

Jo Vegar Arnekleiv, Lars Rønning,
Torbjørn Forseth, Peder Fiske, Jarl Koksvik,
Kjetil Hindar og Gaute Kjærstad

Smoltundersøkelser i Driva 2005-2009





Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Vitenskapsmuseet
Rapport zoologisk serie 2010-5

Smoltundersøkelser i Driva 2005-2009

Jo Vegar Arnekleiv, Lars Rønning, Torbjørn Forseth, Peder Fiske,
Jarl Koksvik, Kjetil Hindar og Gaute Kjærstad

Laboratoriet for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI, rapport nr. 139)
Trondheim, juli 2010



Utgiver: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Vitenskapsmuseet
Seksjon for naturhistorie
7491 Trondheim
Telefon: 73 59 22 80
Telefaks: 73 59 22 95
e-mail: naturhistorie@vm.ntnu.no

Tidligere utgivelser i samme serie, se under ”Publikasjoner” på nettsiden:
<http://www.ntnu.no/vitenskapsmuseet>

Forsidebilde: Hybridsmolt fra Driva. Foto: Jarl Koksvik

ISBN 978-82-7126-906-7
ISSN 0802-0833

REFERAT

Arnekleiv, J.V., Rønning, L., Forseth, T., Fiske, P., Koksvik, J., Hindar, K. & Kjærstad, G. 2010. Smoltundersøkelser i Driva 2005-2009. – NTNU Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 2010, 5: 1-55.

I forbindelse med nytt reglement for Driva kraftverk ble det vedtatt å utføre smoltundersøkelser i Driva for å kartlegge mulige effekter av endringen i manøvreringen for fiskebestandene. LFI ved NTNU Vitenskapsmuseet og NINA har i samarbeid gjennomført smoltundersøkelsen i perioden 2005-2009.

Vi benyttet to smoltfeller; en tradisjonell notfelle og et smolthjul for fangst av utvandrende smolt. Det ble fanget signifikant mer ørret pr. innsats i notfella enn i smolthjulet, mens det for laks og hybrid ikke var forskjell i fangst pr. innsats mellom notfelle og smolthjul.

Totalt ble det foretatt morfologisk artsbestemmelse av 5031 smolt i felt. Det var et betydelig antall hybrider i smoltmaterialet, og for å sikre korrekt artsbestemmelse ble det fortløpende gjennomført genetiske analyser av totalt 2095 smolt. De genetiske analysene ble videre brukt til å korrigere artsbestemmelsen i felt og artsfordelingen av det totale materialet. Etter korrigering bestod det totale smoltmaterialet av 1129 laks (22,9 %), 1345 hybrid (27,3 %) og 2458 ørret (49,8 %).

For totalmaterialet (2005-2009) var laksesmolten yngst (gjennomsnittsalder 2,9 år) og kortest (gjennomsnitt 142,6 mm), mens ørretsmolten var eldst (gjennomsnittsalder 3,9 år) og lengst (182,7 mm). Hybridene inntok en mellomstilling med gjennomsnittsalder 3,5 år og gjennomsnittslengde på 156,7 mm. Ørretsmolten hadde høyest kondisjonsfaktor ($k=0,82$), mens hybridsmolten hadde lavest ($k=0,75$) og lakssmolten lå i mellom ($k=0,78$). Det var signifikant overvekt av hunnfisk hos laks- og ørretsmolten, mens dette ikke var tilfelle hos hybridene.

Smoltutvandringen startet i slutten av april og kulminerte rett i forkant av, eller i begynnelsen av vårflomtoppen i juni. Økning i vannføring var positivt korrelert med økning i smoltutvandring. Tidspunktet for 50 % utvandring, basert på totalmaterialet fra notfelle og smolthjul, varierte for laksesmolten mellom 9. mai (2008) og 25. mai (2007). For hybridene var tidligste utvandring (50 %) 2. mai (2008 og 2009) og seineste utvandring 24. mai (2005). Ørretsmolten (50 %) vandret tidligst 2. mai (2009) og seinest 26. mai (2006).

Basert på utvandringsdata fra notfella, vannføring, vanntemperatur og endring i disse, ble det utviklet en smoltmodell for laks og ørret, og denne ble benyttet til å simulere smoltutvandringen ved gammelt og nytt manøvreringsreglement for Driva kraftverk. Selv om både datagrunnlaget for smoltutvandring, de utviklede smoltmodellene og de simulerte vannføringsforholdene er belagt med usikkerhet og feilkilder, konkluderes det med at endringene i vannføring i det nye reglementet er så små at det er overveiende sannsynlig at det nye reglementet ikke vil påvirke smoltens utvandring og overlevelse. I tillegg vil mye av smolten komme fra deler av Driva som ikke er påvirket av endringene (oppstrøms utløpet av kraftverket).

Det ble gjennomført et elfiske for merking av presmolt (totalt 1507 stk.) i ulike deler av Drivavassdraget i april 2008. Andelen presmolt ørret var størst nederst i Driva og avtok oppover vassdraget, mens det motsatte var tilfelle for laks. Andelen hybrider var lavest i Grøvu og høyest øverst i Driva, fra Oppdal sentrum til Magalauet.

Gjenfangster av laksesmolt ga grunnlag for å beregne mengde laksesmolt i 2008, mens gjenfangstene av hybrid og ørret var for lave til tetthetsberegning. Tettheten av laksesmolt ble estimert til 0,11 smolt pr. 100 m², hvilket er svært lavt sammenlignet med andre lakselver i regionen.

634 utvandrende smolt fanget i smolthjulet ble merket med carlinmerker i undersøkelsesperioden 2005-2008. Pr. januar 2010 var det ingen rapporterte gjenfangster. I andre delprosjekter er det undersøkt infeksjon av *G. salaris* på smolten, undersøkt sjøvannstoleranse og smoltfysiologi, og studert vandringsatferd i sjøen til laks-, hybrid- og ørretsmolt. Foreløpige resultater fra disse delprosjektene er referert i rapporten.

Emneord: Vassdragsregulering, laks, ørret, hybrider (laks x ørret), smoltutvandring, smoltmodell

Jo Vegar Arnekleiv, Lars Rønning, Gaute Kjærstad. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Vitenskapsmuseet, Seksjon for naturhistorie, N-7491 Trondheim
Torbjørn Forseth, Peder Fiske, Kjetil Hindar. Norsk institutt for naturforskning (NINA), N-7485 Trondheim
Jarl Koksvik, Direktoratet for naturforvaltning, N-7485 Trondheim

ABSTRACT

Arnekleiv, J.V., Rønning, L., Forseth, T., Fiske, P., Koksvik, J., Hindar, K. & Kjærstad, G. 2010. Smoltundersøkelser i Driva 2005-2009. – NTNU Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 2010, 5: 1-55.

Due to a new water regulation regime in the Driva power station, it was decided to undertake studies in smolt migrations in the river Driva in order to survey possible effects of the change in water regime on the anadromous fish stocks. Section of Natural History, University of Science and Technology and Norwegian Institute of Nature Research have cooperated in carrying out this investigation in the period 2005-2009.

We used two types of smolt-trap to catch smolt on their migration; a net pouch on a 1 m² steel frame, and a rotary screw trap. The catch per unit effort were significantly higher in the net pouch for brown trout, while the catch of salmon and hybrids did not differ between the two traps.

A total of 5031 smolt were identified to species based on morfological characteristics. There were high numbers of hybrids in the material, and to ensure correct species identification it was necessary to do genetic analyses using microsatelitts. 2095 smolts were identified by genetic analyses and the species identification were adjusted according to this. The total smolt material constituted of 1129 Atlantic salmon (22.9 %), 1345 hybrids (27.3 %) and 2458 brown trout (49.8 %).

Salmon smolt had the lowest average age (2.9 years) and were shortest (average length 142.6 mm), and the brown trout smolt were oldest (average 3.9 years) and longest (average length 182.7 mm). Hybrid smolt had an average age of 3.5 years and average length of 156.7 mm. The condition factor were highest in brown trout ($k=0.82$) and lowest in hybrids ($k=0.75$). Salmon had a condition factor of 0.78. There were significantly more females than males in salmon and trout smolts, while in hybrids there were no significant difference in numbers of males-females.

The smolt migration started in end of April and ended before the top spring flood in June. Increasing water discharge were positively correlated with increase in the number of smolt run. The time of 50 % migration varied from 9. May (2008) to 25. May (2007) in salmon, and from 2. May (2008 and 2009) to 24. May (2005) in hybrids. The 50 % trout smolt migration varied from 2. May (2009) to 26. May (2006).

Based on the smolt migration data and data on water discharge, water temperature and the change in these parametres, a smolt model was created for the smolt run of salmon and trout. The models were used to simulate the smolt run during discharge situations with the old and new water regime from the power plant. Given the uncertainties connected to datasets and modelling, we conclude that the changes in water discharge following a new water regime are so small that it is unlikely that it has any effect on the smolt run, or the smolt survival.

Electrofishing were undertaken on the anadromus strech of 85 km, to identify the distribution of salmon, trout and hybrids and to mark presmolt by finclipping for mark-recapture purposes. The portion of brown trout were highest in the lower part of the river, decreasing upwards, while the salmon had a opposite distribution. Hybrids were least common in the tributary Grøvu, and had highest portions in the uppermost part of the river. Based on mark-recapture, the number of salmon smolt were estimated to 0.11 per 100 m², which is a low number.

In other sub-projects we have investigated the infestation of *Gyrodactylus salaris* on smolts, examined smolt physiology and the sea water tolerance and studied the smolt migration in the fjord system. Prelimniary results from these studies are referred to in this report.

Key words: Hydropower regulation, Atlantic salmon, Brown trout, Hybrids (salmon x trout), smolt migration, smolt model

Jo Vegar Arnekleiv, Lars Rønning, Gaute Kjærstad. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Vitenskapsmuseet, Seksjon for naturhistorie, N-7491 Trondheim
Torbjørn Forseth, Peder Fiske, Kjetil Hindar. Norsk institutt for naturforskning (NINA), N-7485 Trondheim
Jarl Koksvik, Direktoratet for naturforvaltning, N-7485 Trondheim

INNHold

REFERAT

ABSTRACT

FORORD	7
1 INNLEDNING	8
1.1 Hensikten med undersøkelsen	9
1.2 Drivavassdraget – kort beskrivelse	9
1.2.1 Beliggenhet – nedbørfelt	9
1.2.2 Reguleringer, manøvreringsreglement og elvebeskrivelse fra Driva kraftverk til sjøen	10
1.2.3 Fiskeelva Driva	11
2 METODER OG MATERIALE	12
2.1 Tradisjonell smoltfelle	12
2.2 Smolthjul	13
2.3 Genetisk bestemmelse	14
2.4 Analyse av individuell smolt og utvandringmønster	15
2.5 Modeller for smoltutvandring	15
2.6 Merking av presmolt og smoltestimat	16
3 RESULTATER	17
3.1 Artsbestemmelse og artsfordeling	17
3.2 Fellefangst – fangsteffektivitet og fordeling	19
3.3 Bestandsparametre hos smolt	19
3.3.1 Alders- og lengdefordeling	19
3.3.2 Kondisjonsfaktor og kjønnsfordeling	22
3.4 Smoltutvandring	23
3.5 Smoltutvandring i Driva med gammelt og nytt manøvreringsreglement	27
3.5.1 Simulerte dataserier for vannføring og vanntemperatur under gammelt og nytt reglement	28
3.5.2 Modellering av smoltutvandringen med gammelt og nytt reglement	29
3.5.3 Diskusjon og konklusjon	29
3.6 Fordeling av presmolt i Driva og smoltestimat	33
3.7 Gjenfangster av carlinmerket smolt, infeksjon av <i>G. salaris</i> , sjøvannstoleranse og postsmoltvandring	35
4 DISKUSJON	37
4.1 Metoder, hybridisering og smoltparametre	39
4.2 Smoltutvandring og virkning av nytt manøvreringsreglement	39
5 SAMMENDRAG	41
6 LITTERATUR	43
VEDLEGG	45

FORORD

I tillatelsen til nytt manøvreringsreglement for Driva kraftverk ble det stilt krav om undersøkelser av de fiskebiologiske forholdene, forholdene for utøvelse av fiske og grunnvannsforhold før og etter iverksetting av nytt manøvreringsreglement.

Rammene for et undersøkelsesprogram ble utarbeidet av en arbeidsgruppe med representanter for regulanten, fylkesmannen i Møre og Romsdal, Sunndal kommune og NVE. Samtidig kom det innspill fra Direktoratet for naturforvaltning (DN) og Norsk institutt for naturforskning (NINA) med ønske om en samordning av smoltundersøkelsen og undersøkelser relatert til *Gyrodactylus* samt å lage en smoltmodell for å beregne utvandring i forhold til miljøendringer. Laboratoriet for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI) ved NTNU Vitenskapsmuseet og NINA fikk deretter i oppdrag å gjennomføre en smoltundersøkelse i Driva etter en felles plan. I tillegg ble det gjennomført undersøkelser på sjøvannstoleranse hos ørret, laks og hybrider, samt på vandringsatferd til smolt i Sunndalsfjorden i et samarbeid mellom NIVA og LFI. I 2008 ble det også gjennomført undersøkelser av presmolt (forekomst av laks, ørret og hybrider) i fem områder av Driva helt opp mot Magalaupe i Oppdal i et samarbeid mellom Vitenskapsmuseet, NINA og NTNU.

Denne rapporten er en oppsummering av undersøkelsene for årene 2005-2009, primært smoltundersøkelsene relatert til nytt manøvreringsreglement for Driva kraftverk. Undersøkelsen har vært ledet av NTNU Vitenskapsmuseet med Jo Vegar Arnekleiv som prosjektleder. Torbjørn Forseth, NINA har hatt ansvaret for modellering av smoltutvandringa relatert til miljøvariabler og manøvreringsreglement, mens Kjetil Hindar, NINA har hatt ansvaret for de genetiske analysene av smoltmaterialet. Bjørn Ove Johnsen (NINA) har ansvaret for undersøkelser av gyroinfeksjon på laks, ørret og hybrider, men dette rapporteres i et eget prosjekt. Øvrige analyser av smoltmaterialet er utført av NTNU Vitenskapsmuseet.

Gjennomføringen av feltarbeidet har vært krevende med mange utfordringer både på det tekniske og faglige plan. Vi retter en spesiell takk til arbeidsteamet ved Driva kraftverk som gjorde en ekstra stor innsats for å få smoltfelle og smoltskrue operativ under vanskelige forhold. Likeså takk til Sverre K. Høydal, Driva kraftverk for meget god tilrettelegging. Torveig Balstad og Gunnel Østborg (NINA) takkes for gjennomføring av den genetiske artsbestemmelsen på laboratoriet. Kolbjørn og Anne Marit Furu takkes for god tilrettelegging av oppholdet under vaktordningen med fellene.

Feltarbeidet ble gjennomført av Jarl Koksvik, Lars Rønning, Gaute Kjærstad, Karstein Hårsaker, Aslak Sjursen og Jo Vegar Arnekleiv (LFI). I feltarbeidet med fordeling av presmolt i Driva deltok også Øyvind Solem, Morten Bergan, Hans Mack Berger, Bjørn Ove Johnsen og Nils Arne Hvidsten.

Undersøkelsen er utført på oppdrag fra TrønderEnergi/Driva kraftverk og Direktoratet for naturforvaltning. Selve smoltundersøkelsen er oppdrag fra Driva kraftverk som også har dekket den vesentligste kostnaden. Direktoratet for naturforvaltning har bidratt med midler til de spesifikke undersøkelsene på Gyro-infeksjoner og fordeling av presmolt i Driva.

Trondheim, juni 2010

Jo Vegar Arnekleiv
prosjektleder

1 INNLEDNING

Det er godt kjent at vandring hos laks og sjørret er sterkt påvirket av vannføring og temperatur (se Jonsson 1991, Jonsson & Jonsson 2002). Både oppvandring av voksen fisk og utvandring av smolt synes å stimuleres av økning i vannføring, turbiditeten på ellevannet og temperaturen. Smoltutvandringen av særlig laks er i de seinere årene godt studert i flere norske elver bl.a. Imsa (Hansen og Jonsson 1989, Jonsson og Jonsson 2002), Orkla (Hvidsten et al. 1995), Stjørdalselva (Arnekleiv et al. 2007, Hembre et al. 2001) og i Alta (Næsje et al. 1998). I de midtnorske vassdragene synes utvandringstidspunktet å være mest påvirket av økning i vannføring, mens temperaturen synes å være den viktigste utløsende faktoren i Imsa og Alta. I Stjørdalselva påvirkes utvandringen av vassdragsreguleringen i Meråker som påvirker vannføringa i utvandringsperioden. I Orkla fant Hvidsten et al. (2004) en positiv sammenheng mellom vintervannføring, fosforinnhold i vannmassene og smoltproduksjon.

Undersøkelser i både Orkla og Stjørdalselva viser at etter at fisken har gjennomgått smoltifiseringsprosessen så er vannføringsøkning framfor temperaturøkning den utløsende faktoren for utvandringa av både laks- og sjørretsmolt. I Stjørdalselva var laksen sjøtolerant fra tidsrommet 4.-10. mai og utover, mens vi ikke har tilsvarende data på sjørret. Utvandringa av sjørretsmolt fulgte laksesmolten, men var spredt over en noe lengre periode (Arnekleiv et al. 2000, Hembre et al. 2001). Begge artene vandra ut i perioder med høy vannføring, som regel sammenfallende med vårflommen, og spesielt ved økning i vannføringa. Ved lav og stabil vannføring i utvandringsperioden kunne små vannføringsøkninger gi stor utvandring. Siden vårflommen i Driva er noe seinere enn i Orkla og Stjørdalselva, var det i utgangspunktet noe mer usikkert når hovedutvandringa skjer her.

I forbindelse med at TrønderEnergi igangsatte et arbeid med tanke på en endring av manøvreringsreglementet for Driva kraftverk, ble det utført en sammenstilling og vurdering av eksisterende data om fiskebiologiske forhold og fangststatistikk for Driva (Arnekleiv & Koksvik 2002). Endringer i manøvreringsreglementet vil få innvirkning på vannføringsforholdene og sannsynligvis også vanntemperaturen i Driva. Det var usikkert om disse endringene kunne få innvirkning på smoltutvandring og oppvandring av voksen fisk og eventuelt utøvelse av fiske.

Årsaken til at eventuell endring i utvandringsmønster under det nye reglementet skal undersøkes er at tidspunkt for utvandring og miljøforhold under utvandring kan ha betydning for smoltens overlevelse etter at den er kommet ut i fjorden (Thorstad mfl. 2006). Smolt fra ulike deler av landet vandrer ut fra elvene til ulike tidspunkt (fra seint april til ut i juli), men smolten kommer i gjennomsnitt ut i fjordene når vanntemperaturen der har nådd ca. 8 °C (Hvidsten, Heggberget & Jensen 1998). Det er antatt at dette er gunstig for smoltens overlevelse (evne til saltregulering og tilgang på mat) og at smolten i ulike elver bruker ulike triggere (temperatur og vannføringsforhold) for å nå sjøen til rett tid (f. eks. Hvidsten mfl. 1995, Hvidsten, Heggberget & Jensen 1998, Hembre, Arnekleiv & L'Abée-Lund 2001). Videre er det antatt at synkron utvandring (mange smolt går samtidig) er gunstig i forhold til å redusere predasjonen fra særlig marin fisk (Hvidsten & Møkkelgjerd 1987, Hvidsten & Lund 1988). Endelig er det antatt og dels vist (Hvidsten & Hansen 1988, Forseth mfl. 2003) at høy vannføring under smoltutvandringen kan være gunstig for smoltens overlevelse i fjorden. Mulige forklaringer er at høy vannføring gir mye ferskvann i fjorden (som kan beskytte mot f. eks. lakselus og lette saltreguleringen) og kan gi gunstige strømningsmønster ut fjorden som bidrar til raskere utvandring.

TrønderEnergi har derfor bestilt en undersøkelse om smoltutvandringen i Driva hvor LFI og NINA samarbeider om gjennomføringen. Både smoltens egenskaper (arts- og aldersfordeling, kondisjon m.m) og utvandringstidspunkt er kunnskap en manglet om Driva. Gjennom en smoltundersøkelse vil vi forsøke å finne sammenhenger mellom smoltutvandringen og ulike miljøfaktorer, for videre å kunne lage en modell som kan anvendes til å simulere smoltutvandringen ved ulike vassføringer og temperaturforhold. Dette vil gjøre det mulig å simulere effekten av endret manøvreringsreglement på smoltutvandringen. Siden det nye reglementet skal fungere for både laks og ørret må en ha data om utvandring til begge artene og eventuelt hybrider (krysninger mellom laks og ørret) for å lage en modell tilpasset situasjonen i Driva. Det er vist at hybridiseringsandelen (mellom ørret og laks) er høy i Driva (Johnsen *et al.* 2004). Fordi vi mangler erfaringer med, og at det trolig er vanskelig å identifisere ørret, laks og hybrider i smoltmaterialet, må et utvalg av smolten fordelt over hele utvandringsperioden artsbestemmes genetisk. Bare slik kan man være sikker på at ørretmodellen faktisk er basert på ørretsmolt og at de laksesmoltene vi fanger faktisk er laks.

