fish Biol. 36: 511-520.
- Banks, J.W. 1969. A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. - J. Fish Biol. 1: 85-136.
- Berdal A/S, Ingeniør A.B. & Hydroconsult A/S 1983. Numedalslågen. Fase IIA. - Delrapport vannbruksplan - omdisponering av fløtningsvann. Del 2: 62 s. + 6 bilag.
- Dobson, A.J. 1990. An introduction to Generalized Linear Models. Chapman & Hall, London, Storbritannia.
- Dunkley, D.A. & Shearer, W.M. 1982. An assessment of the performance of a resistivity fish counter. - J. Fish Biol. 20: 717-737.
- Erkinaro, J., Økland, F., Moen, K., Niemelä, E. & Rahiala, M. 1999. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: the role of environmental factors. - J. Fish Biol. 55: 506-516.
- Finstad, A.G., Økland, F., Thorstad, E.B. & Heggberget, T.G. 2005. Comparing upriver spawning migration of Atlantic salmon *Salmo salar* and sea trout *Salmo trutta*. - J. Fish Biol. 67: 919-930.
- Fleming, I.A. 1996. Reproductive strategies of Atlantic salmon: ecology and evolution. - Rev. Fish Biol. Fish. 6: 379-416.
- Gunnerød, T.B. & Larsen, B.M. 1986. Produksjon og avkastning av laks i Numedalslågen fra munningen til Hvittingfoss 1980 - 1985. - Direktoratet for naturforvaltning, Reguleringsundersøkelsene, rapport nr. 10-1986: 1-60.
- Gunnerød, T.B. & Sigholt, T. 1982. Behov for vannføring i Numedalslågen for opprettholdelse av laksefisket. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Reguleringsundersøkelsene, rapport nr. 10-1982: 1-38.
- Hawkins, A.D. & Smith, G.W. 1986. Radio-tracking observations on Atlantic salmon ascending the Aberdeenshire Dee. - Scott. Fish. Res. Rep. 36: 1-24.
- Hayes, F.R. 1953. Artificial freshets and other factors controlling the ascent and population of Atlantic salmon in the LaHave River, Nova Scotia. - Bull. Biol. Board Can. 99: 1-47.
- Heggberget, T.G. 1988. Timing of spawning in Norwegian Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 845-849.
- Heggberget, T.G. 1989. The population structure and migration system of Atlantic salmon *Salmo salar*, in the River Alta, North Norway. A summary of the studies 1981-86. - Proceedings of the salmonid migration and distribution symposium (Brannon, E.L. & Jonsson, B., red.). University of Washington, Seattle, s. 124-139.
- Heggberget, T.G., Hansen, L.P. & Næsje, T.F. 1988. Within-river spawning migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 1691-1698.
- Heggberget, T.G., Økland, F. & Ugedal, O. 1996. Prespawning migratory behaviour of wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a North Norwegian river. - Aquacult. Res. 27: 313-322.
- Heggberget, T.G., Lund, R.A., Ryman, N. & Ståhl, G. 1986. Growth and genetic variation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from different sections of the River Alta, North Norway. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1828-1835.
- Huntsman, A.G. 1948. Freshets and fish. - Trans. Am. Fish. Soc. 75: 257-266.
- Hvidsten, N.A., Fiske, P. & Forseth, T. 2005. Foreløpig oppsummeringsrapport for smoltutvandringsstudiene i Numedalslågen 2003-2005. Upublisert rapport. NINA, Trondheim, 11 s.