Samtidig har miljøforvaltningen behov for å kartlegge smoltutvandringen av hybrider (og om de er bærere av *G. salaris*.) fra vassdraget, og i den grad det er mulig, skaffe informasjon om hvordan hybridfisk oppfører seg (vandringsmønster – tilbake til elv, feilvandring osv.). Slik informasjon vil skaffes til veie ved å analysere fisk fanget i smoltfellene, ved å telle gyro på utvalgte fisk fra smolthjulet og ved å brikkemerke og slippe videre det meste av fisken.

NTNU og NINA har slik sett samarbeidet om studier av laks, ørret og deres hybrider i Driva i flere år. I disse studiene inngår økologiske, morfologiske, parasittologiske og genetiske analyser.

1.1 Hensikten med undersøkelsen

Denne undersøkelsen skal gi en beskrivelse av utvandringen av laks- og sjørretsmolt, og så godt som mulig predikere effekt av endret manøvreringsreglement for smoltutvandringen i henhold til kgl. res. av 23. april 2004. Det skal fokuseres på når smolten vandrer og hvilke miljøvariabler (vannføring, vanntemperatur, månefase, skydekke etc.) som har innvirkning på, og betyr mest for smoltutvandringa. Art, lengde, alder og kjønn av utvandrende smolt skal inngå i undersøkelsen. Videre var det ønskelig å undersøke fordelingen av laks, hybrider og ørret ved kombinasjon av artsbestemmelse i felt og genetiske analyser, og brikkemerke (Carlinmerke) utvandrende laks/hybridsmolt for økt kunnskap om hybridisering og vandring.

1.2 Drivavassdraget – kort beskrivelse

1.2.1 Beliggenhet – nedbørfelt

Driva er et av Midt-Norges største vassdrag. Vassdraget har sitt utspring på Dovrefjell ved Snøhetta og Åmotdalsflyene, ca. 150 km fra utløpet ved Sunndalsøra. Øverst samler vassdraget seg i Drivdalen og renner nordover mot Oppdal der elva dreier mot vest ned Sunndalen. Også store deler av Trollheimen (nordre delfelter) drenerer til Driva og store deler av nedbørfeltet er derfor høytliggende fjellområder; 70 % ligger over 1000 m.o.h.

Driva har et nedbørfelt på 2484 km² pluss 46 km² overført til Driva kraftverk fra Toåas felt. Middelvannføringen ved utløpet i Sunndalsfjorden er på ca. 68 m³/s.

Typisk for hovedelva er et relativt jevnt fall hele veien fra Dovrefjell hvor lange strykpartier dominerer, avbrutt av roligere partier med til dels dype kulper, mens større fosser mangler i hovedelva.

Vassdraget har en rekke større sideelver, flere av disse med imponerende fosser som Lindøla, Reppa og Svøku som løper sammen med Grøvu i Åmotan. I feltets nordre del er sideelvene Otta, Vindøla, Festa, Dørumselva og Vekveelva berørt i forbindelse med reguleringen til Driva kraftverk.

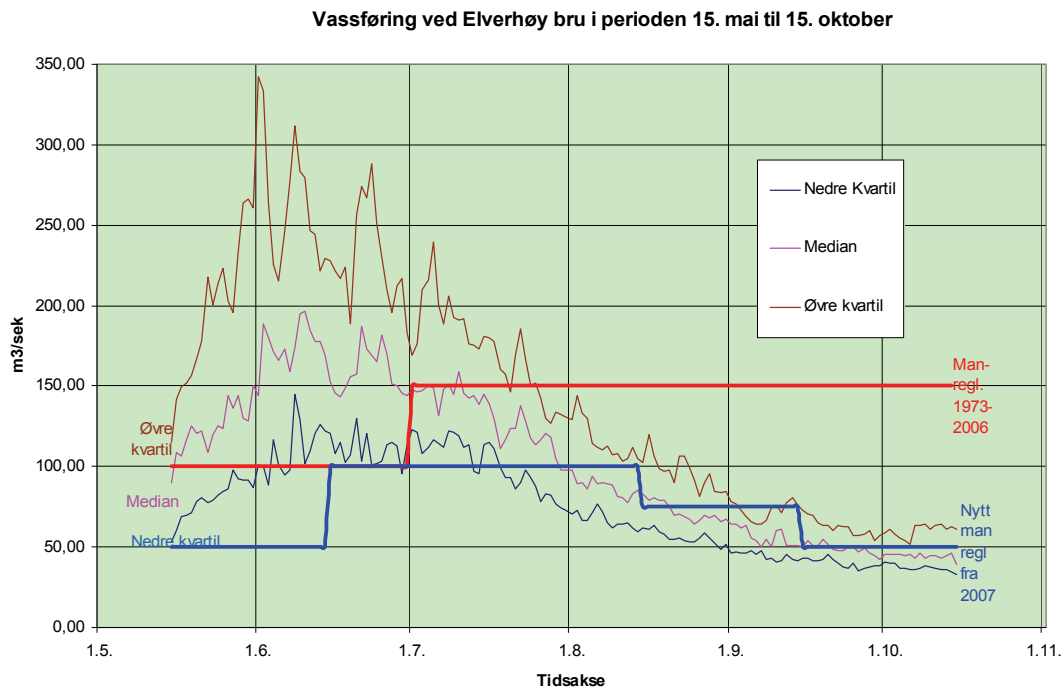
1.2.2 Reguleringer, manøvreringsreglement og elvebeskrivelse fra Driva kraftverk til sjøen

Drivas høytliggende nedbørfelt medfører en forholdsvis sein avsmelting, og vårflommen starter ikke før i slutten av mai/begynnelsen av juni de fleste år, men varer som regel til godt ut i juli. Deretter avtar vannføringen mer eller mindre jevnt til høstvannføring på +/- 50 m³/s i oktober, jf. fig. 1. Driva kraftverk påvirker vannføringen i Driva ved redusert vannføring på strekningen Festa – Littlefale, mens strekningen fra Littlefale (Driva kraftverk) til utløp fjorden påvirkes av kjøringen av Driva kraftverk.

Driva kraftverk har en midlere årsproduksjon på 575 GWh og omfatter et nedbørfelt (inkl øvre deler av Toåa) på 410 km². Drivavassdraget har få innsjøer, noe som gir liten evne til å dempe vannføringssendringer. Det regulerede Gjevilvatnet (21 km²) er vassdragets viktigste magasin.

Manøvreringsreglementet som ble endret i 2004, ref. Kgl. res. av 23.04.2004, gir bestemmelser om vannslippet gjennom Driva kraftverk i perioden 15.mai – 15. oktober. Når vannføringen ved Elverhøy bru kommer under 50 m³/s i perioden 15. mai til 14. juni skal det slippes vann gjennom Driva kraftverk tilsvarende en gjennomsnittsvannføring på minimum 10 m³/s forutsatt at et fyllingskrav i Gjevilvatnet er oppnådd. Innslagspunktet (vannføringsgrense målt ved Elverhøy bru, Driva) for når kraftverket plikter å kjøre, og relatert til fyllingskravet for Gjevilvatnet til enhver tid, er vist i figur 1. I praksis er det aktuelt å slippe mellom 10 m³/s og 30 m³/s som er maksimal driftsvannføring.

Det er elvstrekningen mellom Driva kraftverk og utløp sjøen (se fig. 2) som blir berørt av endringer i manøvreringen (se fig. 1). Utløpet fra kraftverket ligger på kote ca. 91 m o.h. og strekningen ned til sjøen er ca. 22 km (fall 1:242). Elva faller jevnt på denne strekningen med høler og rolige partier med relativt lange, slake stryk i mellom. Elva renner på denne strekningen gjennom Sunndalen som her danner en dyp (>1500m) U-dal der den relativt flate dalbunnen i 1 – 2 km bredde er dominert av glasifluviale avsetninger hvor elva meandrerer. Ved Gikling har elva skåret seg gjennom Giklingmorenen, et markert minne etter siste store breframstøt ved avslutningen av istiden. Videre nedover dalen finner vi flere gamle deltaplataer som elva senere har formet. Områdene rundt elva er delvis dyrka mark, delvis flommarkskog. På Grøa, Holssanden, Furu og Sunndalsøra er det tettbebyggelse med boliger og industri nær elva. I disse områdene er det bygd flomvern og erosjonsvern langs store deler av elva. Stedvis er også mye av dyrkamarka beskyttet ved hjelp av forbygninger.



Figur 1. Vannføringer (median, øvre og nedre kvartil) i Driva ved Elverhøy bru, med innlagt restriksjon for kjøring av Driva kraftverk i forhold til nytt (blå strek) og gammelt (rød strek) manøvreringsreglement.

1.2.3 Fiskeelva Driva

Driva har en laks- og sjøørretførende strekning på 85 km i hovedelva opp til Magalaupet, og 5 km i Grøvu (Gjøvik 1981). Driva er en svært populær fiskeelv med stor produksjon av sjøørret og tidligere også laks. Elva ble sist på 70-tallet infisert av *Gyrodactylus salaris*, og dette ødela i løpet av få år rekrutteringen av laks (jf. Johnsen et al. 1999). Før smitten av lakseparasitten, var Driva rangert som nr. 4 til nr. 11 blant landets lakseelver (perioden 1969-1978) (NOU 1999-9). Drivalaksen hadde høy gjennomsnittsvekt og Driva var således betraktet som ei storlakselv. Laksefisket har siden blitt opprettholdt gjennom utsetting, i det Driva Kraftverk (DK) har et pålegg om utsetting av 35 000 laksesmolt årlig. Dette pålegget ble nylig revidert av DN og er nå midlertidig stoppet. Inntil videre er DK pålagt av DN å ta vare på stammen av drivalaksen, noe som blir gjort gjennom genbanken i Haukvik i Hemne.

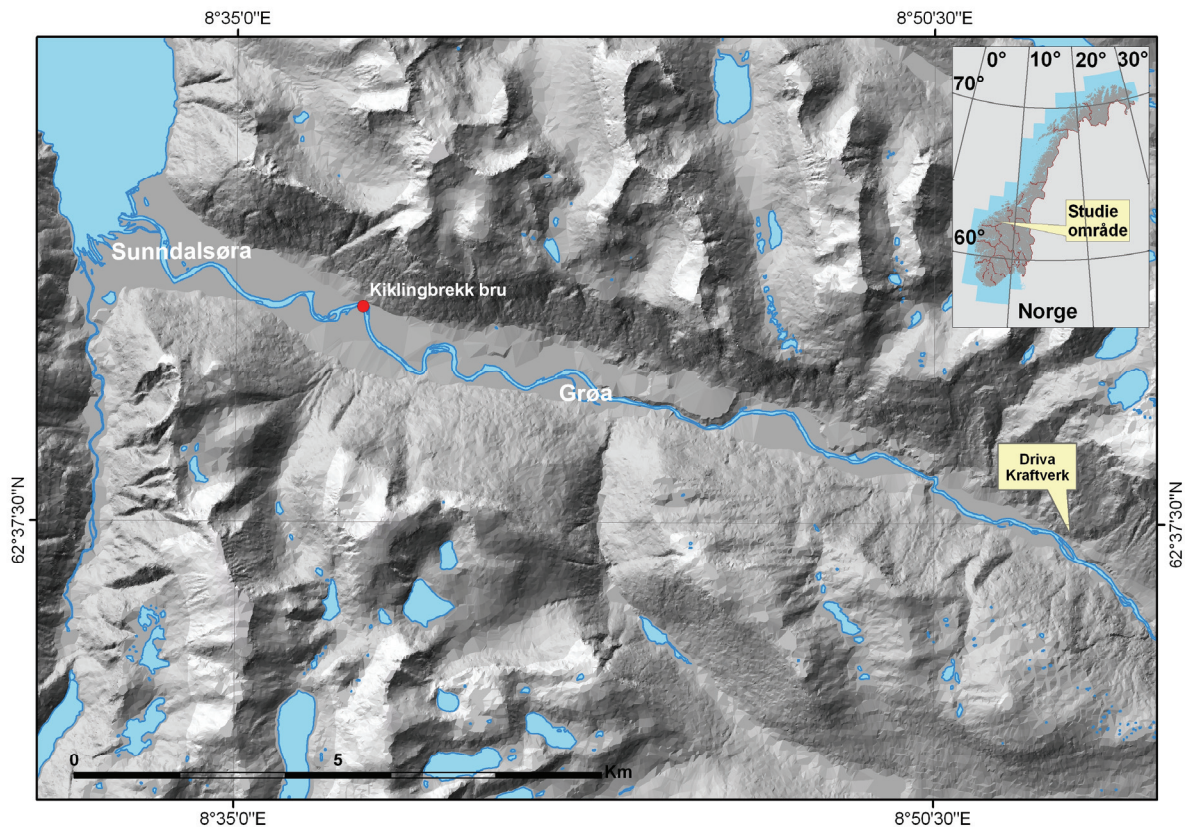
Gjennomsnittlig fangst av laks og sjøørret siden registreringene startet i 1876 er totalt ca. 7,2 tonn pr. år. Etter infeksjonen med *Gyrodactylus salaris* har gjennomsnittsfangsten vært 6,5 tonn pr. år, av dette 1,4 tonn laks og 5,1 tonn sjøørret. Driva er i dag kjent for å være ei av landets beste sjøørretelver, med en stamme av meget stor fisk (kludd). I dag er fluefisket mest utbredt, men det fiskes også med mark og sluk, særlig helt nederst i elva. Driva er prioritert som ett av de nasjonale laksevassdragene (NOU 1999-9), og Drivas nedbørfelt ovenfor sam-løp Festa og delfelt Grøvu er varig vernet mot kraftutbygging.

2 METODER OG MATERIALE

Det ble gjennomført befaringer for å vurdere et best mulig sted for fangst av smolt. Siden mye av sjørreten fanges i nedre del av elva, ønsket vi en plassering langt ned i vassdraget for å sikre at størst mulig av produksjonsarealet for sjørretet ble med. Valget falt på området ved Kiklingbrekkhølen. Her er elvestrømmen relativt konsentrert i tillegg til at Kiklingbrekkbrua kunne brukes til montering av vinsj etc. Konsentrert elvestrøm ble vurdert som viktig siden andre undersøkelser har vist at smolten gjerne følger hovedstrømmen.

2.1 Tradisjonell smoltfelle

Det ble etablert ei fangstfelle av trålnottypen fra Kiklingbrekkbrua, drevet av en elektrisk vinsj. Fella var av samme type som blir benyttet i Orkla og Stjørdalselva (jf. Hesthagen & Garnås 1986). Fella består av en kvadratisk stålramme (1 m² åpning) påmontert en ca. 7 m lang notpose (maskevidde 9-10,5 mm) og med en liten avtagbar notpose i enden (fig. 3). Smoltfella ble operert hver natt mellom kl. 20 og kl. 08 i perioden ca. 20. april til 1. juli. Fangstperioden varierte noe mellom årene, og var noe kortere (til ca. 20. juni) de siste to årene. Fella ble ettersett jevnlig og normalt tømt og røktet om morgenen, men i perioder med høy vannføring og mye rask, måtte fella tømmes og røktes flere ganger i løpet av natta. Enkelte netter med ekstremt høy vannføring ble fangsttiden kortet inn og fella sto da ute i den mørkeste delen av natta. Noen få netter var fella helt ute av funksjon, bl.a revna hâvposen ved en anledning.



Figur 2. Kart av Driva nedenfor Driva kraftverk. Kiklingbrekk bru, hvor smoltfangsten foregikk fra, er angitt.

Smolt som ble fanget i denne felletypen ble artsbestemt i felt ut fra morfologiske karakterer, og all smolt ble lengdemålt, veid og loggført. Et utvalg sjøørretsmolt, hybridfisk og lakssmolt ble hvert døgn tatt ut for videre analyse. Det ble tatt vare på $\frac{3}{4}$ av en bukfinne fra ca. hver femte fisk som morfologisk ble bestemt til laks/hybrid og fra ca. hver 20. ørret for genetisk artsbestemmelse. Ved løpende å gjennomføre genetisk artsbestemmelse kunne vi avgjøre hvor gode de morfologiske artsbestemmelsene var, og ev. justere opplegget. Genetisk artsbestemmelse var viktig for å vite hvilken "art" som vandret ut når, og fordi det var spesielt vanskelig å skille ut laks og hybrider i dette materialet siden fiskene som regel mistet skjellene og ble skadet i fella.

Totalt ble det fanget 3291 smolt i notfella i perioden 2005-2009.

2.2 Smolthjul

Nederst på Kiklingbrekkhølen ble det etablert en kabelbane tvers over elva for drift av et smolthjul. Smolthjulet har den fordel at det fanger levende smolt, og i tillegg vil et smolthjul og ei tradisjonell smoltfelle kunne ha noe ulik fangsteffektivitet for ulike arter og utfylle hverandre slik at man får et mest mulig representativt utvalg av utvandrende smolt. Smolthjul (=smoltskrue) er nærmere beskrevet i Thedinga et al.(1994) og vist i figur 4. Smolthjulet var i drift mellom kl. 20 og kl. 08 i perioden ca. 20. april til 20. juni, men viste seg å kreve jevnlig ettersyn og rengjøring. Kabelbanen ble justert og oppgradert flere ganger, men det viste seg vanskelig å manøvrere smolthjulet på store vannføringer. Fram til hovedflommen ble hjulet plassert i hovedstrømmen hvoretter det måtte flyttes på grunn av hurtig gjenklogging og stopp under flommen. Hjulet ble da operert i kortere tidsintervaller og i perioder flyttet ut av hovedstrømmen og mot vestre bredd.



Figur 3. Bilde av notfella som ble brukt til smoltfangst fra Kiklingbrekk bru. Foto: J.V. Arnekleiv

Smolt fra hjulet ble håvet over i plastbøtter og seinere oppbevart i perforerte plastkasser før de ble artsbestemt, lengdemålt, brikkermerket og sluppet tilbake i elva, eller valgt ut for andre analyser. Smolten ble artsbestemt morfologisk, lengdemålt og tatt foto av. Det ble tatt prøve av bukfinne (klippet av og spritfiksert $\frac{3}{4}$ av bukfinnen) av hver 2. fisk som morfologisk ble artsbestemt til laks/hybrid, og fra ca. hver 20. ørret for genetisk artsbestemmelse. Smolt som ikke gikk til videre analyse ble de første årene Carlinmerket og satt tilbake i elva. I 2006 og 2008 ble det også tatt ut smolt fra smolthjulet til test av sjøvannstoleranse. I 2008 og 2009 ble henholdsvis 40 og 96 smolt (1/3 av hver av laks, hybrid og ørret) tatt ut for innoperering av hydroakustisk sender i bukhulen til studie av vandringsatferd i sjøen. Hvert år ble et utvalg smolt (ca. hver femte laks/hybrid og ca. hver 30. ørret) håvet fra smolthjulet og holdt adskilt enkeltvis til avliving og deretter fiksert enkeltvis for seinere telling/analyse av *G. salaris*. Hvert år ble også mindre antall smolt fra skruen analysert for øvrige biologiske data (lengde, vekt, otolitt - alder, kjønn).

Totalt ble det fanget 1765 smolt i smolthjulet.

2.3 Genetisk artsbestemmelse

Artstilhørigheten ble undersøkt i to gener fra cellekjernens DNA: et 5SrDNA-gen som av Pendas et al. (1995) er vist å kunne skille mellom laks, ørret og hybrider (laks x ørret), og to mikrosatelitter (SsOSL438 og Ssa197) som av erfaring kan skille de tre gruppene. De genetiske undersøkelsene ble utført av NINA.



Figur 4. Smolthjulet (smoltskruen) som ble benytta til fangst av smolt ved utløp av Kiklingbrekkhølen i Driva. Foto: J.V. Arnekleiv

2.4 Analyse av individuell smolt og utvandringmønster

Etter morfologisk artsbestemmelse, ble all smolt fra notfella lengdemålt, og et utvalg laks, hybridfisk og ørret ble fortløpende analysert videre (alder, kjønn, gonadeutvikling, magefyl-ling) på stedet så langt det tidsmessig lot seg gjøre. Øvrig bearbeidelse (aldersanalyse etc.) skjedde på lab. Tilsvarende analyse ble også foretatt på et utvalg fisk fra smoltskruen.

Med bakgrunn i den genetiske artsbestemmelsen, ble det totale antallet av ørret, laks og hybrider i materialet beregnet. Dette ble gjort ved at det genetiske materialet ble benyttet som fasit og at eventuell prosentvis feilbestemmelse gjort i felt ble korrigert og justert for i det totale materialet der dette ble benyttet til analyse av utvandring og de ulike faktorenes betydning for utvandringen. Fangstperioden ble inndelt i tre tidsperioder og korrigering utført innenfor hver av disse. Utvandringen ble bestemt som antall smolt av hver gruppe fanget pr. døgn i henholdsvis notfelle og smoltskrue. For alle øvrige analyser av alder, lengde, kondisjon etc. på individuell smolt, ble materialet som var genetisk analysert benytta. Dette materialet ble også benytta i analyser av eventuelle forskjeller i parametre mellom ”artene”.

For om mulig å få gjenfangstdata, og informasjon om sjøvandring til særlig hybrider, ble smolt fra smolthjulet Carlinmerket og sluppet i elva etter veiing, finnekipping (for genetisk artsbestemming) og lengdemåling. I 2008 og 2009 ble henholdsvis 40 og 90 smolt merket med hydroakustiske sendere operert inn i bukhulen, for å få data om sjøatferd til individuell smolt av både laks, hybrider og ørret. Det ble lagt ut 12-20 lyttebøyer i Sunndalsfjorden og Tingvollfjorden ut til Krifast. Resultatene fra dette delprosjektet rapporteres ikke her, men det refereres til noen resultater.

For å undersøke om smolt av laks, hybrid og ørret var smoltifisert og sjøtolerante, ble det i 2006 og 2008 gjennomført sjøvannstoleransetester m.m på smolten. Resultatene fra dette delprosjektet rapporteres separat, men det refereres til noen resultater i denne rapporten.

Statiske analyser av smoltdata ble gjennomført i statistikkpakkene SPSS 17.0. Der ikke annet er nevnt er det benytta et signifikansnivå $p=0,05$. Flere ulike statistiske analyser ble foretatt på datasettene.

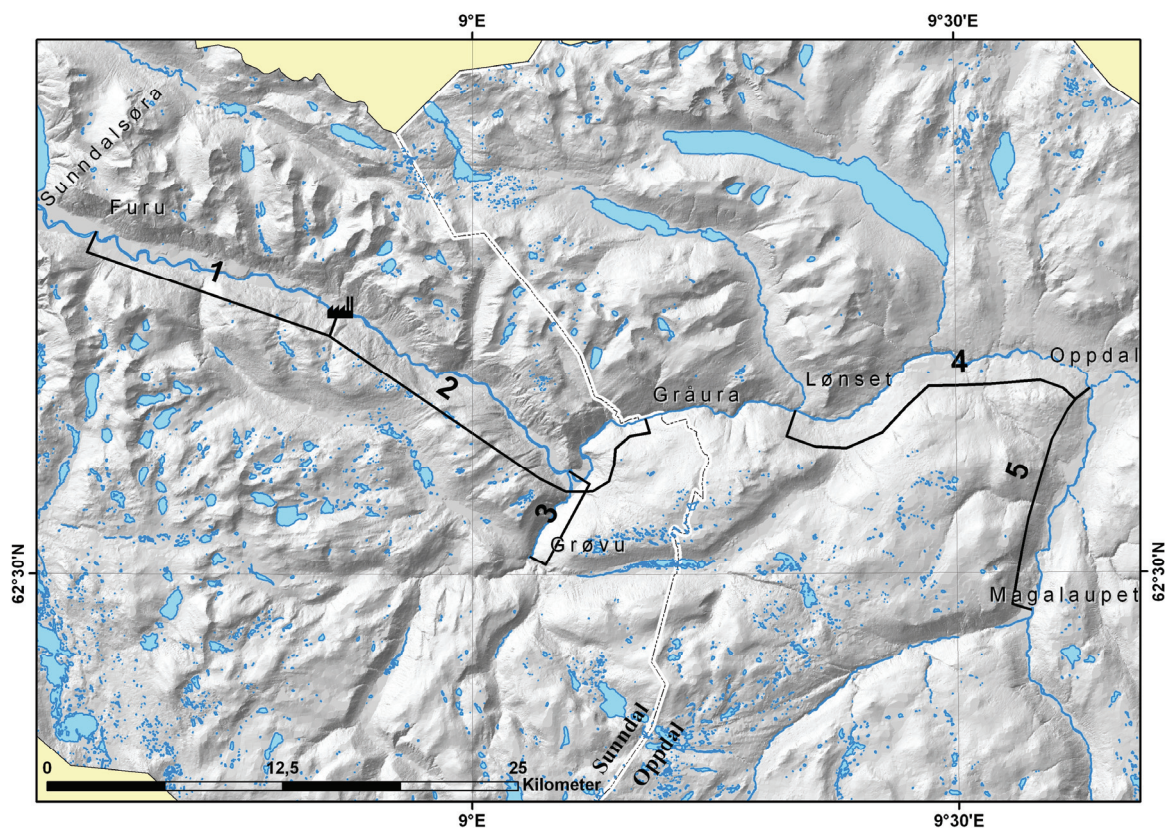
2.5 Modeller for smoltutvandring

Vi tilpasset statistiske modeller til fangstene av ørret- og laksesmolt fra smoltfella i Driva fra årene 2005-2007 (se kapittel 3.4). Smoltutvandringen ble modellert med generaliserte lineære modeller (GLM, Poisson log-linære modeller; McCullagh & Nelder, 1989). Den avhengige variabelen var antall smolt som vandret ut på de ulike dagene, og som uavhengige variable (forklaringsvariable) ble daglige vannføring- og vanntemperaturer og variable avledet av disse benyttet (endringer i vannføring osv). Selve testene ble utført i programpakken R (versjon 1.6.2). I modelleringen ble det som en forenkling antatt at antall smolt som ble fanget i løpet av sesongen representerte hele utvandringen. Antall smolt igjen i elva delt på antall dager som er igjen av utvandringperioden ble brukt som en ”offset” i modellen. Dette vil si at antallet som kan vandre ut i følge modellen er avhengig av antall smolt som er tilgjengelig for utvandring. Slik tar modellen hensyn til at gode forhold for utvandring som oppstår når det er få smolt igjen ikke kan resultere i store utvandring. Det ble utviklet flere modeller med forskjellig antall forklaringsvariable (basert på døgnmiddel vannføring og vanntemperatur). Valget mellom ulike modeller ble gjort ved Akaikes Informasjons Kriterium (AIC, Akaike, 1974)

som avveier antall parametre i modellene og modellenes forklaringsgrader (hvor godt modellen beskriver dataene). De valgte modellene ble brukt i videre simuleringer.

2.6 Merking av presmolt og smoltestimat

I forbindelse med bevaringstiltak for sjøørret ved framtidig Gyrobekjempelse og bygging av fiskesperre i Driva, var det ønskelig med en nærmere genetisk karakterisering av ørretbestanden i ulike deler av Driva, men også å få en oversikt over fordeling av laks, hybrider og ørret innen vassdraget. Det ble derfor foretatt en innsamling av presmolt ved elfiske i 5 ulike soner av Driva i april 2008 (fig. 5): 1-nedre Sunndal, 2-øvre Sunndal, 3-Grøvu (største sideelv), 4-Lønset og 5-Oppdal. Elfisket ble gjennomført ved lav vannføring slik at meste parten av elvetverrsnittet på strykstrekninger var fiskbart også i nedre deler av Driva. Presmolten ble merket ved ulike kombinasjoner av finneklipping, hvor $\frac{3}{4}$ av en finne ble klippet og fiksert på sprit i kryorør for seinere sikker identifikasjon av art og genetisk analyse. Fiskene ble artsbestemt, lengdemålt og satt tilbake i elva. Merkingen av presmolt gjorde det mulig med gjenfangst i smoltfellene og estimering av smoltantall ved merking- gjenfangstmetoden (Ricker 1975) slik som beskrevet i Hvidsten et al. (2004) og Arnekleiv et al. (2007). Totalt ble det merket 1507 presmolt.



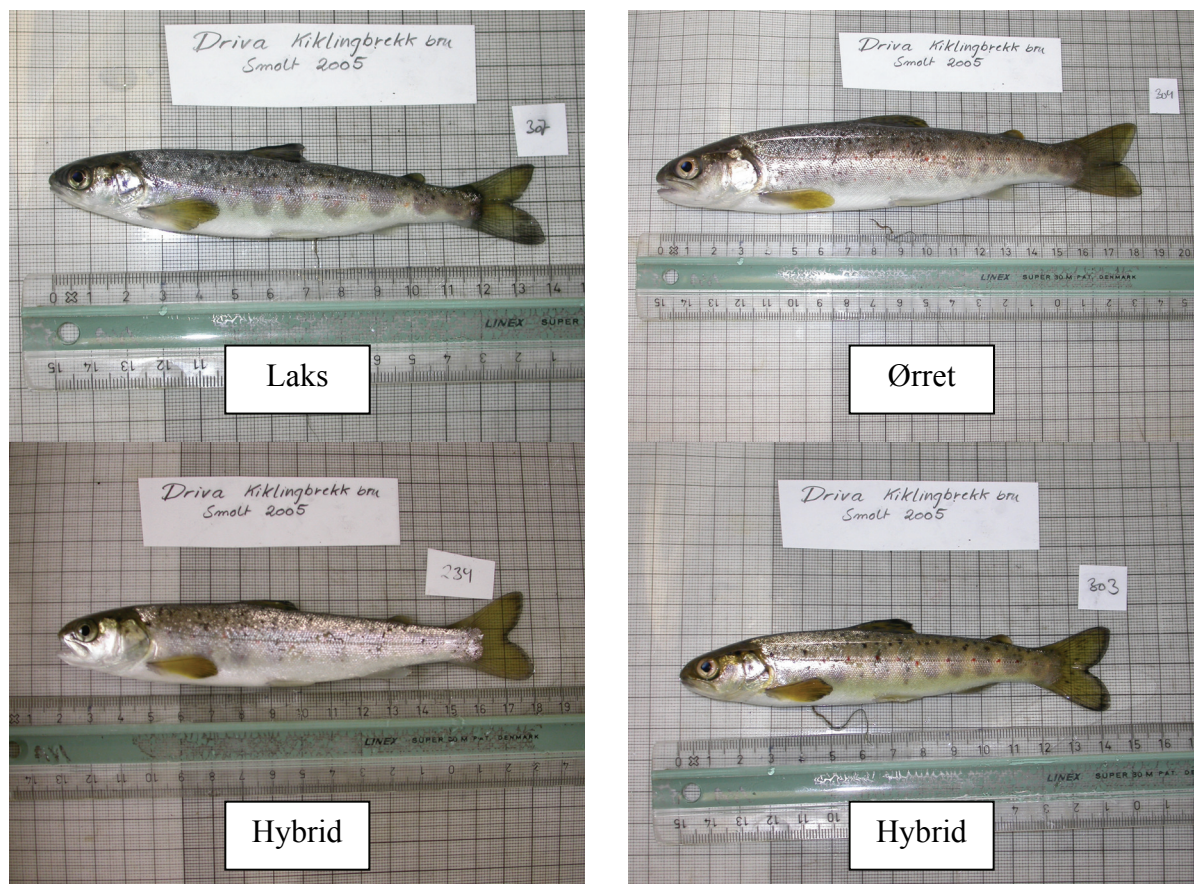
Figur 5. Oversikt over Drivavassdraget og soner (1-5) hvor det ble samlet inn presmolt til merking.

3 RESULTATER

3.1 Artsbestemmelse og artsfordeling

Totalt ble det foretatt morfologisk artsbestemmelse av 5031 smolt i felt. Det var et betydelig antall hybrider i smoltmaterialet, noe som gjorde artsbestemmelsen mer krevende, særlig av smolt som ble fanget i notfella siden de som oftest mistet alle skjell og fikk en del slitasjeskader. Men også levende smolt fra smolthjulet kunne være vanskelig å artsbestemme pga. det til tider store innslaget av hybrider. Figur 6 viser smolt av laks, ørret og hybrid (krysning laks x ørret) med korrekt artsangivelse basert på genetiske analyser.

Artsidentifisering ved hjelp av genetisk analyse ble utført på 2095 smolt av totalt 5031 smolt (41,6 %) samlet i hele perioden. Resultatene viste at feilbestemmelsen i felt på totalmaterialet ut fra morfologiske kjennetegn varierte mellom 22,7 % og 4,5 % i perioden, og var størst det første året (tabell 1). Dette er naturlig siden vi normalt har lave andeler hybrider blant parr og presmolt i friske laksepopulasjoner og dermed begrenset kunnskap om morfologiske karakterer hos hybridsmolt da vi startet. Det var særlig identifiseringen mellom laks og hybrider som var vanskelig ut fra morfologiske kriterier, noe som også illustreres i fig. 6. Feilbestemmelsen av laks/hybrider avtok utover fangstperioden, og med årene, noe som tyder på at vi ut fra morfologiske karakterer etter hvert ble betydelig bedre til å skille ut hybridene fra laksen. Andelen laks som var feilbestemt til hybrider varierte mellom 4,2 og 37,3 % mellom år, mens andelen hybrider som var feilbestemt til laks varierte mellom 0,6 og 15,1 % (tabell 1).



Figur 6. Smolt av laks, ørret og hybrid (krysning laks x ørret) fra Driva. Foto: LFI

Det var svært liten feilbestemming av ørret, og de feilbestemte var i all hovedsak hybrider. Disse resultatene, sammen med den lave feilbestemmelsen av ørret, viser også at de fleste hybridene i Driva morfologisk sett var mer lik laks enn ørret.

De genetiske analysene var videre helt nødvendig for å korrigere utvandringsdataene for de ulike gruppene (ørret, laks og hybrid) av smolt. Ved å legge resultatene fra de genetiske analysene til grunn ble artsbestemmelsene gjort i felt justert slik at det ble tatt hensyn til graden av feilbestemmelse underveis. Resultatene av disse korrigeringene for hele smoltmaterialet er gitt i tabell 2.

I hele materialet sett under ett utgjorde laks en andel på 22,9 %, mens hybrider og ørret utgjorde henholdsvis 27,3 % og 49,8 %. Andelene laks, ørret og hybrider var ganske konsistente gjennom undersøkelsesperioden. Andelen laks varierte mellom 16 % og 29 % mellom år, mens hybridene utgjorde mellom 21 % og 30 %. Ørreten dominerte i fangtsene med en andel på 44-56 %.

Tabell 1. Antall og prosentandel (x) av feilbestemninger av de ulike kategoriene i felt kontrollert mot genetiske analyser. Innenfor hver kategori (for eksempel laks var hybrid) er prosentandelen regnet ut fra antallet artsbestemt i felt og som var genbestemt.

	2005	2006	2007	2008	2009
Totalantall smolt	1138	1190	834	745	1124
Antall genetisk bestemt	414	509	498	345	329
Antall (%) laks var hybrid	75 (37,3)	9 (5,1)	7 (4,2)	12 (13,9)	3 (4,5)
Antall (%) laks var ørret				1 (1,2)	
Antall (%) hybrid var laks	6 (5,6)	37 (15,1)	25 (12,4)	1 (0,6)	9 (4,7)
Antall (%) hybrid var ørret	7 (6,5)	2 (0,8)	3 (1,5)	2 (1,2)	2 (0,6)
Antall (%) ørret var laks					
Antall (%) ørret var hybrid	6 (5,7)	1 (1,1)	1 (1,5)	1 (0,9)	1 (1,4)
Sum antall (%) feilbestemt	94 (22,7)	49 (9,6)	36 (7,2)	17 (4,9)	15 (4,5)

Tabell 2. Totalantall og prosentandel av laks, ørret og hybrider de enkelte år og summert for femårsperioden, der "art" er korrigert etter genetiske analyser (data fra notfelle og smolthjul slått sammen). Ørret som tidligere har vært i sjøen (sjøørret) er ikke tatt med.

	2005 Antall (%)	2006 Antall (%)	2007 Antall (%)	2008 Antall (%)	2009 Antall (%)	Total Antall (%)
Laks	257 (23,1)	320 (27,2)	232 (29,2)	140 (19,4)	180 (16,0)	1129 (22,9)
Hybrid	367 (33,0)	250 (21,2)	206 (25,9)	209 (28,9)	313 (27,8)	1345 (27,3)
Ørret	489 (43,9)	608 (51,6)	357 (44,9)	373 (51,7)	631 (56,1)	2458 (49,8)
Sum	1113	1178	795	722	1124	4932

3.2 Fellefangst – fangsteffektivitet og fordeling

Vi antok at notfelle og smolthjul kunne ha noe ulik fangsteffektivitet på laks og ørret. Ved å benytte en kombinasjon av begge felletypene ville en kunne bedre fangsteffektiviteten totalt.

Figur 7 viser prosentandelen fangst i not og smolthjul for hver av ”artene” i hvert år basert på fangst pr. innsats. Det ble tatt signifikant mer ørret pr. innsats i nota enn i smolthjulet (Mann-Whitney U, $p=0,009$), mens det for laks ikke var signifikant forskjell i antall smolt pr. innsats fanget i not eller smolthjul (Mann-Whitney U, $p=0,754$). For hybridene var gjennomsnittlig fangsteffektiviteten noe større for notfella i forhold til hjulet, men forskjellen var ikke signifikant (Mann-Whitney U, $p=0,117$). Figuren viser imidlertid at fangsteffektiviteten for en art kunne variere mellom not og smolthjul mellom år. Eksempelvis var det større andel hybrider i nota i tre av fem år, mens det i to av årene var relativt liten forskjell i fangsteffektivitet mellom nota og smolthjulet for hybrider.

3.3 Bestandsparametre hos smolt

3.3.1 Alders- og lengdefordeling

Til bestemmning av alder og lengde har vi valgt å bare benytte materiale fra smolthjulet, og bare materiale som er genetisk bestemt til art. En del av smolten fanga i notfella var så skadet at målt smoltlengde fra nota vil inneholde en del usikre lengdedata.

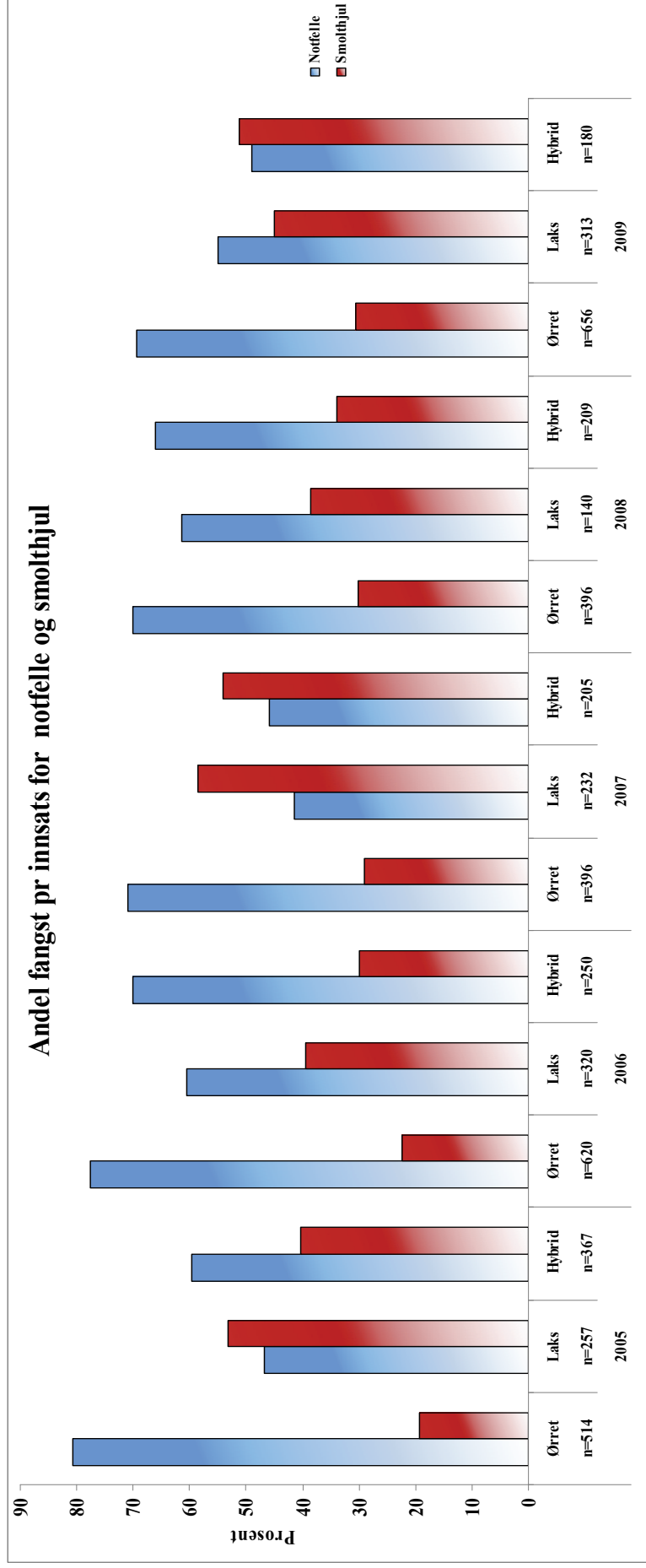
Av totalt 1765 smolt fanget i skruen, ble det aldersbestemt 1171 smolt ved analyse av otolitt. For totalmaterialet (2005-2009) var laksesmolten yngst (gjennomsnittsalder 2,9 år) og kortest (gjennomsnitt 142,6 mm), mens ørretsmolten var eldst (gjennomsnittsalder 3,9 år) og lengst (182,7 mm) (tabell 3). Hybridene inntok en mellomstilling med gjennomsnittsalder 3,5 år og gjennomsnittslengde på 156,7 mm.

Det ble funnet signifikant forskjell i alder mellom laks, ørret og hybrider (Tamhane T2 test, $p<0,05$, alle tester). Det ble også funnet signifikant forskjell i lengde mellom laks, ørret og hybrider (Tamhane T2 test, $p<0,05$, alle tester).