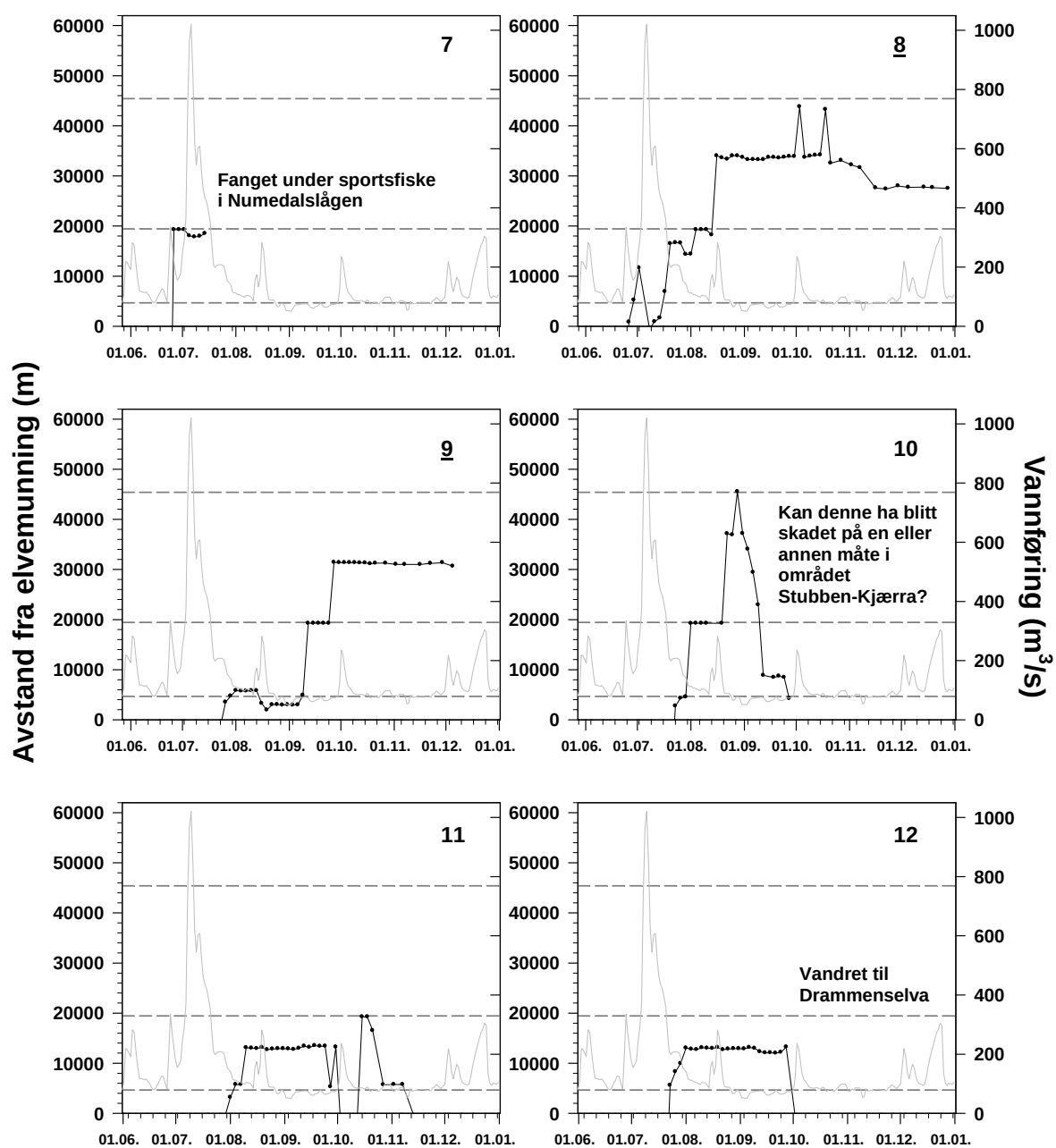
- Jensen, A.J., Heggberget, T.G. & Johnsen, B.O. 1986. Upstream migration of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the River Vefsna, northern Norway. - J. Fish Biol. 29: 459-465.
- Jensen, A.J., Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. 1998. Effects of temperature and flow on the upstream migration of adult Atlantic salmon in two Norwegian rivers. - I: M. Jungwirth, S. Schmutz & S. Weiss (red.) Fish Migration and Fish Bypasses. Oxford: Fishing News Books, s. 45-54.
- Jepsen, N., Deacon, M. & Ejby-Ernst, M. 2003. Laksens gydevandring i Varde Å systemet. Radiotelemetri-undersøgelse. DFU-rapport nr. 125-03: 1-72.
- Johnsen, B.O., Møkkelgjerd, P.I. & Jensen, A.J. 1993. Furunkulose i norske vassdrag - statusrapport. - NINA Forskningsrapport 038: 1-73.