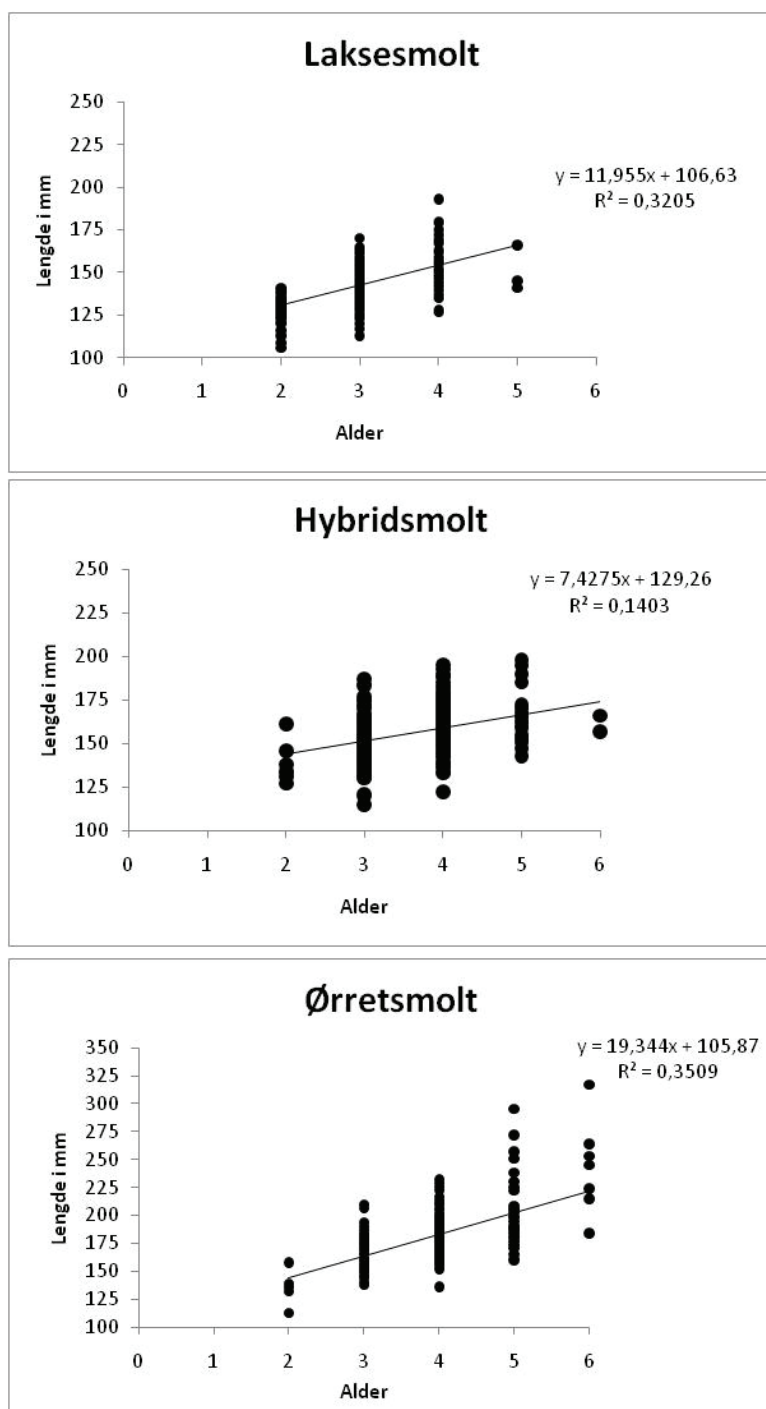
Det var også en signifikant sammenheng mellom alder og lengde til smolt av både laks, hybrid og ørret (Pearson Corr., $p<0,01$). Figur 8 viser at det var en betydelig varians i lengde for hver aldersgruppe hos alle tre kategoriene.

Tabell 3. Gjennomsnittsalder (år) og gjennomsnittslengde (mm) til smolt av laks, ørret og hybrider i Driva 2005-2009. Data fra smolthjulet, genetisk bestemt til ”art”.

	Alder (gjennomsnitt)	± 95 % c.i	N	Lengde (mm) (gjennomsnitt)	± 95 % c.i	N
Laks	2,9	0,07	321	142,6	1,10	560
Hybrid	3,5	0,05	592	156,7	0,87	827
Ørret	3,9	0,10	258	182,7	2,36	454



Figur 7. Prosentandel fangst pr. innsats i notfelle og smolthjul for ørret, laks og hybrid i ulike år. ”Art” korrigert etter genetisk bestemmelse.

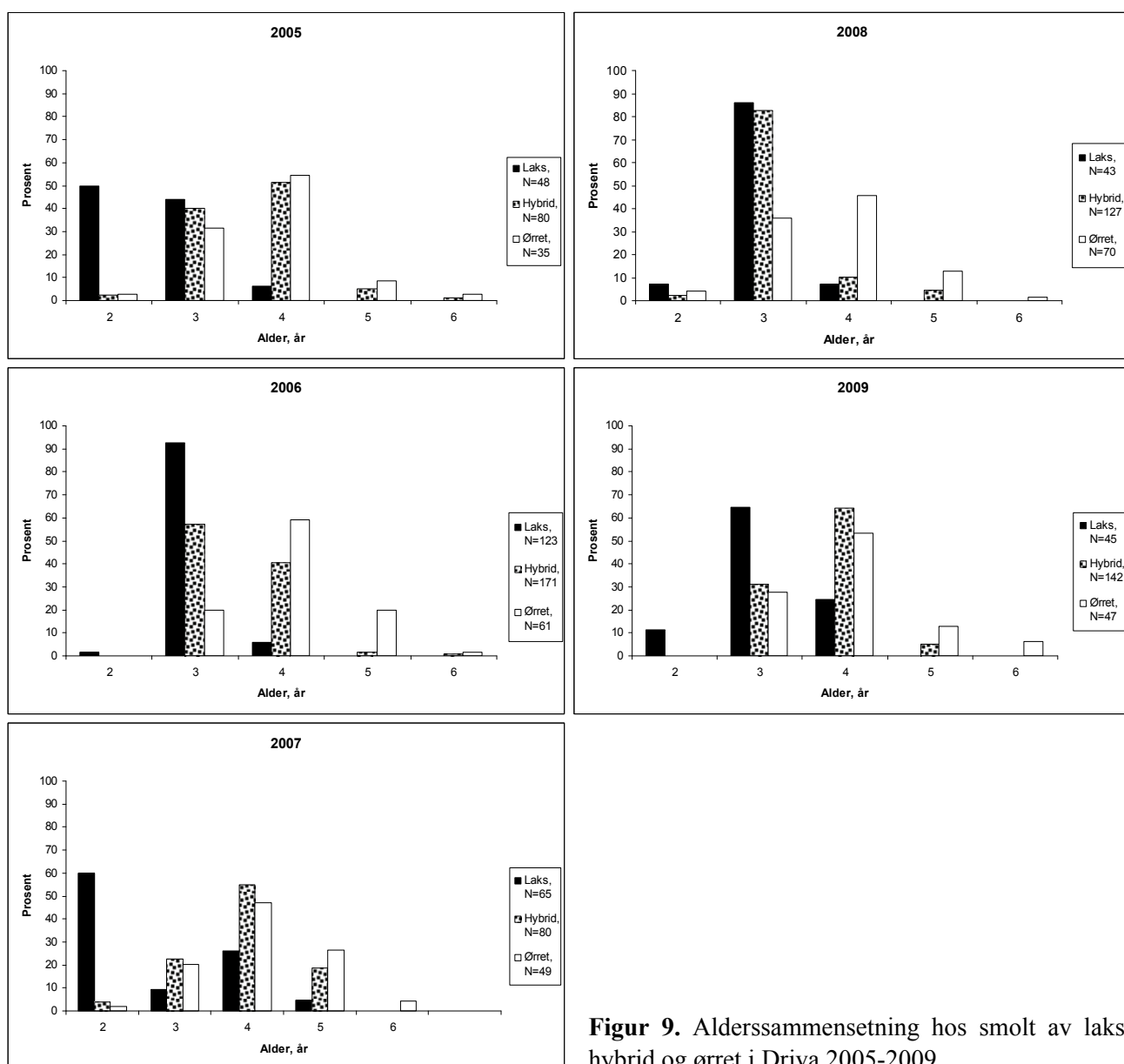


Figur 8. Sammenheng mellom alder og lengde til smolt av laks, hybrider og ørret fra Driva, fanget i smolthjul i Driva 2005-2009.

Aldersfordelingen på utvandrende smolt varierte mellom år, og det ble funnet sterke årsklasser særlig blant lakssmolten (fig. 9). Det var en sterk årsklasse toårig lakssmolt i 2005, og denne finner vi igjen som treåringer i 2006 og fireåringer i 2007. Dette året kommer det inn en ny sterk årsklasse av toårig lakssmolt. Sterke årsklasser er ikke så framtrедende blant hybrider og ørret, men hos hybridsmolt finner vi en sterk årsklasse treåringer i 2006 og 2008 (fig. 9).

3.3.2 Kondisjonsfaktor og kjønnsfordeling

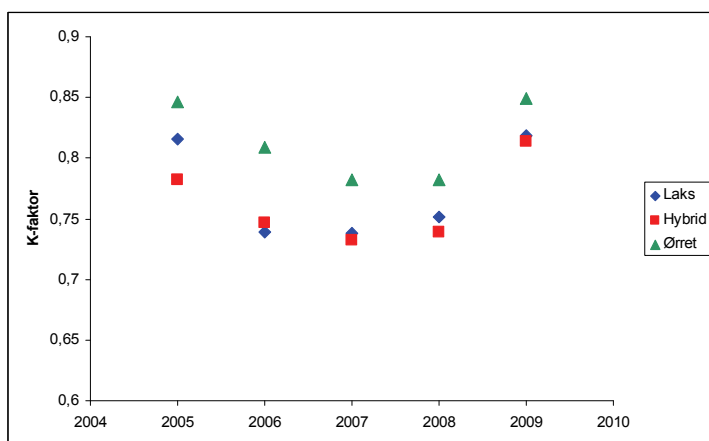
Både smoltlengde og k-faktor kan ha betydning for smoltens overlevelse i sjøen, i tillegg til smoltfysiologiske parametre. For analyse av k-faktor ble det i første runde valgt ut kun genbestemt materiale fra smolthjulet. Imidlertid var genbestemt materiale som også hadde alder og lengde-data lite for enkelte arter enkelte år ($N=8-20$). Siden det var lav prosent feilbestemming i 2008 og 2009 og generelt lite feilbestemt ørret, ble data fra art bestemt i felt kombinert med data som var artsbestemt genetisk. Kondisjonsfaktoren hos laks, hybrid og ørret var signifikant forskjellig (Anova, $F= 59,537$, $p<0,0001$) der gjennomsnittlig k-faktor var størst hos ørret ($k= 0,82$, $N= 584$) og lavest hos hybridene ($k= 0,75$, $N= 318$), mens lakssmolten lå mellom ($k= 0,78$, $N= 467$). Ørret hadde en signifikant høyere kondisjon enn både hybrid (Bonferroni, $p<0,0001$) og laks ($p<0,0001$), mens lakssmolten hadde signifikant høyere kondisjon enn hybrid ($p=0,003$).



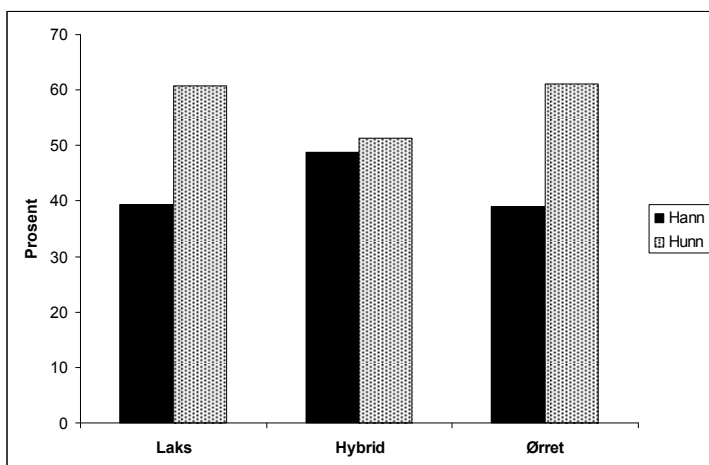
Figur 9. Alderssammensetning hos smolt av laks, hybrid og ørret i Driva 2005-2009.

K-faktoren varierte noe mellom år (fig. 10), men det var ikke signifikant endring i k-faktor med år verken for laks, hybrid eller ørret. Derimot var det samvariasjon i k-faktor over år for laks, hybrid og ørret (Pearson Corr. $P < 0,05$). K-faktoren var generelt høyest i 2005 og 2009 og noe lavere i årene mellom.

Hos anadrom laksefisk er det vanlig med skeiv kjønnsfordeling blant utvandrende smolt, siden en del av hannene blir stående igjen på elva og deltar i gytingen påfølgende høst (gyte-parr). I smoltmaterialet som ble artsbestemt genetisk fra både notfelle og smolthjul ($N=511$), var det signifikant overvekt av hunnfisk hos laks- og ørretsmolten (Chi-Square, $p < 0,001$), mens dette ikke var tilfelle hos hybridene (Chi-Square, $p = 0,176$) (fig. 11). Hunnene til hybridsmolten hadde også avvikende form og farge på gonadene i forhold til laks og ørret.



Figur 10. Årlig gjennomsnittlig k-faktor hos smolt av laks, hybrid og ørret fanget i smolthjulet 2005-2009. Data-sett med kombinert genbestemt og felt-bestemt art.



Figur 11. Kjønnsfordeling hos laks, hybrid og ørret i Driva basert på genetisk artsbestemt materiale fra nota og smolthjulet 2005-2009.

3.4 Smoltutvandring

For å få et best mulig mål på utvandringen pr. døgn til laks, hybrider og ørret, ble datasettet med korrigert "art" etter de genetiske analysene og innenfor tre perioder pr. år lagt til grunn (jf. tabell 2). Siden smolthjulet fungerte dårlig på de høyeste vannføringene, og også hadde noe mer driftsstans enn notfella, har vi benytta fangstdata fra notfella i analyse av utvandring i relasjon til miljøvariabler, mens utvandringstidspunkt og kumulativ fangst er framstilt for totalmaterialet i not og smolthjul. Figur 12 viser eksempel på antall smolt av laks, hybrid og ørret som ble fanget hvert døgn i to utvalgte år, mens tilsvarende figurer for smoltutvandringen i alle fem årene (2005-2009) er vist i vedlegg 1. Vanntemperatur (egne målinger og data fra NVE) og døgnmiddel vannføring ved Elverhøy bru (data fra TREK) er også vist.

Smoltutvandringa i Driva skjedde hvert år før vårflommen og kuliminerte rett i forkant av, eller begynnelsen av vårflommen (vedlegg 1). Vårflomtoppen i Driva kommer imidlertid seint på grunn av det høytliggende nedbørfeltet. I de undersøkte årene varierte dato for den første flomtoppen fra 27. mai (2009) til 17. juni (2005). Smoltutvandringen startet med et lavt antall smolt allerede ved oppstart 22-27. april de fleste år, mens hovedutvandringen var fordelt i 2-3 topper fram til vårflomtoppen (fig. 12, vedlegg 1).

Generelt hadde laks, hybrid og ørret topper i utvandring til de samme tidspunktene innen et år, men med noe ulik respons på endringene i miljøvariablene (vedlegg 1). Ørretsmolten synes å vandre i noe større antall over et større tidsrom enn laks/hybrider (jf. fig. 12). Sammenheng mellom endringer i vannføring og temperatur og smoltutvandring ble undersøkt ved ulike tester. Økning, reduksjon og ingen endring i vannføring og temperatur ble testet mot smoltfangsten ved krysstabulering og chi-Square test. Det ble funnet signifikant positiv korrelasjon mellom endring i vannføring og endring i smoltutvandring hos laks og ørret (henholdsvis $p=0,001$ og $p=0,042$), men ikke hos hybrid ($p=0,075$). Endring i temperatur mot endring i smoltutgang ga ingen signifikant korrelasjon verken for laks, ørret eller hybrid (alle tester $p>0,05$). Flest smolt vandret ved en temperatur på mellom 5,0 og 6,9 °C. Mer detaljerte data om sammenhenger mellom miljøvariabler og utvandring er imidlertid gitt i kapittel 3.4.

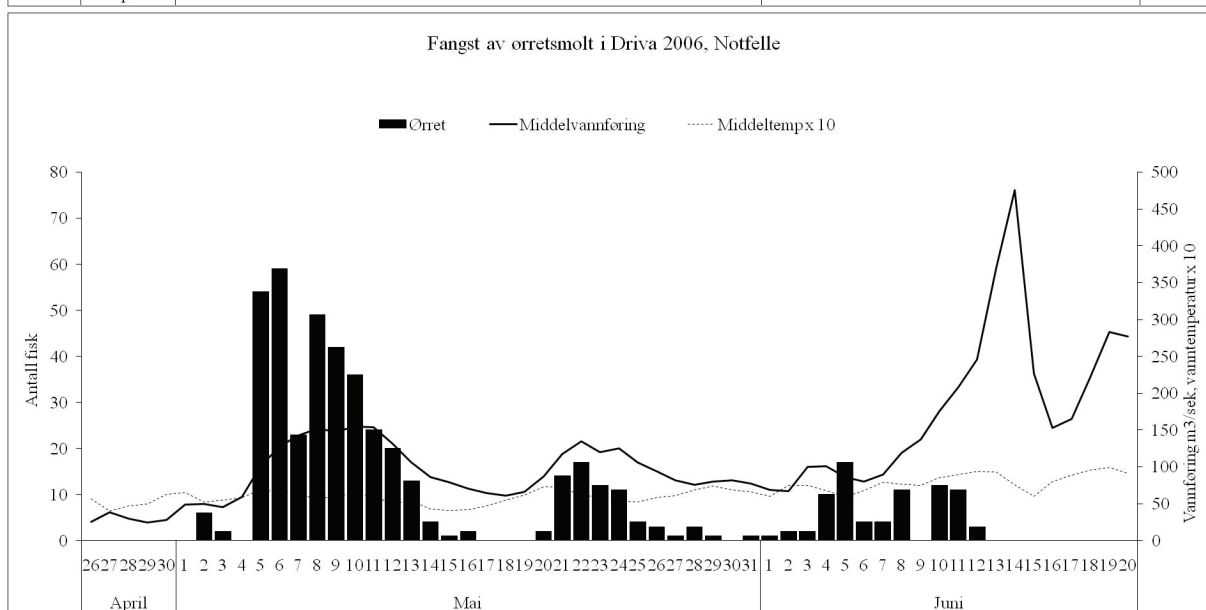
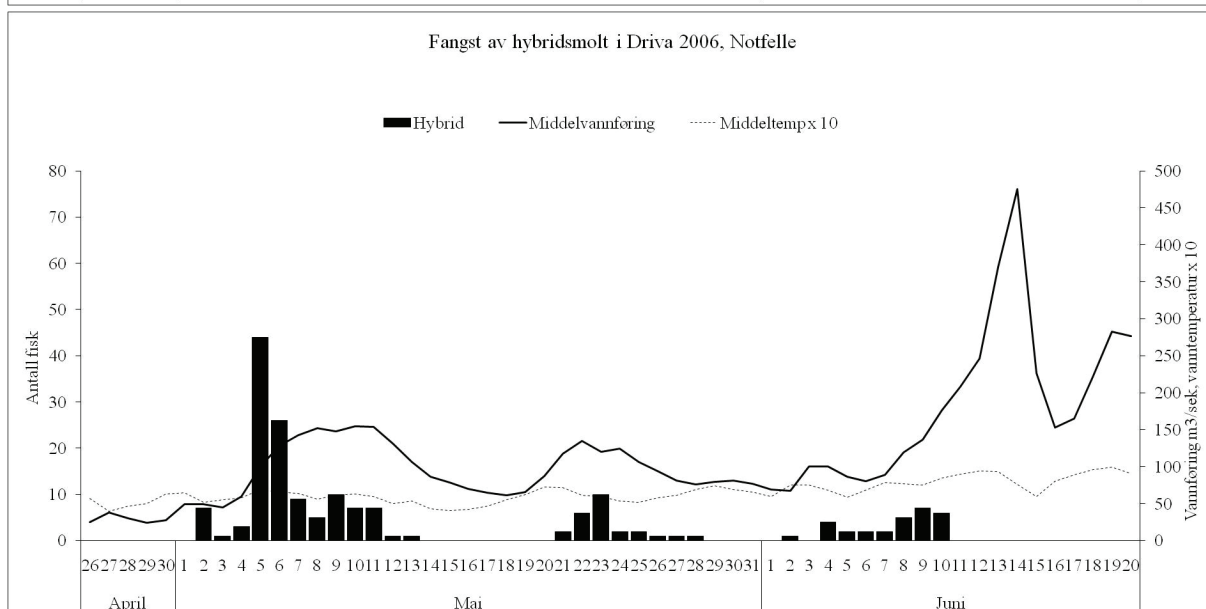
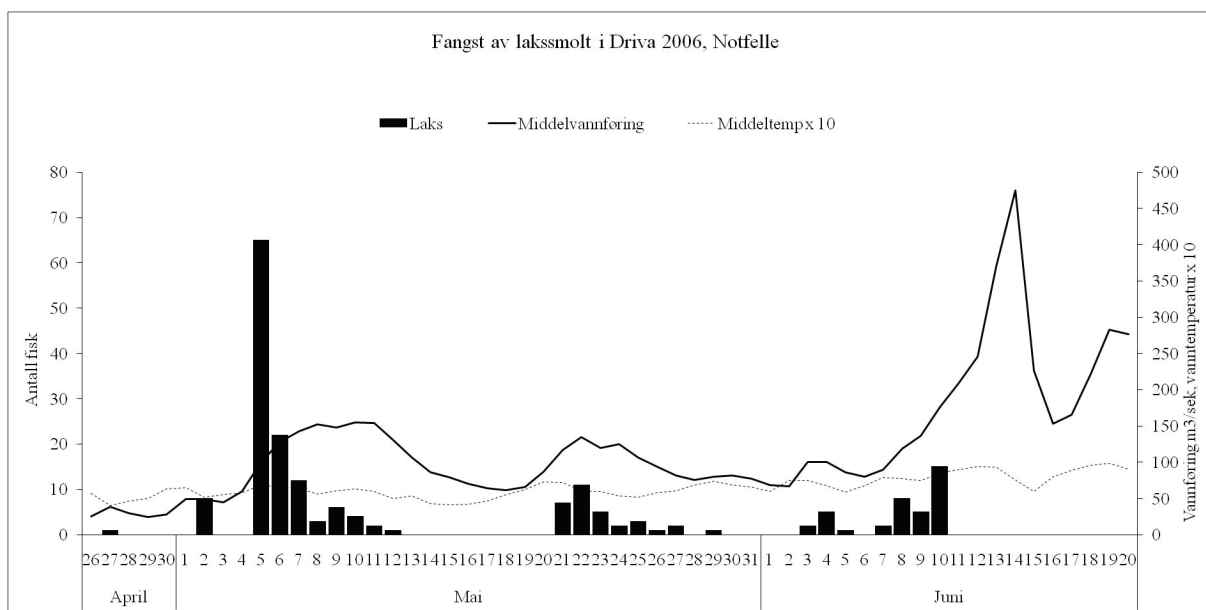
Basert på forutsetningen at smoltfangsten varte hele utvandringsperioden, er det beregnet dato for når 25 % og 50 % av smolten av laks, hybrid og ørret hadde vandret ut. Resultatene er gitt i tabell 4.

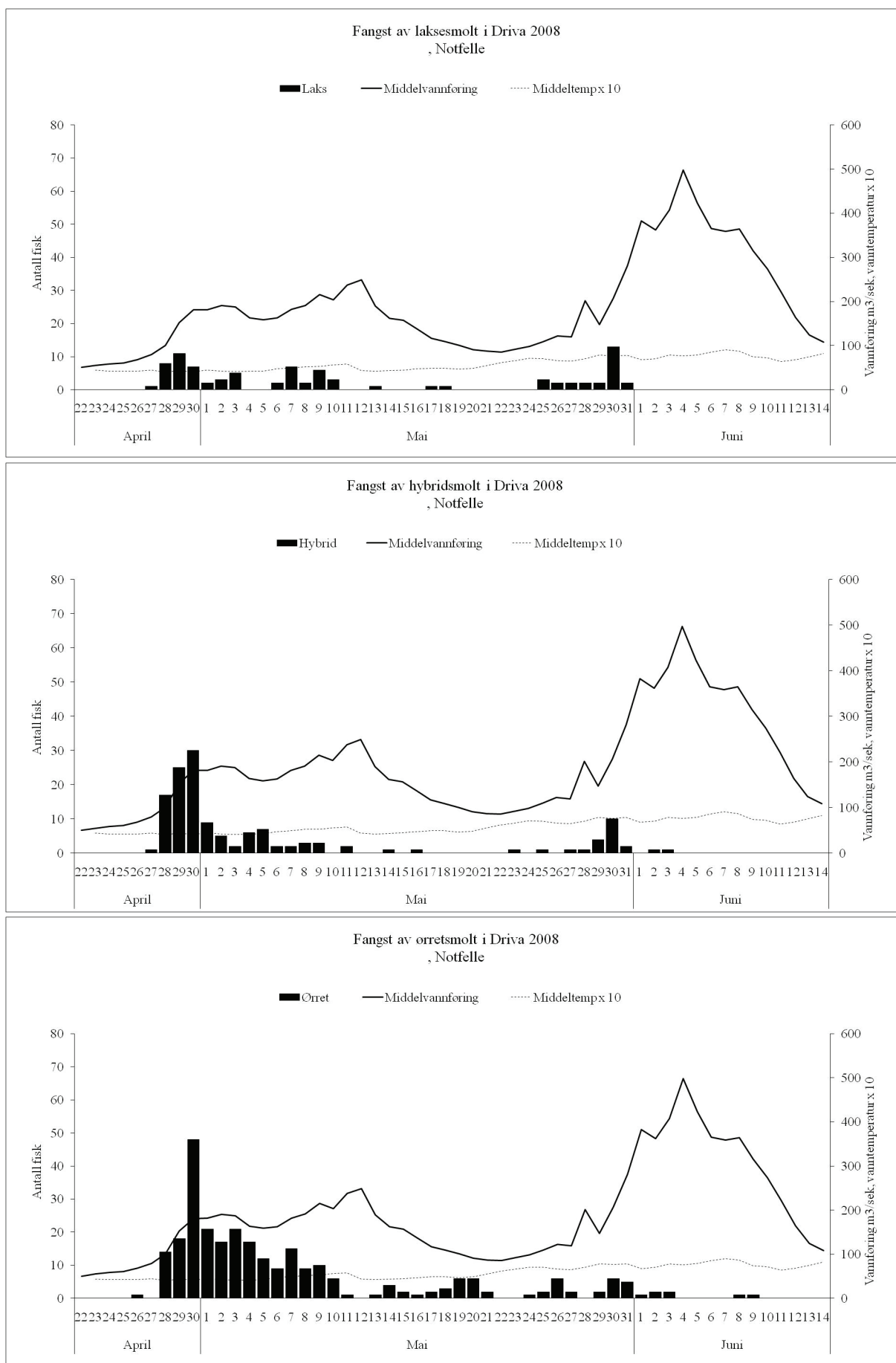
Det var forskjeller i tidligste og seineste utvandringstidspunkt mellom laks, hybrid og ørret. Tidspunkt for 50 % utvandring av lakssmolt varierte mellom 9. mai (2006) og 25. mai (2008), mens tilsvarende dato for hybrid var henholdsvis 2.mai (2009) og 24. mai (2006). Tidligste 50 % utvandring for ørret var 2. mai (2009) og seineste var 26. mai (2005).

Innen hvert år ble det summert opp hvor stor andel av smolten som hadde vandret ut for hver dato (kumulativ fangst). Det var forskjell i utvandringsmønster mellom laks, hybrid og ørret både innen og mellom år (fig. 13). Laks, hybrid og ørret vandret relativt samtidig i 2005 og 2006, mens det var større forskjeller i tidspunkt for utvandring mellom gruppene i 2007 og 2009.

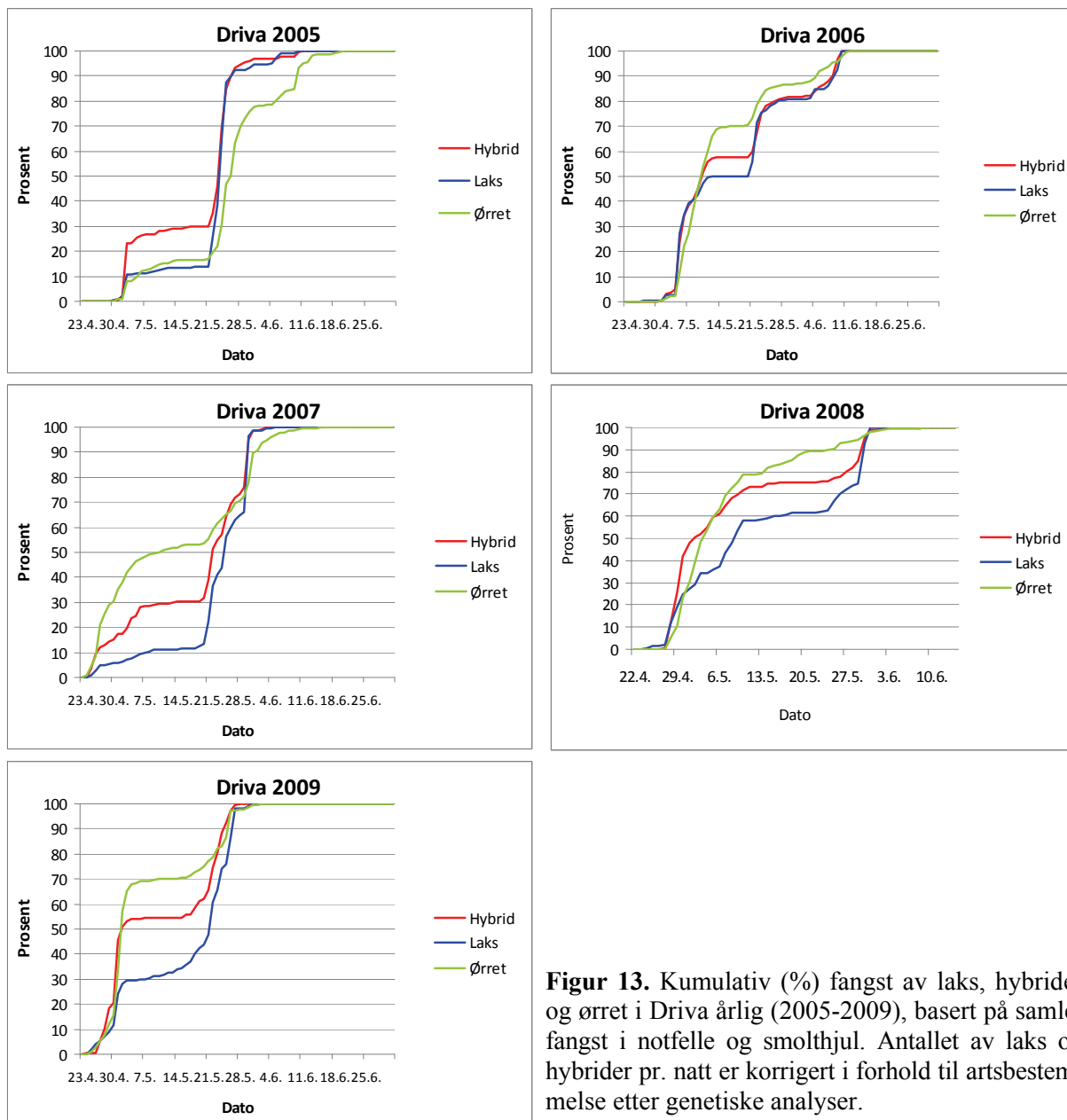
Tabell 4. Dato for når 25 % og 50 % av smolten hadde vandret ut for de forskjellige "artene" i Driva 2005-2009, basert på fangsttall fra notfelle og smolthjul samlet

År	Prosent	Laks	Hybrid	Ørret
2005	25 %	22.mai	05.mai	24.mai
	50 %	24.mai	24.mai	26.mai
2006	25 %	05.mai	06.mai	07.mai
	50 %	12.mai	10.mai	10.mai
2007	25 %	22.mai	06.mai	28.apr
	50 %	25.mai	22.mai	10.mai
2008	25 %	30.apr	29.apr	01.mai
	50 %	09.mai	02.mai	04.mai
2009	25 %	02.mai	01.mai	01.mai
	50 %	22.mai	02.mai	02.mai





Figur 12. Antall smolt av laks, hybrid og ørret pr. natt (søyler) i notfelle, samt vannføring (døgnmiddel i m³/s) ved Elverhøy og temperatur i Driva i 2006 (venstre) og 2008 (høyre). Laks/hybrid er korrigert i samsvar med resultater fra genetiske analyser.



Figur 13. Kumulativ (%) fangst av laks, hybrider og ørret i Driva årlig (2005-2009), basert på samlet fangst i notfelle og smolthjul. Antallet av laks og hybrider pr. natt er korrigert i forhold til artsbestemmelse etter genetiske analyser.

3.5 Smoltutvandring i Driva med gammelt og nytt manøvreringsreglement

Her undersøker vi om endret manøvreringsreglement, med noe redusert vannføring om våren (for å få raskere oppfylling av magasinet Gjevilvatnet), påvirker utvandringsmønster og miljøforhold under utvandring for smolt av sjørøtt og laks. Undersøkelsene bygger på følgende tilnærming:

- Å utvikle modeller for smoltutvandring basert på data fra fellefangster for årene 2006-2007 av utvandrende smolt
- å bruke disse til å predikere smoltutvandring fra simulerte dataserier for vannføring og vanntemperatur basert på gammelt og nytt manøvreringsreglement for utvalgte år
- å sammenligne dato for 50 % utvandring og gjennomsnittlig vannføring i perioden når 50 % av smolten har vandret ut under gammelt og nytt reglement for disse åra.

3.5.1 Simulerte dataserier for vannføring og vanntemperatur under gammelt og nytt reglement

For å kunne sammenligne utvandringsmønster under gammelt og nytt reglement må vi sammenligne simulerte vannføring- og vanntemperaturdata for forskjellige typer år. Et alternativ til å sammenligne simulerte serier med simulerte serier, er å sammenligne observerte (historiske data) med gammelt reglement med simulerte for nytt. Vi har ikke valgt denne tilnærmingen fordi den er svært sensitiv til feil i antagelser brukt i simuleringene for nytt reglement. I simulert mot simulert sammenligninger brukes de samme antagelsene i begge datasettene og den relative ”feilen” er lik i begge.

I utgangspunktet ble vannføringer simulert for tre tørre (1960, 1966 og 1994), tre normale (1965, 1967 og 2009) og tre våte tilsigssår (1984, 2002 og 2004). Sum vannføring i vårperioden fra 16/3 til 15/7 ble brukt som kriterium for valg av år. Valg av år og simuleringer av gjennomsnittlig døgnmiddel vannføring i Driva nedstrøms kraftverksutløpet (ved Elverhøy) ble foretatt av TrønderEnergi, og metodene er beskrevet i detalj i Vedlegg 2.

Datasettene for simulert vannføring inneholdt ikke temperaturestimer. Vi modellerte derfor sammenhengen mellom vanntemperaturen (målt i smoltfellene) og lufttemperaturen målt på Sæter i Oppdal og på Sunndalsøra (hentet fra e-klima http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL). Vanntemperaturen ble modellert med lineære modeller med temperaturen dagen før som offset, med dataseriene fra årene 2005-2007. Sammenhengen mellom lufttemperaturen og vanntemperaturen ble modellert med separate modeller for perioden 23. april – 30. mai og i juni. Grunnen til at sammenhengene mellom lufttemperatur og vanntemperatur var forskjellig i disse periodene er trolig at snøsmelting påvirker vanntemperaturen mer tidlig på våren enn utpå sommeren. Modeller med lufttemperaturen på Oppdal-Sæter forklarte vanntemperaturen på en bedre måte enn modeller hvor lufttemperaturen på Sunndalsøra ble brukt. Beste modell for vanntemperatur i april/mai var: $\text{Vanntemperatur} = \text{Vanntemperatur dagen før} - 0,066 + 0,026 * (\text{Temperatur Oppdal-Sæter}) + 0,13 * (\text{Endring i lufttemperatur fra dagen før}) - 0,009 * (\text{Endring i vannføring fra dagen før})$, $n = 113$, $X^2 = 58,6$, $df = 3$, $p < 0,001$. Beste modell for vanntemperatur i juni var: $\text{Vanntemperatur} = \text{Vanntemperatur dagen før} - 0,222 + 0,06 * (\text{Temperatur Oppdal-Sæter}) + 0,094 * (\text{Endring i lufttemperatur fra dagen før}) - 0,001 * (\text{Vannføring})$, $n = 69$, $X^2 = 36,0$, $df = 3$, $p < 0,001$.

Fordi lufttemperaturen for Oppdal-Sæter ikke var tilgjengelig for alle årene med simulerte vannføringer ble temperaturen på Oppdal-Sæter estimert ut fra temperaturen på målestasjonene på Berkåk, ut fra modellen $\text{Temperatur Sæter-Oppdal} = \text{Temperatur Berkåk} + 0,084$. Denne sammenhengen ble etablert i perioden hvor det både finnes temperaturdata fra Oppdal-Sæter og Berkåk (1999-2008; $r^2 = 0,97$).

De simulerte vannføringsseriene for de ni utvalgte årene viste svært små forskjeller i vannføring mellom gammelt og nytt reglement, spesielt for normale og våte tilsigssår. For å se nærmere på de største endringene i smoltutvandring som kan forventes valgte vi i tillegg ut tre år med de største endringene i vannføring fra gammelt til nytt reglement i utvandringsperioden – 1962, 1974 og 2006.

3.5.2 Modellering av smoltutvandringen med gammelt og nytt reglement

Smoltutvandringen per dag for laksesmolt i 2005-2007 ble modellert som:

$$\ln(\text{Forventet antall utvandrende smolt}) = \ln(\text{Smolt igjen pr dag}) - 0,063 * (\text{Vannføring}) + 7,481 * \ln(\text{Vannføring}) + 0,047 * (\text{Endring i vannføring fra forrige dag}) + 0,096 * (\text{Vanntemperatur}) + 0,247 * (\text{Endring i vanntemperatur fra forrige dag}) - 29,845.$$

For sjørret ble tilsvarende modell:

$$\ln(\text{Forventet antall utvandrende smolt}) = \ln(\text{Smolt igjen pr dag}) - 0,034 * (\text{Vannføring}) + 7,218 * \ln(\text{Vannføring}) + 0,014 * (\text{Endring i vannføring fra forrige dag}) - 0,13 * (\text{Vanntemperatur}) - 0,233 * (\text{Endring i vanntemperatur fra forrige dag}) - 29,138.$$

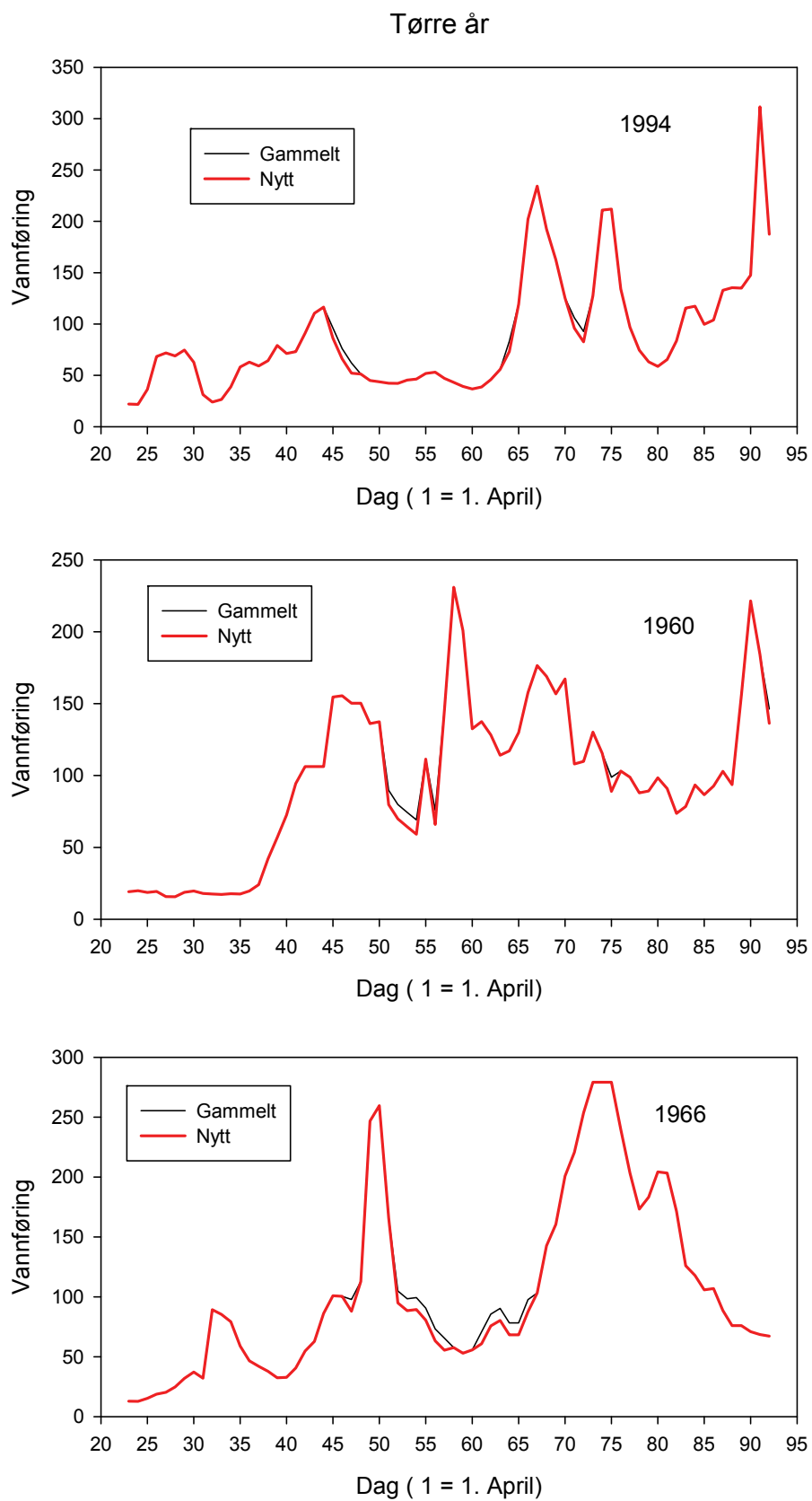
Disse modellene ble benyttet for å modellere smoltutvandringen i de 12 simulerte vannføringsregimene.

De simulerte vannføringer ved gammelt og nytt vannføringsregime var svært lite forskjellige i smoltutvandringsperioden fra 23. april til 1. juli. Dette var tilfelle for både tørre, normale og våt vår (figur 1-3). Som en konsekvens var simulert dag for 50 % utvandring ikke signifikant forskjellig under de to regimene, verken for sjørret- (25. mai ved gammelt og 26. mai ved nytt, parvis t -test, $t = 1,74$, $n = 9$, $p = 0,12$) eller laksesmolt (15. juni ved gammelt og 14. juni ved nytt, parvis t -test, $t = 1,84$, $n = 9$, $p = 0,1$). Heller ikke gjennomsnittlig vannføring i perioden dagen ved 50 % modellert smoltutvandring og tre dager før og etter var signifikant forskjellig ved nytt og gammelt vannføringsregime verken for sjørret (gammelt: 146 m³/sek, nytt: 145 m³/sek, parvis t -test, $t = 0,25$, $n = 9$, $p = 0,82$) eller for laksesmolt (gammelt: 152 m³/sek, nytt 157 m³/sek, parvis t -test, $t = 0,84$, $n = 9$, $p = 0,43$).