- Johnsen, B.O., Økland, F., Lamberg, A., Thorstad, E. & Jensen, A.J. 1996. Undersøkelser av laksens vandring i Sandsfjordsystemet og i Suldalslågen i 1995 ved hjelp av radiotelemetri. - NINA Oppdragsmelding 421: 1-44.
- Jonsson, N. 1991. Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. - Nordic J. Freshw. Res. 66: 20-35.
- Larsen, B.M. 1987. Forskref-prosjekt Numedalslågen. Fiskeribiologiske undersøkelser i lakseførende del. - Direktoratet for naturforvaltning, Reguleringsundersøkelsene, rapport nr. 2-1987: 1-36.
- Larsen, B.M. 1989. Forsknings- og referanse vassdrag - Numedalslågen. Vandring, fangst, vekst og tetthet hos laks og aure sett i relasjon til vannføring. - MVU-rapport nr. B 61-1989.
- Larsen, B.M. 2004. Ungfiskundersøkelser i Numedalslågen. Årsrapport 2003. - Upublisert rapport til Numedalslaugens Brugseierforening. NINA, Trondheim, 12 s.
- Larsen, B.M., Aasestad, I. & Forseth, T. 2007. Ungfiskundersøkelser i Numedalslågen. Årsrapport 2006. - NINA Minirapport 177: 1-21.
- Laughton, R. 1989. The movements of adult salmon within the River Spey. - Scott. Fish. Res. Rep. 41: 1-19.
- Lindroth, A. 1952. Salmon tagging experiments in Sundsvall Bay of the Baltic in 1950. - Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 33: 57-69.
- Numedalslågen Elvelag 2008. Årsmelding 2007. - Notat, 6 s.
- Robertsen, G., Plaisance, L. & Bakke, T.A. 2006. Gyrodactylus salaris og røye, ørret, regnbueørret og bekkerøye: Utbredelse og potensiell overføring av laks. Sluttrapport 2006. Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, 25 s.
- Sakamoto, Y., Ishiguro, M. & Kitagawa, G. 1986. Akaike Information Criterion Statistics. D. Reidel Publishing Company, Nederland.
- Smirnov, Y.A. 1971. Salmon of Lake Onega. - Fish. Res. Bd. Can. Transl. Ser. 2137: 1-212.
- Thorstad, E.B. & Heggberget, T.G. 1997. Oppvandring hos radiomerket laks og sjørret i Mandalsvassdraget i forhold til minstevannføring, terskler og kalking. - NINA Oppdragsmelding 470: 1-41.
- Thorstad, E.B., Heggberget, T.G. & Økland, F. 1996. Gytevandring og gyteatferd hos villaks og rømt oppdrettslaks (*Salmo salar*) i Namsen og Altaelva. - NINA Fagrapport 17: 1-35.
- Thorstad, E.B., Heggberget, T.G. & Økland, F. 1998. Migratory behaviour of adult wild and escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., before, during and after spawning in a Norwegian river. - Aquacult. Res. 29: 419-428.
- Thorstad, E.B., Økland, F. & Finstad, B. 2000. Effects of telemetry transmitters on swimming performance of adult Atlantic salmon. - J. Fish Biol. 57: 531-535.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Aarestrup, K. & Heggberget, T.G. 2008. Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts. - Rev. Fish Biol. Fish., til trykking.
- Thorstad, E.B., Forseth, T., Økland, F., Aasestad, I. & Johnsen, B.O. 2004. Oppvandring av radiomerket laks i Numedalslågen i 2003. - NINA Oppdragsmelding 835: 1-37.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Hvidsten, N.A., Fiske, P. & Aarestrup, K. 2003. Oppvandring av laks i forhold til redusert vannføring og lokkeflommer i regulerte vassdrag. - Rapport nr. 1-2003, Miljøbasert vannføring, Norges vassdrags- og energidirektorat, 52 s.