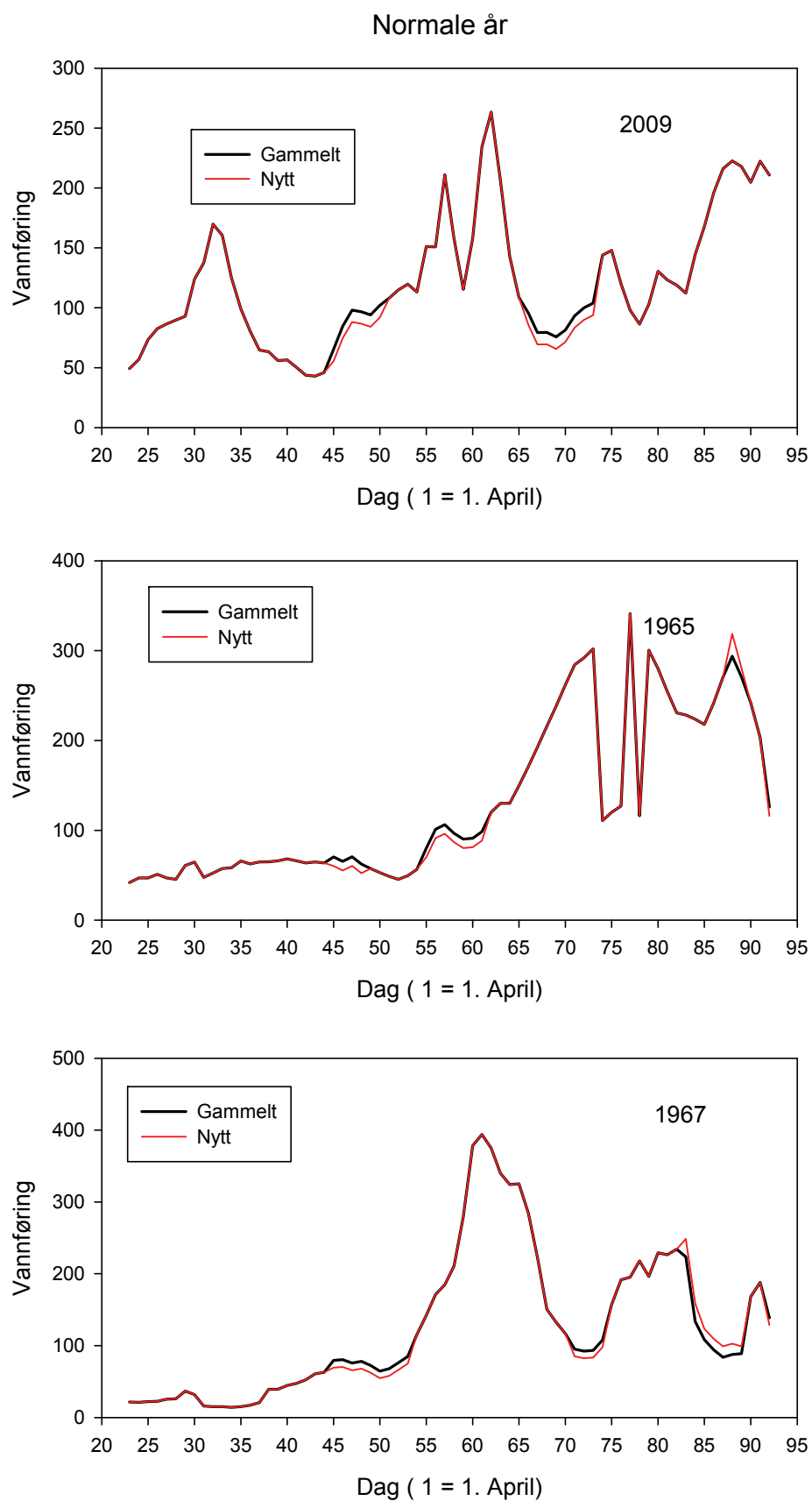
Selv når vi testet de tre årene med størst forskjell i vannføring fra gammelt til nytt reglement var forskjellene i utvandringsmønster og vannføringsforhold under utvandringen svært små. Størst var forskjellene i 2006 når tidspunkt for 50 % utvandring for laksesmolt var 6 dager tidligere med nytt reglement og ble simulert til å skje ved ca. 68 m³/s lavere vannføring i de seks dagene rundt dagen for 50 % utvandring under det nye reglementet. Den faktiske forskjellen i utvandringsmønster er imidlertid mindre enn den framstår i disse sammenligningene fordi vi brukte nøyaktig 50 % smoltutvandring som kriterium. Den dagen 50 % utvandring ble nådd med det nye reglementet hadde i henhold til simuleringene 48,6 % av smolten vandret ut under det gamle vannføringsregimet. Forskjellen i simulert kumulativ utvandring for de to regimene var således liten også for dette året (figur 17).

3.5.3 Diskusjon og konklusjon

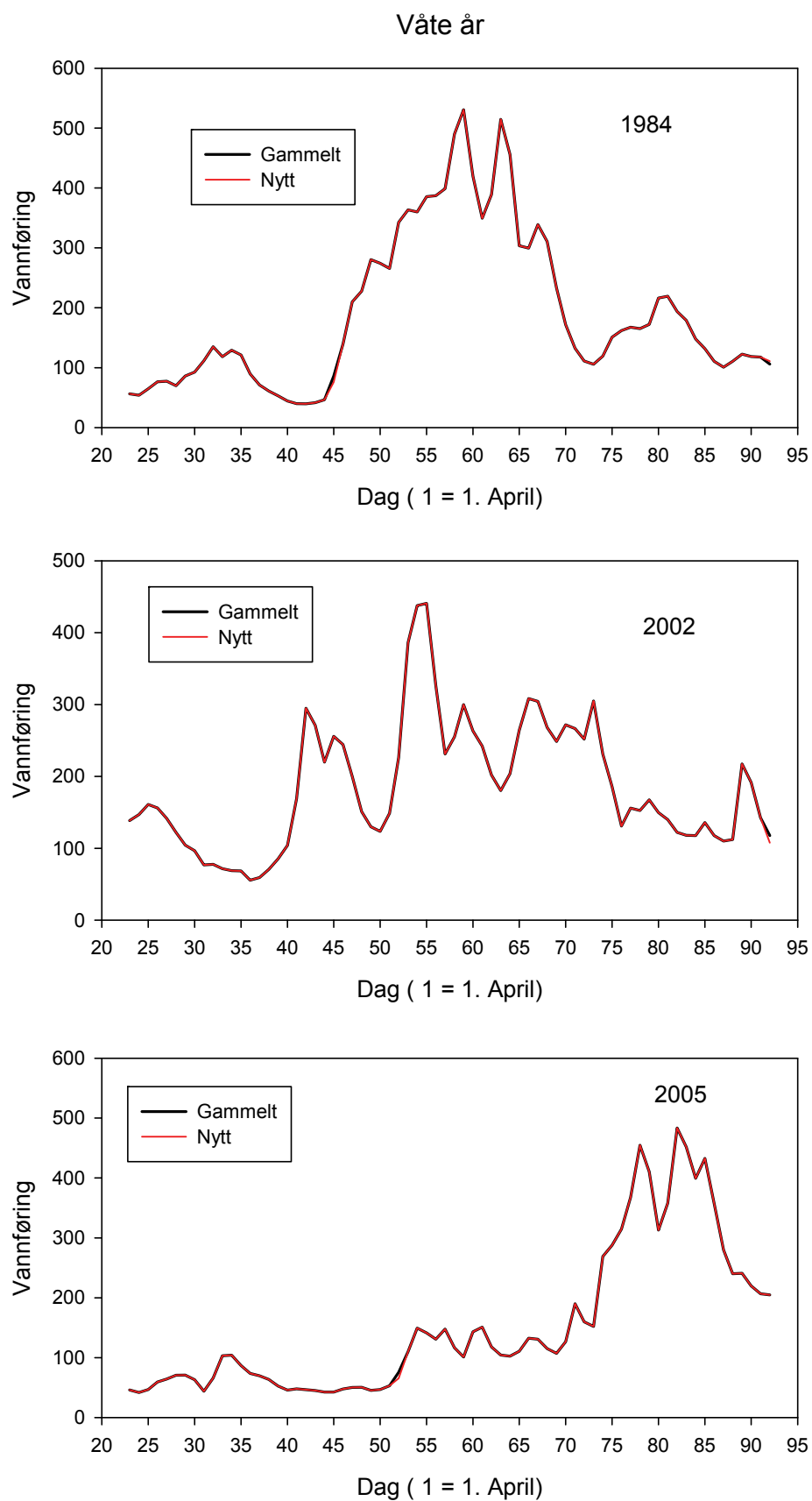
Vannføringen i smoltutvandringsperioden blir svært lite endret fra det gamle til det nye reglementet. Selv i de årene der forskjellene i vannføringsforhold i henhold til simuleringene er størst er de predikerte endringene i utvandringstidspunkt og vannføringsforhold under utvandringen så små at det er svært lite sannsynlig at de vil påvirke smoltens utvandring og overlevelse. Selv om både datagrunnlaget for smoltutvandring, de utviklede smoltmodellene og de simulerte vannføringsforholdene er belagt med usikkerhet og feilkilder, kan det konkluderes at endringene i vannføring i det nye reglementet er så små at det er overveiende sannsynlig at det nye reglementet ikke vil påvirke smoltens utvandring og overlevelse. I tillegg vil mye av smolten komme fra deler av Driva som ikke er påvirket av endringene (oppstrøms utløpet av kraftverket).



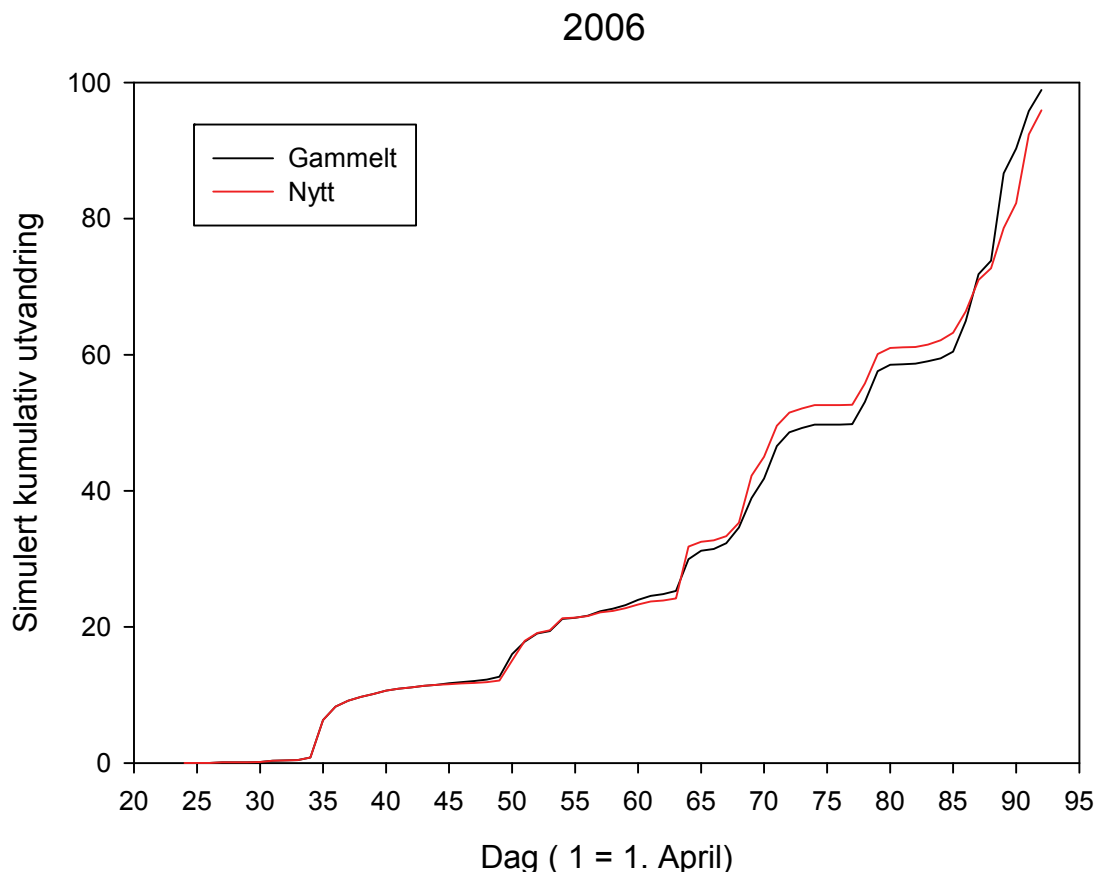
Figur 14. Genererte vannføringer ved Elverhøy bru for tre tørre år med gammelt og nytt vannfø-
ringsregime.



Figur 15. Genererte vannføringer ved Elverhøy bru for tre normale år med gammelt og nytt vannførsregime.



Figur 16. Genererte vannføringer ved Elverhøy bru for tre våte år med gammelt og nytt vannføringsregime.



Figur 17. Simulert kumulativ utvandring av laksesmolt for de to vannføringsregimene for 2006, året med størst forskjell i dato for 50 % utvandring, og en av de tre årene der forskjellene i simulert vannføring er størst mellom gammelt og nytt reglement.

3.6 Fordeling av presmolt i Driva og smoltestimat

Elfiske for merking av presmolt i ulike deler av Drivavassdraget ga grunnlag for å undersøke fordelingen av laks, hybrider og ørret i hovedvassdraget og sideelva Grøvu og å beregne smoltmengde ut fra merking-gjenfangst.

Fordeling av antall merket presmolt i de ulike sonene i Driva og fordelt på art er vist i tabell 5. Kontroll av artsbestemt materiale i felt ved genetisk analyse viste at den totale feilbestemingen var på 9,8 %, og av feilbestemingen var storparten (73 %) hybrid som var feilbestemt til laks i felt. Vi har korrigert for denne feilbestemingen mellom laks og hybrid, og sett på prosentvis fordeling av laks, hybrid og ørret i hver sone (fig. 14). Andelen presmolt ørret var størst nederst i Driva og avtok oppover vassdraget, mens det motsatte var tilfelle for laks. Andelen hybrider var lavest i Grøvu og høyest i sone 5, fra Oppdal sentrum til Maga-laupet.

Av de 1507 merkede presmoltene i april 2008 fikk vi gjenfangster av 8 laks (2,6 % gjenfangst) og 4 ørret (0,4 % gjenfangst) i fellene i mai-juni. I 2009 fikk vi ytterligere 3 gjenfangster av de merkede fiskene; 2 laks og 1 hybrid. Dette gir en total gjenfangstprosent på 3,3 % for laks. For ørret og hybrid er gjenfangstene for lave til å kunne få et pålitelig smoltestimat, mens for

laks viser estimatet en tetthet på 4590 laksesmolt i 2008 når en inkluderer også de to gjenfangstene i 2009 (tabell 6). For beregninga av antall smolt pr. 100 m² har vi benyttet arealberegningen for Driva gitt i Hindar et al. (2007), med fratrekk av arealet nedstrøms smoltfella, totalt 4162970 m². Dette gir en tetthet av laksesmolt på bare 0,11 smolt pr. 100 m². Til sammenligning var gjennomsnittlig tetthet (smoltproduksjon) av laksesmolt i Orkla og Stjørdalselva henholdsvis 6,5 og 3,4 smolt pr. 100 m².

Merking av presmolt ved elfiske i april-mai og fangst av utvandrende smolt i smoltfellene i mai-juni er to forskjellige metoder som kan gi informasjon om fordeling av laks, hybrid og ørret i vassdraget. Figur 19 viser prosentandelen laks, hybrider og ørret for hver av metodene basert på totalmaterialet i 2008, og hvor det er korrigert for art basert på genetiske analyser.

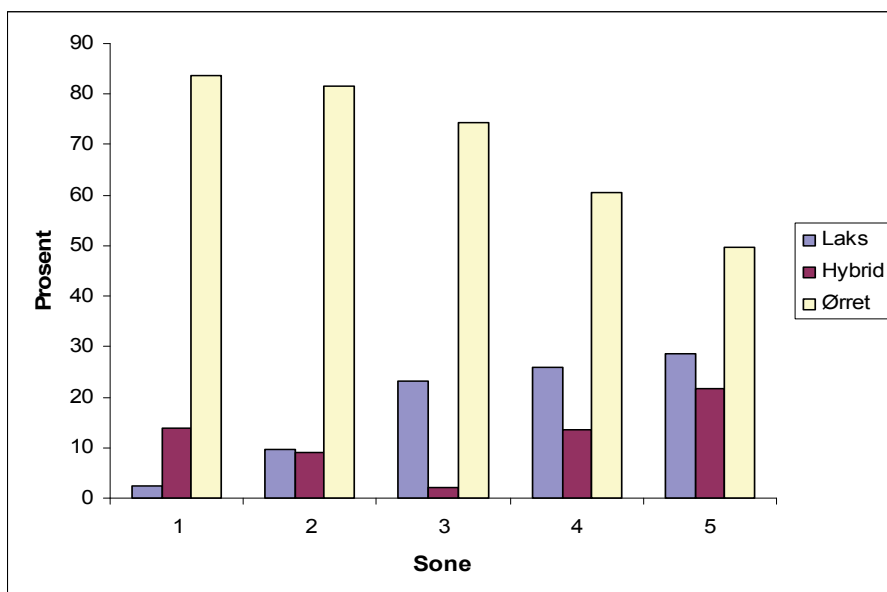
Det var en høyere andel ørret i presmoltmaterialet (67 %) enn i smoltfangsten (52 %), og en noe høyere andel hybrider i smoltfangsten (26 %) enn blant presmolten (12,5 %).

Tabell 5. Antall presmolt av laks, hybrid og ørret fanget ved elfiske i ulike soner av Driva, april 2008. I tallmaterialet er 1243 presmolt artsbestemt i felt, mens 264 presmolt er genetisk artsbestemt (17,5 % av materialet) og feil art korrigert for

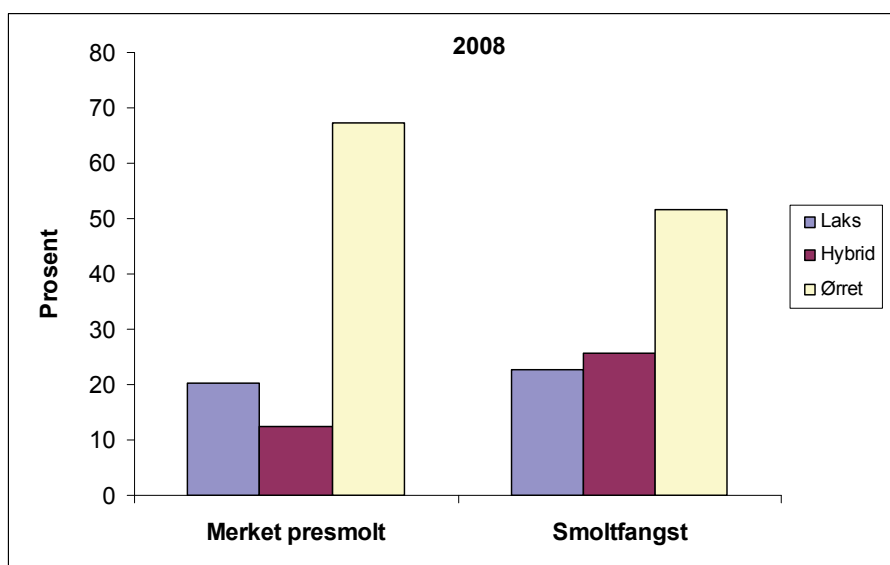
Sone	Laks	Hybrid	Ørret	Totalt
Nedre Sunndal (1)	6	34	205	245
Øvre Sunndal (2)	33	31	281	345
Grøvu (3)	31	3	99	133
Lønset (4)	104	41	223	368
Oppdal (5)	131	78	207	416
Totalt	305	187	1015	1507

Tabell 6. Estimert tetthet (N) med 95 % konfidensintervall av smolt i Driva basert på merking av presmolt i april 2008 og gjenfangst i smoltfeller. M= antall smolt merket, C= antall smolt fanget i smoltfellene ved Koklingbrekkhølen og R=antall merka smolt gjenfanget i smoltfellene

Art	M	C	R	N	95 % c.i. nedre	95 % c.i. øvre
Laks	305	164	10	4590	2599	7865
Hybrid	187	185	1	17484	5226	30456
Ørret	1015	373	4	75997	33619	149759
Totalt	1507	722	15	68143	42325	108163



Figur 18. Fordeling av presmolt laks, hybrid og ørret innen ulike soner i Driva, basert på elfiske i april 2008, og der ”art” er korrigert i forhold til resultatet av genetisk artsbestemming.



Figur 19. Prosentandel laks, hybrider og ørret i totalmaterialet av pre-smolt basert på elfiskefangst, og i totalmaterialet av smolt i fellene i 2008, og hvor det er korrigert for art basert på genetiske analyser.