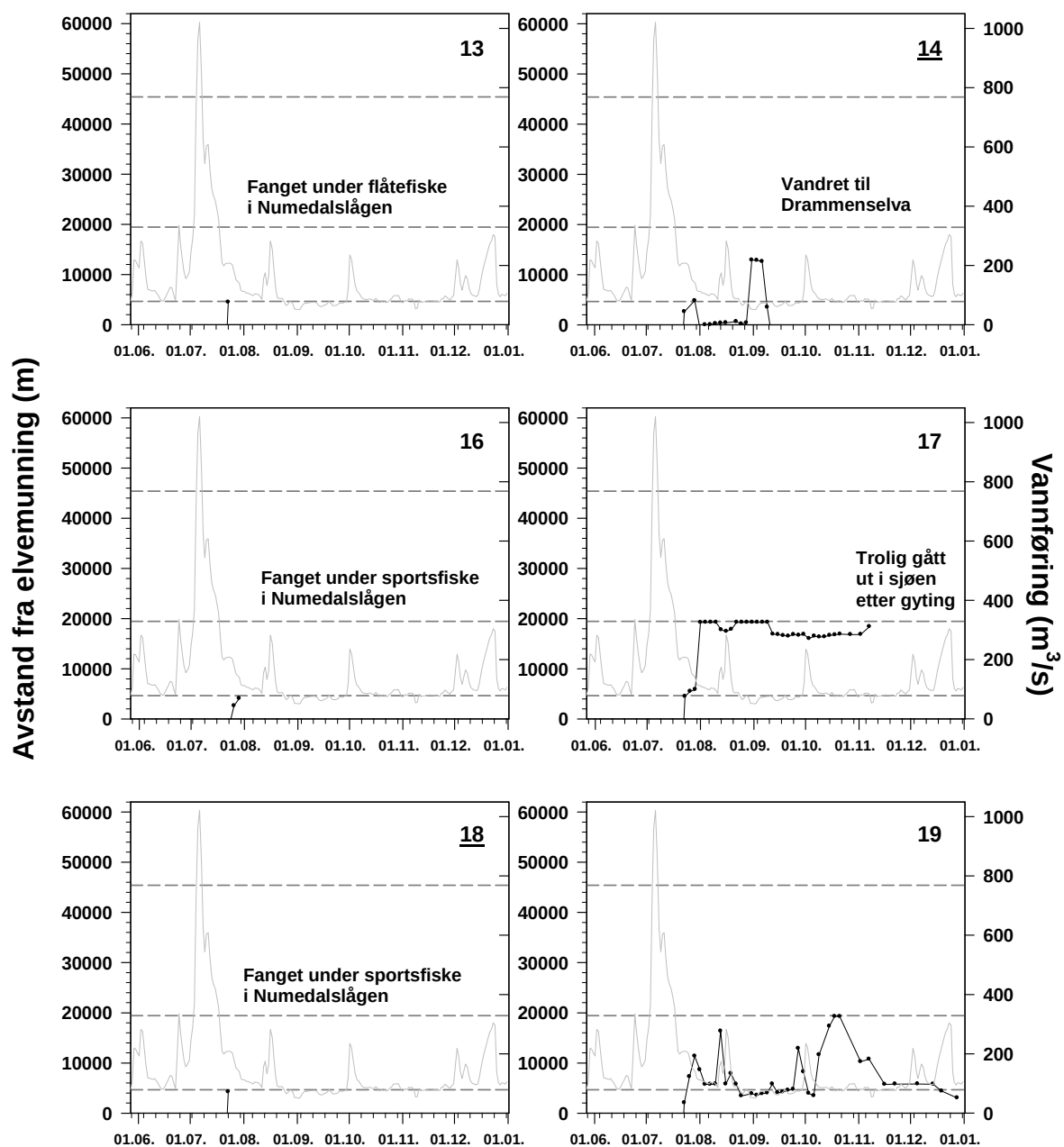
- Webb, J.H. & Hawkins, A.D. 1989. The movements and spawning behaviour of adult salmon in the Girnock Burn, a tributary of the Aberdeenshire Dee, 1986. - Scott. Fish. Res. Rep. 40: 1-42.
- Økland, F., Erkinaro, J., Moen, K., Niemelä, E., Fiske, P., McKinley, R.S. & Thorstad, E.B. 2001. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: phases of migratory behaviour. - J. Fish Biol. 59: 862-874.