3.7 Gjenfangster av carlinmerket smolt, infeksjon av *G.salaris*, sjøvanntoleranse og postsmoltvandring

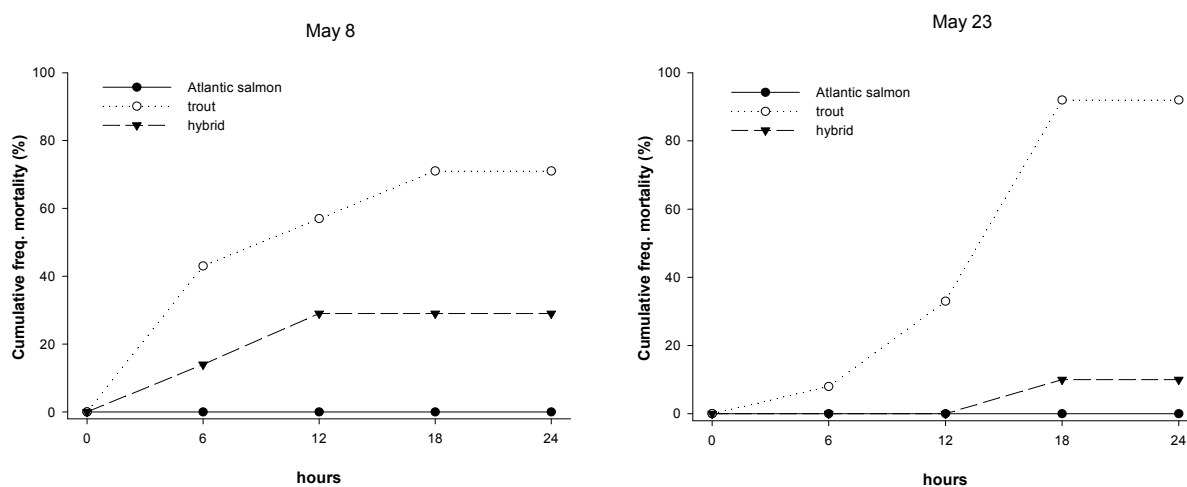
En andel av utvandrende smolt fanget i smolthjulet ble merket med carlinmerker for om mulig å få data på gjenfangster og eventuelt sjøoverlevelse. Det ble imidlertid totalt merket bare 634 smolt, fordelt på 271 laks, 241 hybrider og 121 ørret, i hele perioden 2005-2008. I 2009 ble det ikke carlinmerket smolt. Pr. januar 2010 var det ikke kommet inn rapport om noen gjenfangster. Teoretisk kan det komme gjenfangster fire år etter siste års merking, dvs. fram til 2012.

Et utvalg smolt fra smolthjulet ble undersøkt med hensyn til infeksjon av *G. salaris*. Data fra 2005 og 2006 viste at *Gyrodactylus* ble funnet på både laks, hybrider og ørret (Johnsen 2007). Samtlige laksesmolt var infisert og gjennomsnittlig intensitet var 1296-1961 parasitter pr. fisk. 73-82 % av hybridene var infisert med en intensitet på 21-270 parasitter, mens 35-50 %

av ørreten var infisert, men med lav intensitet. På ørretsmolt ble arten *Gyrodactylus derjavini* funnet, men det er usikkert om det kun var *G. derjavini* på ørret (Johnsen 2007). Undersøkelsen viser at hybrider mellom laks og ørret har høyere resistens mot *G. salaris* enn laks, men at de bærer *G. salaris* og kan være smittespredere.

Siden det er svært liten kunnskap om sjøtoleranse og overlevelse til hybridsmolt, og hybridene utgjorde en relativt høy andel av smoltfangsten i fellene, ble det tatt ut smolt for test av sjøtoleranse i et eget delprosjekt. Undersøkelsen viste at hybridsmolten hadde noe høyere dødelighet i 35 ‰ sjøvann enn laks, men mindre dødelighet enn sjøørretsmolten som ikke var fullt adaptert til sjøvann (fig. 20) (Urke et al. 2009). Undersøkelsen dokumenterer også gjelle Na^+, K^+ -ATPase (NKA) aktivitet, som også er uttrykk for sjøvanntoleranse. NKA-aktiviteten var ikke signifikant forskjellig mellom laks og hybrid. Både laksesmolten og mesteparten av hybridene var derfor fysiologisk i stand til å overleve en direkte overføring fra ferskvann til 35 ‰ sjøvann (Urke et al. 2009).

For å få mer data på postsmoltvandring og sjøoverlevelse til laks, ørret og hybrider ble det i 2008 og 2009 merket henholdsvis 40 og 90 smolt fra smolthjulet med hydroakustiske sendere. Smolten ble sluppet i elva og registrert ved lyttebøyer utover fjorden. Foreløpige data fra undersøkelsene i 2008 (Henning Urke pers. medd.) viste at 25 % av smolten ble registrert ved Krifast, ytterst i fjordsystemet. Både laks hybrid og ørret ble registrert ved Krifast. Foreløpige tall tyder på ulik smoltoverlevelse for laks, hybrid og ørret. Data fra dette delprosjektet vil bli publisert i egen rapport når 2009-materialet er ferdig analysert.



Figur 20. Dødelighet hos laks, ørret og hybrider under 24 timers sjøvannstoleranse test utført i Driva 8. og 23. mai 2006. For kontrollgruppen holdt i ferskvann var det ingen dødelighet (etter Urke et al. 2009).

4 DISKUSJON

4.1 Metoder, hybridisering og smoltparametre

Bruk av smoltfelle og smolthjul til fangst av utvandrende laksesmolt er benytta i en rekke vassdrag som Orkla, Stjørdalselva, Alta og Numedalslågen (Hesthagen & Garnås 1986, Arnekleiv et al. 2007, Hvidsten et al. 2004) og det er antatt at slike feller gir et relativt mål på utvandringen av smolt til enhver tid (Hvidsten 1990, Hvidsten et al. 2004). Særlig for laks synes fellene å gi et godt mål for smoltutvandringen i Sør- og Midt-Norge, men det er noe større usikkerhet i forhold til utvandringen av ørret og særlig hybrider. Data fra andre typer feller bl.a i Vosso, kan tyde på at ørretsmolten også vandrer noe langs land (Bjørn Barlaup pers. medd.), og videoovervåking av smoltutvandring viser også noe vandring om dagen. Dette er imidlertid også kjent ut fra fellefangster, men synes å skje først og fremst i perioder med stor smoltutvandring i Midt-Norge. Med bakgrunn i artsfordelingen av ungfisk i elfiskefangster i Driva (Arnekleiv 2002 a,b, Johnsen et al. 2004), var det var litt overraskende at ørret ikke utgjorde en større andel av smoltmaterialet i Driva (gjennomsnitt 50 %), og at laks utgjorde en såpass stor andel (23 %). Vi vet imidlertid at ørret vil være overrepresentert i elfiskefangster i større elver hvor bare de nærmeste områdene langs land kan fiskes (Forseth & Forsgren 2009). Vi benytta to typer feller som også viste seg å utfylle hverandre i forhold til fangsteffektivitet. Data fra elfiske av presmolt viste en noe høyere andel ørret enn laks og hybrid, og da ble det også fiska store deler av elvetverrsnittet i mange områder. Smoltfellene er konstruert med tanke på fangst av laksesmolt i øvre vannlag og det er sannsynlig at fellene vil underestimere andelen utvandrende ørretsmolt. Hvor stor denne underestimeringen er vet vi imidlertid ikke.

Fangsten av såpass mye laksesmolt (totalt 1129 stk, 23 %) indikerer at Driva fortsatt har en naturlig smoltproduksjon av et visst omfang. På 10 elfiskestasjoner fant Johnsen et al. (2004) bare i gjennomsnitt 2,1 laksunge pr. 100 m², noe som er svært lavt sammenlignet med tettheten av laksunger før *G. salaris* (heretter *G.s.*) gjorde seg gjeldende. Selv om smoltestimatet vårt basert på gjenfangst av merket presmolt i 2008 hadde stor usikkerhet, viste det imidlertid en svært lav smolttetthet av laks (0,11 smolt pr. 100 m²) sammenlignet med smolttettheten i bl.a Orkla og Stjørdalselva, og hvor samme metode er benyttet. Lav smolttetthet av laks i Driva skyldes i hovedsak stor dødelighet på ungfiskstadiet til laks på grunn av Gyro-smitten i likhet med det som er funnet i en rekke andre norske lakselver med *G. s.* (Johnsen et al. 1999).

Smolt av hybrider utgjorde i gjennomsnitt 27 % av smoltfangsten i Driva. I Vefsna, som også er infisert av *G.s.*, ble det blant to og treårig fisk funnet ca. 60 % hybrider (Johnsen et al. 2005). I ungfiskmaterialet fra Driva i 2004 var frekvensen av hybrider 1 % blant årsyngelen og 10,1 % blant ettåringene (Johnsen et al. 2005), mens vi finner en andel på 27 % blant molten. I et eldre materiale (1999-2005) med ungfisk fra Driva og Grøa innsamlet av Viten-skapsmuseet, ble det funnet 8-14 % hybrider, noe som dokumenterer at det også har vært tidvis høy frekvens av hybrider årvisst siden før 1999. Etter at det ble mulig å skille ut hybrider ved hjelp av genetiske markører, er hybrider rapportert fra flere elver med naturlige bestander, men som regel med en frekvens på under 1 % (Solomon & Child 1978, Crozier 1984, Hindar & Balstad 1994).

Hybridmolten fra smolthjulet ble undersøkt med hensyn til infeksjon av *G. salaris*. Data fra 2005 og 2006 viste at *Gyrodactylus* ble funnet på både laks, hybrider og ørret (Johnsen 2007). 73-82 % av hybridene var infisert med en intensitet på 21-270 parasitter pr. fisk, mens 100 % av laksen var infisert med langt høyere intensitet (Johnsen 2007). Undersøkelsen viser at hyb-

rider mellom laks og ørret har høyere resistens mot *G.s.* enn laks, de har evnen til å overleve, konkurrere om mat og plass i elva med ungfisk av laks og ørret, nå smoltstadiet og foreta smoltnevandring. Mekanismene som leder til hybridisering er lite kjent, men nærvær av oppdrettslaks på gyte plassene øker sannsynligvis hybridiseringen. En annen faktor kan være vanskeligheter med å finne partnere av samme art, men vi vet ikke om den høye frekvensen av hybrider i Driva skyldes oppdrettslaks, feilvandrere eller om de er avkom av vill Drivalaks og Drivaørret. Genetiske undersøkelser av laks fra langtids infiserte vassdrag viser imidlertid genetiske forandringer hos voksen laks fra 1970-tallet til prøver fra de seinere årene (Johnsen et al. 2007, K. Hindar pers.obs.). Selv om hybridene synes å overleve godt i elva og også viser stor grad av sjøtoleranse (Urke et al. 2009), tyder mye på at de har en høy dødelighet i sjøen, med lav tilbakevandringsgrad og de bidrar ikke til ny reproduksjon. Johnsen et al. (2005) undersøkte totalt 154 skjellprøver av voksen fisk fra Driva fra årene 1977 og 1999-2004 uten at hybrider ble påvist. Vi har nå et stort skjellmateriale fra perioden 2005-2009 som også kan analyseres, og nærmere analyse av postsmoltvandringen og sjøoverlevelsen i fjordsystemene vil trolig gi noen svar.

Det er antydning at infeksjon av *G.s.* med økt dødelighet på laksungene, kombinert med økt hybridisering kan medføre lokal utryddelse av laksen gjennom tetthets-avhengige prosesser kjent som Alea-effekten (jf. Hindar et al. 2009). Det blir nå startet et større forskningsprosjekt ledet av NINA på dette temaet med utgangspunkt i situasjonen i Vefsna og Driva.

Det er mange uløste spørsmål relatert til forekomsten av hybrider i Driva. Vi vet lite om hvordan habitatutnyttelsen og konkurranseforholdene til laks og ørret er under oppveksten. Sannsynligvis forekommer hybridene klumpvis i elva, og resultatene fra presmoltundersøkelsen i 2008 antyder en høy andel øverst i Driva og lite hybrider i sideelva Grøvu.

Ungfiskundersøkelser i Driva har påvist svært få toårige og eldre laksunger, og Johnsen et al. (2005) mente at dette kunne skyldes dødelighet på grunn av *G. salaris* og/eller at laksungene vandret ut som 2-årig smolt. Smoltundersøkelsene i 2005-2009 bekrefter stor utvandring av toårig smolt i enkeltår, men det mest påfallende i aldersfordeling av laksesmolten er de sterke 2-årsklassene i 2005 og 2007, med høy andel treåringer i påfølgende år. Det var også bra med 4-åringer i 2007 og 2009. Eldre laksunger vil naturlig ha tilhold i andre deler av elva enn de grunne områdene som kan elfiskes effektivt. Det kan heller ikke utelukkes at det kan være områder/sideelver hvor infiseringsgraden av *G. s.* er lavere og at overlevelsen dermed er høyere. Andelen 3- og 4-årig laksesmolt i fellene indikerer videre at dødeligheten på eldre laksunger på grunn av *G. s.* angrep ikke er total. Ser en på aldersfordelingen mellom laks, ørret og hybrider så var laksesmolten yngst (gj.sn smoltalder 2,6 år), hybridene inntok en mellomstilling (3,6 år) og ørretsmolten var eldst (4,0 år). I en del andre midt-norske elver som Stjørdalselva, Nidelva og Orkla er som regel laksesmolten eldre enn ørretsmolten (Arnekleiv et al. 1994, 2000, Hvidsten et al. 2004). Selv om det var en del 3- og 4-årig laksesmolt i Driva er det nok en betydelig dødelighet på eldre laksunger, og et sterkt selektivt press mot en ung smoltalder.

Hybridsmolten synes å innta en mellomstilling mellom laks og ørret både med hensyn til smoltalder, smoltlengde og sjøtoleranse, men hybridene hadde signifikant lavere k-faktor enn laks og ørret. Hvilke egenskaper som medfører at hybridene sannsynligvis har en lavere sjøoverlevelse og tilbakevandring enn laks og ørret vet vi imidlertid lite om.

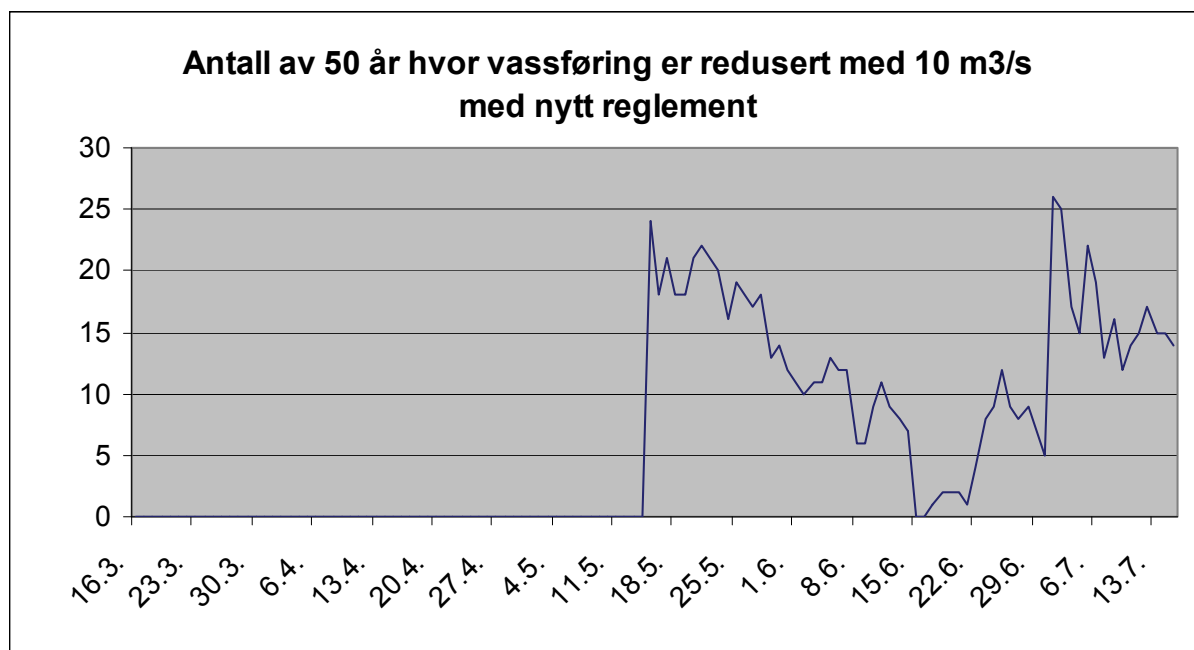
4.2 Smoltutvandring og virkning av nytt manøvreringsreglement

Tidspunktet for smoltutvandringen og miljøforholdene under utvandring kan ha betydning for smoltens overlevelse etter at den er kommet ut i fjorden (Thorstad mfl. 2006). Smolt fra ulike deler av landet vandrer ut fra elvene til ulike tidspunkt (fra seint april til ut i juli), men smolten kommer i gjennomsnitt ut i fjordene når vanntemperaturen der har nådd ca. 8 °C (Hvidsten, Heggberget & Jensen 1998). Det er antatt at dette er gunstig for smoltens overlevelse (evne til saltregulering og tilgang på mat) og at smolten i ulike elver bruker ulike triggere (temperatur og vannføringsforhold) for å nå sjøen til rett tid (f. eks. Hvidsten mfl. 1995, Hvidsten, Heggberget & Jensen 1998, Hembre, Arnekleiv & L'Abée-Lund 2001). I midt-norske lakselver har en sett at den største smoltutvandringen for både laks og ørret skjer under økende vassføring og ofte under vårflommen (Hvidsten et al. 2004, Arnekleiv et al. 2007, Hembre, Arnekleiv & L'Abée-Lund 2001). Både synkron utvandring (samla utvandring i stim) og høy vannføring under utvandring er ansett som gunstig bl.a i forhold til redusert predasjon fra marin fisk i det nære fjordområdet. I Driva var også økende vassføring viktigste faktor til forklaring av økt utvandring, men i alle undersøkte år var hovedutvandringen ferdig før vårflomtoppen kom i vassdraget. Ørreten syntes å vandre over en lengre periode enn laksen. Dette er i overensstemmelse med resultatene fra smoltutvandringen til laks og ørret i Stjørdalselva (Arnekleiv et al 2007, Hembre et al. 2001).

Basert på forutsetningen at smoltfangsten varte hele utvandringsperioden, ble det beregnet dato for når 25 % og 50 % av smolten av laks, hybrid og ørret hadde vandret ut. Det var forskjell i utvandringsmønster mellom "artene" der hybridene i gjennomsnitt vandret litt tidligere enn laksesmolten. Det ble funnet signifikant positiv korrelasjon mellom endring i vannføring og endring i smoltutvandring hos laks og ørret, men ikke hos hybrid. Det er lite kunnskap om smoltvandring til hybrider, men utvandringsdata fra fella på Ims (Rogaland) tydet også på tidlig utvandring til hybrider (K. Hindar pers. medd.).

Simulerte vannføringer i smoltutvandringsperioden med gammelt og nytt reglement viste at det blir svært liten endring i vannføringen med det nye reglementet. Smoltmodellene viste tilfredsstillende samsvar mellom observerte og predikerte verdier, og det konkluderes med at endringene i vannføring i det nye reglementet er så små at det er overveiende sannsynlig at det nye reglementet ikke vil påvirke smoltens utvandring og overlevelse. I tillegg vil mye av smolten komme fra deler av Driva som ikke er påvirket av endringene (oppstrøms utløpet av kraftverket). Konklusjonen står seg selv om en er inneforstått med at det finnes svakheter og feilkilder både i forhold til utvandringsdata, utvikling av modellene og simulerte vannføringer. Blant annet er det noe uoverensstemmelse mellom modellert 50 % utvandring og observerte verdier for laks, men ikke for ørret. Modelleringen av utvandringen gir 50 % utvandring av laks den 15. juni med gammelt reglement og 14. juni ved nytt. Data fra Driva viser at 50 % utvandring til laks i alle undersøkte år var før 1. juni. Denne uoverensstemmelsen skyldes delvis at modellen er basert på fellefangst for årene 2005-2007, mens vi har gitt 50 % utvandringstidspunkt for totalutvandring for årene 2005-2009 målt i notfelle og smolthjul samlet.

Grunnen til at vannførendringene med nytt reglement blir så små, er at i de fleste år kommer 10 m³/s redusert vannføring ved stopp i Driva kraftverk først fra ca. 15. mai til 15. juni som illustrert i figur 21. I perioden 15. mai-1. juni er median vannføring i Driva over 100 m³/s, og i perioden 1. juni-15. juni over 150 m³/s. I en slik situasjon gir 10 m³/s redusert vannføring liten prosentvis endring i totalvannføringa, og smoltutvandringa påvirkes svært lite.



Figur 21. Antall av 50 år, og tidspunkt hvor vannføringa er redusert med 10 m³/s med nytt manøvreringsreglement for Driva kraftverk (Data og figur fra TrønderEnergi Kraft AS).

5 SAMMENDRAG

I forbindelse med nytt reglement for Driva kraftverk ble det vedtatt å utføre undersøkelser på bl.a. smoltutvandringen i Driva for å kartlegge mulige effekter av endringen i manøvreringen for fiskebestandene. I tillegg var det av interesse å få mer kunnskap om effekter av *G. salaris* og forekomst og atferd til hybrider mellom laks og ørret. LFI ved NTNU Vitenskapsmuseet og NINA har i fellesskap gjennomført smoltundersøkelser i perioden 2005-2009.