- Aarestrup, K., Jepsen, N., Rasmussen, G., Økland, F., Thorstad, E.B. & Holdensgaard, G. 2000. Prespawning migratory behaviour and spawning success of sea-ranched Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the River Gudenaa, Denmark. - Fish. Mgmt. Ecol. 7: 387-400.

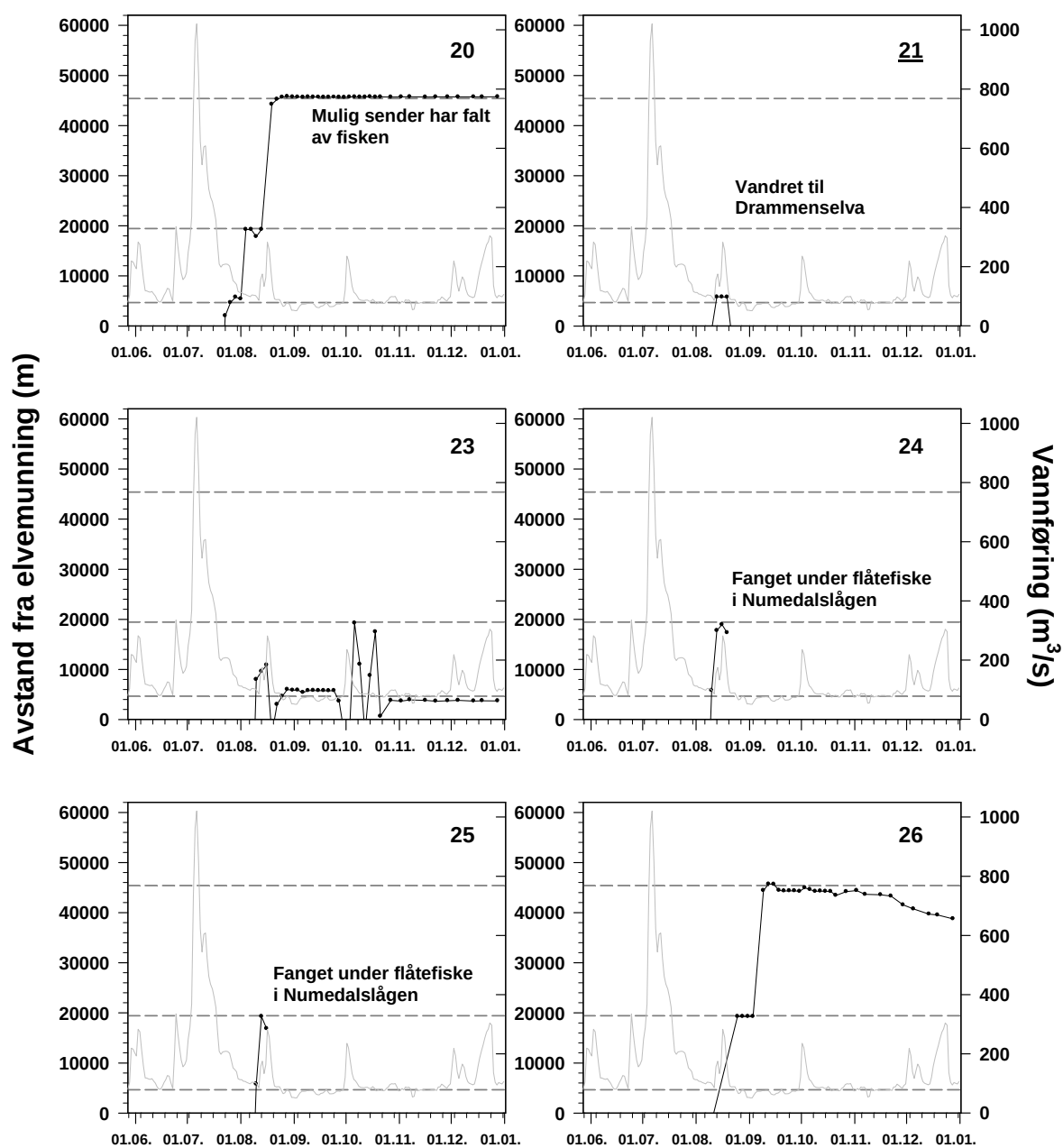
VEDLEGG 1

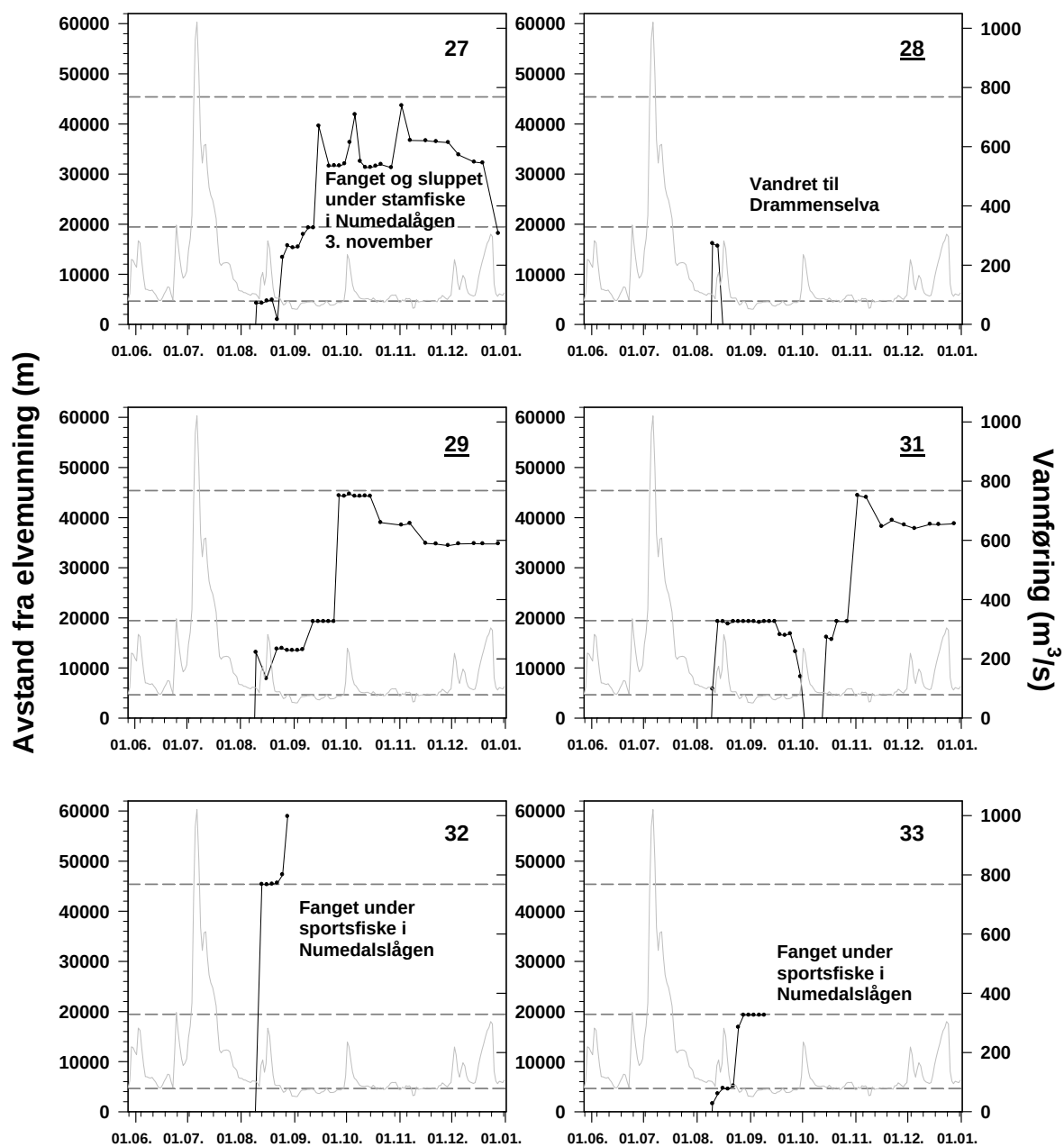
*Vandringsmønster hos radiomerket laks i Numedalslågen til og med 28. desember 2007 basert på manuelle peilinger (svart linje, hvor peiletidspunkter er angitt med prikker). Posisjoner er angitt som avstand fra elvemunningen (det vil si bru over elva ved fylkesvei 303). Vannføringen ved Holmfoss er vist som grå linje. Horisontale stiplede linjer angir Åbyfoss (nederste), Holmfoss (midterste) og Hoggveita (øverste). Fiskenumre er de som er benyttet i **tabell 2**. Fisk som ble karakterisert som kultivert laks har understreket nummer, de øvrige ble karakterisert som villaks.*

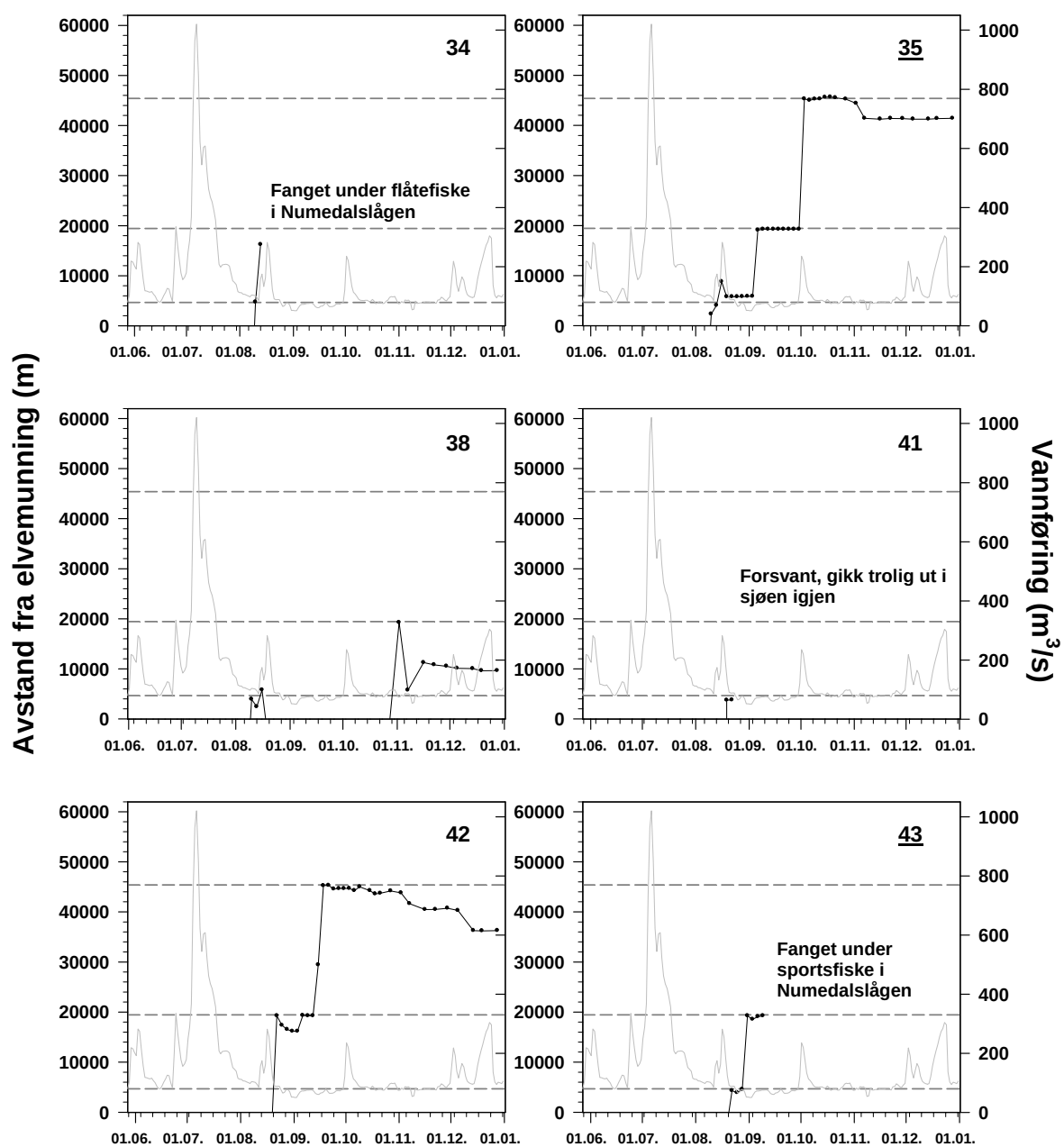


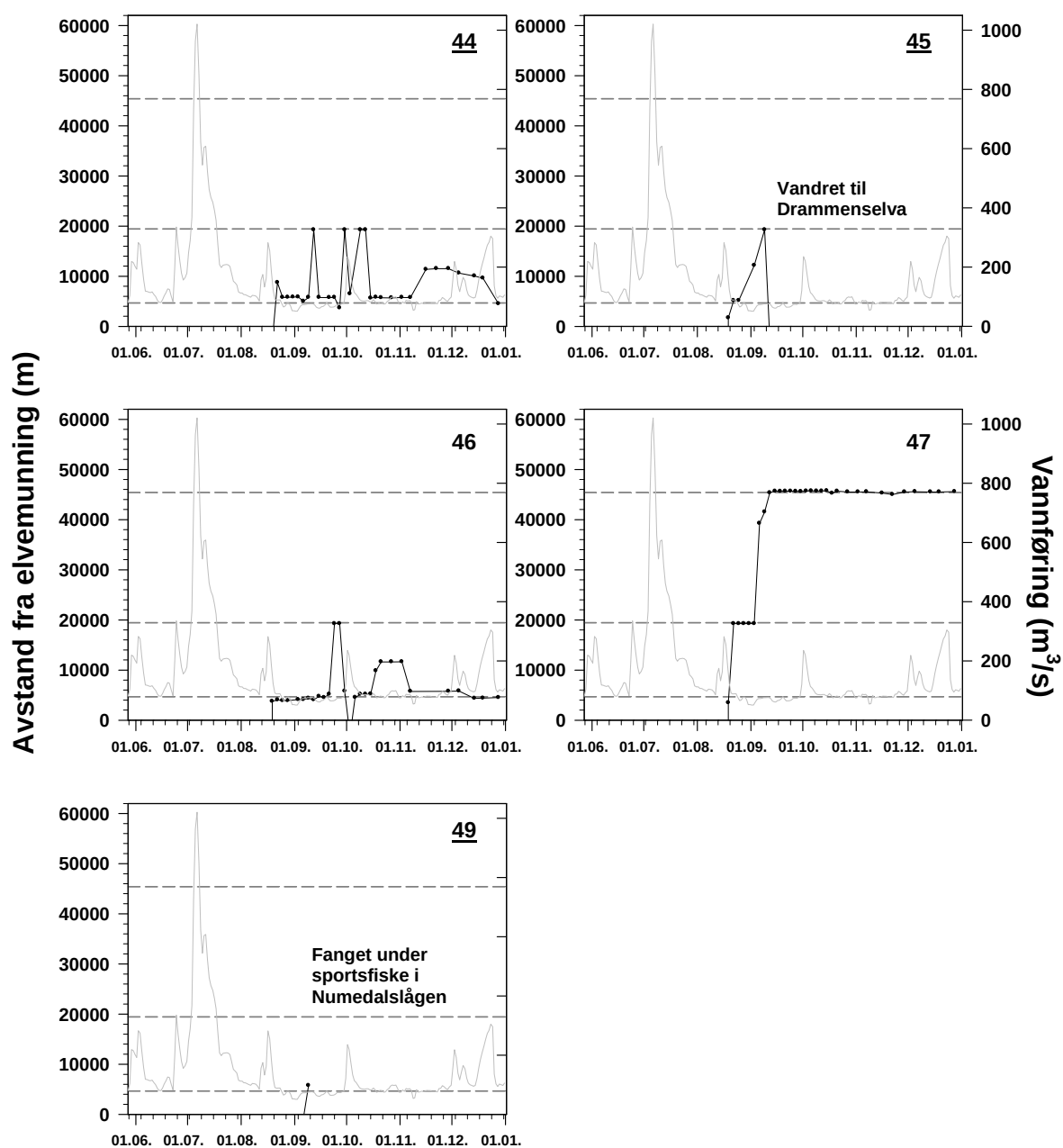












NINA Rapport 360

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-1924-2



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