Vi benyttet to smoltfeller; en tradisjonell notfelle og et smolthjul som fanget levende smolt. Det ble fanget signifikant mer ørret pr. innsats i notfella enn i smolthjulet, mens det for laks og hybrid ikke var forskjell i fangst pr. innsats mellom notfelle og smolthjul.

Totalt ble det foretatt morfologisk artsbestemmelse av 5031 smolt i felt. Det var et betydelig antall hybrider i smoltmaterialet, og for å sikre korrekt artsbestemmelse ble det fortløpende gjennomført genetiske analyser av totalt 2095 smolt. De genetiske analysene ble videre brukt til å korrigere artsbestemmelsen i felt og artsfordelingen av det totale materialet. Etter korrigering bestod det totale smoltmaterialet av 1129 laks (22,9 %), 1345 hybrid (27,3 %) og 2458 ørret (49,8 %), dvs. i alt 4932 smolt.

For totalmaterialet (2005-2009) var laksesmolten yngst (gjennomsnittsalder 2,9 år) og kortest (gjennomsnitt 142,6 mm), mens ørretsmolten var eldst (gjennomsnittsalder 3,9 år) og lengst (182,7 mm). Hybridene inntok en mellomstilling med gjennomsnittsalder 3,5 år og gjennomsnittslengde på 156,7 mm. Ørretsmolten hadde høyest kondisjonsfaktor ($k=0,82$), mens hybridsmolten hadde lavest ($k=0,75$) og lakssmolten lå i mellom ($k=0,78$). Det var signifikant overvekt av hunnfisk hos laks- og ørretsmolten, mens dette ikke var tilfelle hos hybridene.

Smoltutvandringen startet i slutten av april og kuliminerte rett i forkant av, eller i begynnelsen av vårflomtoppen i juni. Økning i vannføring var positivt korrelert med økning i smoltutvandring, men det var forskjeller i utvandringsmønster mellom laks, ørret og hybrid. Tidspunktet for 50 % utvandring, basert på totalmaterialet fra notfelle og smolthjul, varierte for laksesmolten mellom 9. mai (2008) og 25. mai (2007). For hybridene var tidligste utvandring (50 %) 2. mai (2008 og 2009) og seineste utvandring 24. mai (2005). Ørretsmolten vandret tidligst 2. mai (2009) og seinest 26. mai (2006).

Basert på utvandringsdata fra notfella, vannføring, vanntemperatur og endring i disse miljøparametrene, ble det utviklet en smoltmodell for laks og ørret, og denne ble benyttet til å simulere smoltutvandringen ved gammelt og nytt manøvreringsreglement for Driva kraftverk. Sammenligningen ble utført på simulerte vannførings- og vanntemperaturdata for forskjellig type år; vått, tørt og normalt år. Resultatene viste at vannføringen i smoltutvandningsperioden blir svært lite endret fra gammelt til nytt reglement. Selv om både datagrunnlaget for smoltutvandring, de utviklede smoltmodellene og de simulerte vannføringsforholdene er belagt med usikkerhet og feilkilder, konkluderes det med at endringene i vannføring i det nye reglementet er så små at det er overveiende sannsynlig at det nye reglementet ikke vil påvirke smoltens utvandring og overlevelse. I tillegg vil mye av smolten komme fra deler av Driva som ikke er påvirket av endringene (oppstrøms utløpet av kraftverket).

Elfiske for merking av presmolt (totalt 1507 stk.) i ulike deler av Drivavassdraget i april 2008 ga grunnlag for å undersøke fordelingen av laks, hybrider og ørret i hovedvassdraget og sideelva Grøvu og å beregne smoltmengde ut fra merking-gjenfangst.

Andelen presmolt ørret var størst nederst i Driva og avtok oppover vassdraget, mens det motsatte var tilfelle for laks. Andelen hybrider var lavest i Grøvu og høyest i sone 5, fra Oppdal sentrum til Magalaupet.

Av de 1507 merkede presmoltene i april 2008 fikk vi totalt gjenfangster av 10 laks (3,3 % gjenfangst), 4 ørret (0,4 % gjenfangst) og 1 hybrid (0,5 % gjenfangst) i fellene. For ørret og hybrid er gjenfangstene for lave til å kunne få et pålitelig smoltestimat, mens for laks viser estimatet en tetthet på 4590 laksesmolt i 2008, noe som gir en tetthet på bare 0,11 laksesmolt pr. 100 m².

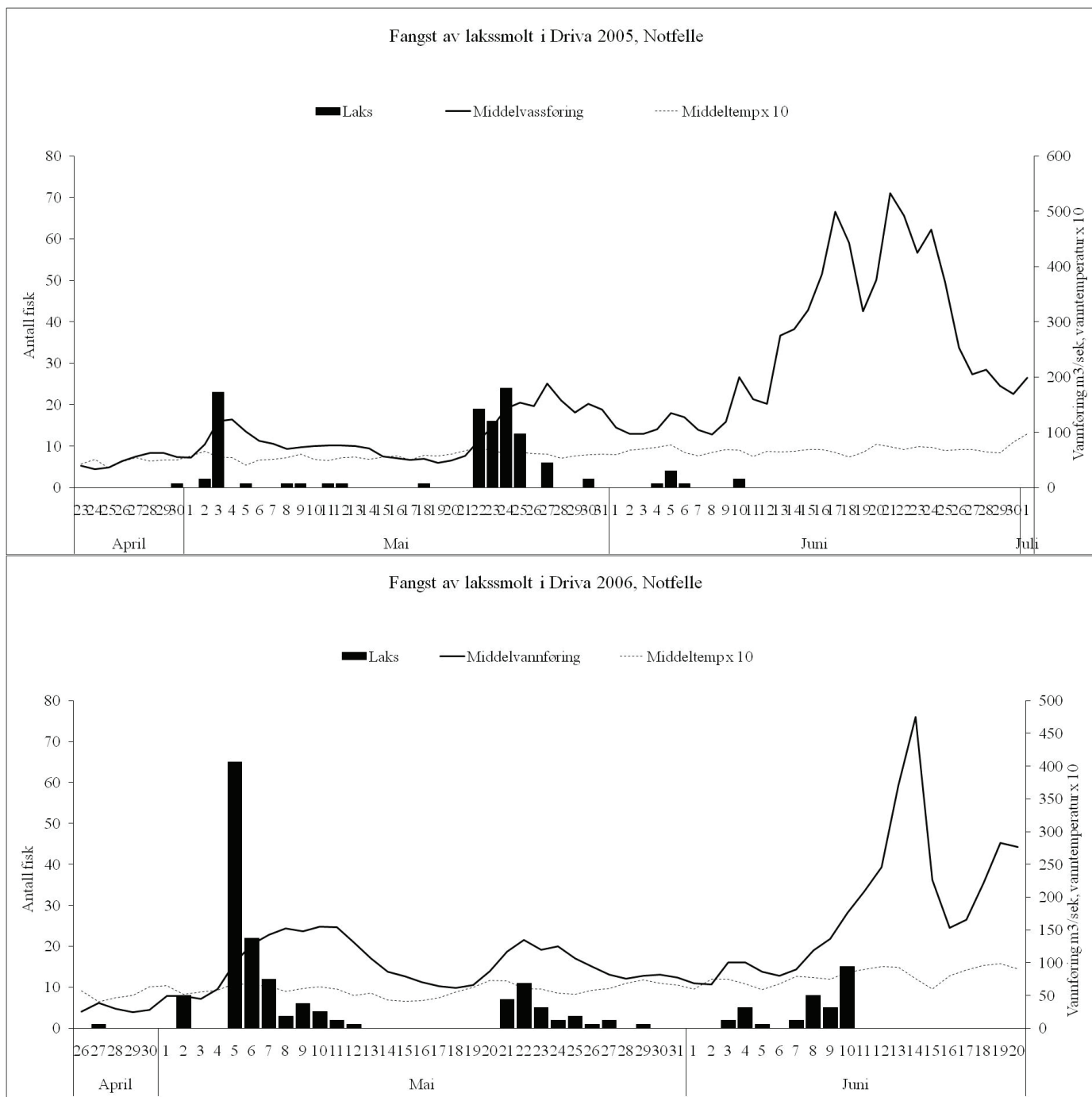
634 utvandrende smolt fanget i smolthjulet ble merket med carlinmerker i undersøkelsesperioden 2005-2008. Pr. januar 2010 var det ingen rapporterte gjenfangster. I andre delprosjekter er det undersøkt infeksjon av *G. salaris* på smolten, undersøkt sjøvannstoleranse og smoltfysiologi, og studert vandringsatferd i sjøen til laks-, hybrid- og ørretsmolt. Foreløpige resultater fra disse delprosjektene er referert i rapporten.

6 LITTERATUR

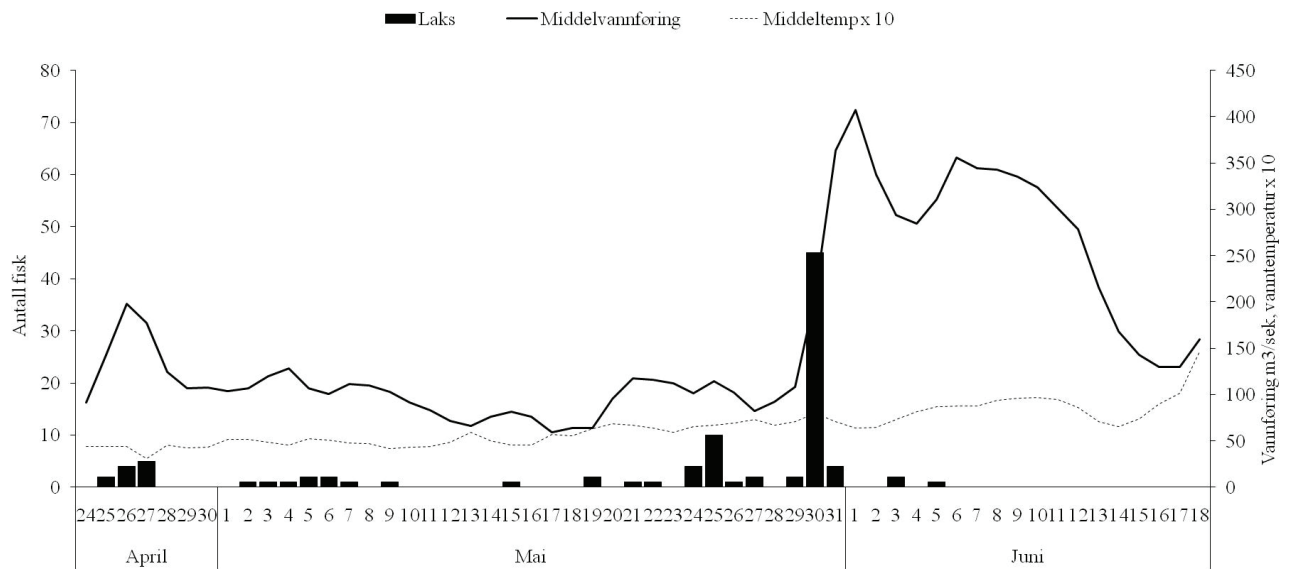
- Akaike, H. (1974) A new look at statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19, 716-723.
- Arnekleiv, J.V. & Koksvik, J. 2002. Endring av manøvreringsreglement for Driva kraftverk – mulige konsekvenser for fiskebiologiske forhold i Driva og Gjevilvatnet. NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk notat 2002,3: 1-32.
- Arnekleiv, J.V. & Urke, H. 2002b. Grøa kraftverk, Sunndal kommune. Fiskeundersøkelser 1999-2001. Årsrapport 2001. NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk notat 2002,2: 1-14.
- Arnekleiv, J.V., Kjærstad, G., Rønning, L., Koksvik, J. Og Urke, H.A. 2000. Fiskebiologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-1999. Del I. Vassdragsregulering, hydrografi, bunndyr, ungfisktettheter og smolt. – Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 2000, 3: 1-91.
- Arnekleiv, J.V., Koksvik, J.I., Hvidsten, N.A. og Jensen, A.J. 1994. Virkninger av Bratsberg-reguleringen (Bratsberg kraftverk) på bunndyr og fisk i Nidelva, Trondheim (1982-1986). – Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 1994, 7: 1-56.
- Forseth, T., Næsje, T., Jensen, A.J., Saksgård, L. & Hvidsten, N.A. 1996. Ny forbitappingsventil i Alta kraftverk: betydning for laksebestanden. – NINA Oppdragsmelding 392: 1-26.
- Forseth, T., Fiske, P., Hvidsten, N.A. & Saltveit, S.J. 2003. Smoltoverlevelse i Suldalslågen. Miljøfaktorer som påvirker smoltutvandring og overlevelse i fjorden. Suldalslågen Miljørapport 30:1-59.
- Forseth, T. og Forsgren, E. (Red). 2009. El-fiskemetodikk, Gamle problemer og nye utfordringer. NINA Rapport 488, 74 sider.
- Hansen, L. P. and Jonsson, B. 1989. Salmon ranching experiments in the River Imsa; effect of timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt migration on survival to adults. *Aquaculture* 82: 367-373.
- Hembre, B., Arnekleiv, J.V. & L'Abbée-Lund, J.H. 2001. Effect of water discharge and temperature on the seaward migration of anadromous brown trout, *Salmo trutta*, smolts. *Ecol Freshw. Fish.* 10: 61-64.
- Hesthagen, T. & Garnås, E. 1986. Migration of Atlantic salmon smolts in river Orkla of central Norway in relation to management of a Hydroelectric station. *North American Journal of Fisheries Management* 6: 376-378.
- Hindar, K. & Balstad, 1994. Salmonid Culture and Interspecific Hybridization. – *Conservation Biology* 8: 881-882.
- Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A.J., Ugedal, O., Jonsson, N., Storeid, S-E., Arnekleiv, J.V., Saltveit, S.J., Sægrov, H. & Sættem, L.M. 2007. Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. – NINA Rapport 226: 1-78.
- Hvidsten, N.A. & Møkkelgjerd, P.I. 1987. Predation on salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the estuary of the River Surna, Norway. *Journal of Fish Biology* 30: 273-280.
- Hvidsten, N.A. & Hansen, L.P. 1988. Increased recapture rate of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., stocked as smolts at high water discharge. *Journal of Fish Biology* 32: 153-154.
- Hvidsten, N.A. & Lund, R.A. 1988. Predation on hatchery reared and wild smolts Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the estuary of River Orkla, Norway. *Journal of Fish Biology* 33: 121-126.
- Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T.G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. *Nordic Journal of Freshwater Research* 70: 38-48.
- Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G. & Jensen, A.J. 1998. Sea water temperatures at Atlantic salmon smolt entrance. *Nordic Journal of Freshwater Research* 74: 79-86.

- Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O., Jensen, A.J., Fiske, P., Ugedal, O., Thorstad, E.B., Jensås, J.G., Bakke, Ø. & Forseth, T. 2004. Orkla – et nasjonalt referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. NINA Fagrapport 079: 1-96.
- Johnsen, B.O., Møkkelgjerd, P.I. & Jensen, A.J. 1999. Parasitten *Gyrodactylus salaris* på laks i norske vassdrag, statusrapport ved inngangen til år 2000. – NINA Oppdragsmelding 617: 1-129.
- Johnsen, B.O., Hindar, K., Balstad, T., Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Jensås, J.G., Syversveen, M. & Østborg, G. 2004. Laks og *Gyrodactylus* i Driva – status 2004 (foreløpig rapport). NINA Minirapport 78: 1-14.
- Johnsen, B.O., Hindar, K., Balstad, T., Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Jensås, J.G., Syversveen, M. & Østborg, G. 2005. Laks og *Gyrodactylus* i Vefsna og Driva. Årsrapport 2004. NINA Rapport 34: 1-33.
- Johnsen, B.O. (red.) 2007. Økologiske undersøkelser av *Gyrodactylus salaris* og fisk i norske vassdrag. – Årsrapport 2006. NINA Minirapport 183: 1-56.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 2002. Temperastur og vannføring påvirker vandringen hos laksefisk i vassdrag. – Naturen nr. 1-2002: 31-35
- Jonsson, N. 1991. Influence of Water Flow, Water Temperature and Light on Fish Migration in Rivers. – Nordic J. Freshw. Res. 66: 20-35.
- McCullagh, P. & Nelder, J.A. (1989) *Generalized linear models* Chapman & Hall, London.
- NOU 1999-9. Til laks åt alle kan ingen gjera? Om årsaker til nedgangen i de norske villaksbestandene og forslag til strategier og tiltak for å bedre situasjonen. 297 s.
- Næsje, T.F., Finstad, B., Jensen, A.J., Koksvik, J.I., Reinertsen, H., Saksgård, L., Aursand, M., Forseth, T., Heggberget, T.G. og Hvidsten, N.A. 1998. Fiskeribiologiske undersøkelser i Altaelva 1981 – 1998. – Statkraft Engineering. Alta-rapport nr. 9: 1- 159.
- Pendas, A.M., Moran, P., Martinez, J.L. & Garcia-Vasquez, E. 1995. Applications of 5SrDNA in Atlantic salmon, brown trout, and in Atlantic salmon x brown trout hybrid identification. *Molecular Ecology* 4 (2): 275-276.
- Ricker, W.R. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. – Department of the Environmental Fisheries and Service, Ottawa. 382 pp.
- Solem, Ø. 2002. Rapport fra overvåkingsfiske i Driva Oppdal. Oppdal Jæger- & Fiskarlag, Rapport 14 s.
- Solomon, D.J. & Child, A.R. 1978. Identification of juvenile natural hybrids between Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) – *J. Fish Biol.* 12: 499-501.
- Thedinga, J. F., Murphy, M. L., Johnson, S. W., Lorenz, J. M. & Koski, K. V. 1994. Determination of salmonid smolt yield with rotary-screw traps in the Situk river, Alaska, to predict effects of glacial flooding. *North American Journal of Fisheries Management*, 14, 837-851.
- Thorstad, E.B., Arnekleiv, J.V., Forseth, T., Sandlund, O.T., Jensen, A.J. & Næsje, T.F. (2006) Fiskevandring og effekter av endringer i vannføring. S. 100-119 i Økologiske forhold i vassdrag – konsekvenser av vannførendringer. En sammenstilling av dagens kunnskap. S.J. Saltveit (red.). Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.
- TrønderEnergi 2002. Vassføring i Driva ved Elverhøy bru. Notat.
- Urke, H.A., Koksvik, J., Arnekleiv, J.V., Hindar, K., Kroglund, F. & Kristensen, T. 2009. Seawater tolerance in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., brown trout, *Salmo trutta* L., and *S.salar* x *S. trutta* hybrids smolt. - *Fish. Physiol. Biochem.* DOI 10.1007/s10695-009-9359-x.
- Vik, R. og Korsen, I. 1984. Drivareguleringen. Innvirkning på lakse- og sjørrettfisket i Driva. Rapport til overskjønnet, 49 s.
- Wedemeyer, G. A., Saunders, R. L. and Clarke, W. C. 1980. Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromus salmonids. *Mar. Fish. Rev* 42. (6): 1-14.

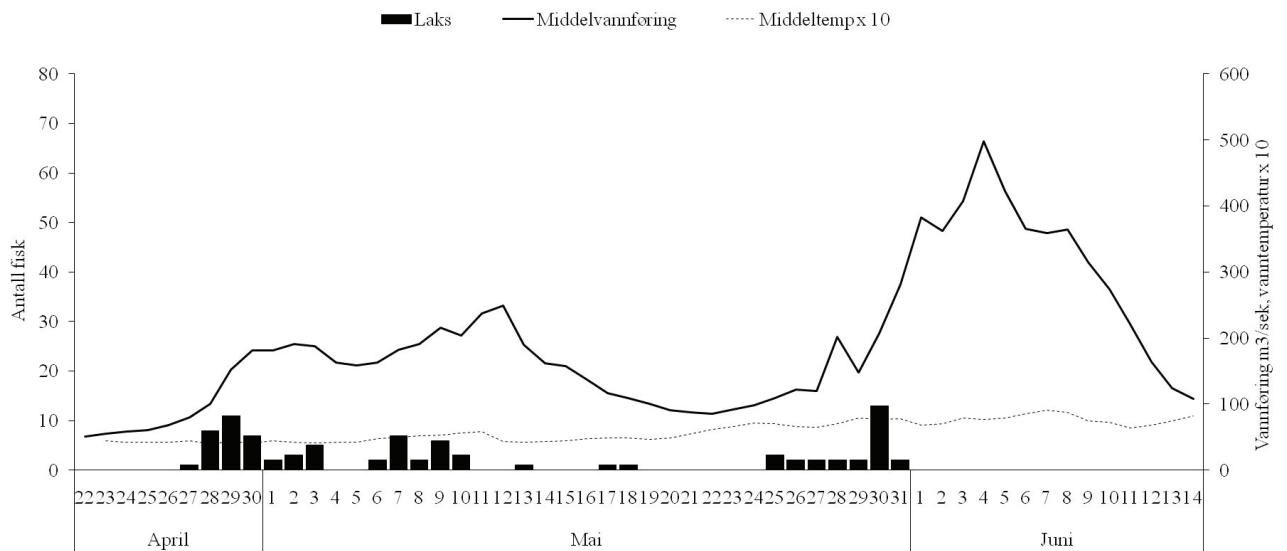
Vedlegg 1. Antall smolt av laks, hybrid og ørret pr. natt (søyler) i notfelle, samt vannføring (døgnmiddel i m³/s) ved Elverhøy og temperatur i Driva i 2005-2009. Laks/hybrid er korrigert i samsvar med resultater fra genetiske analyser.



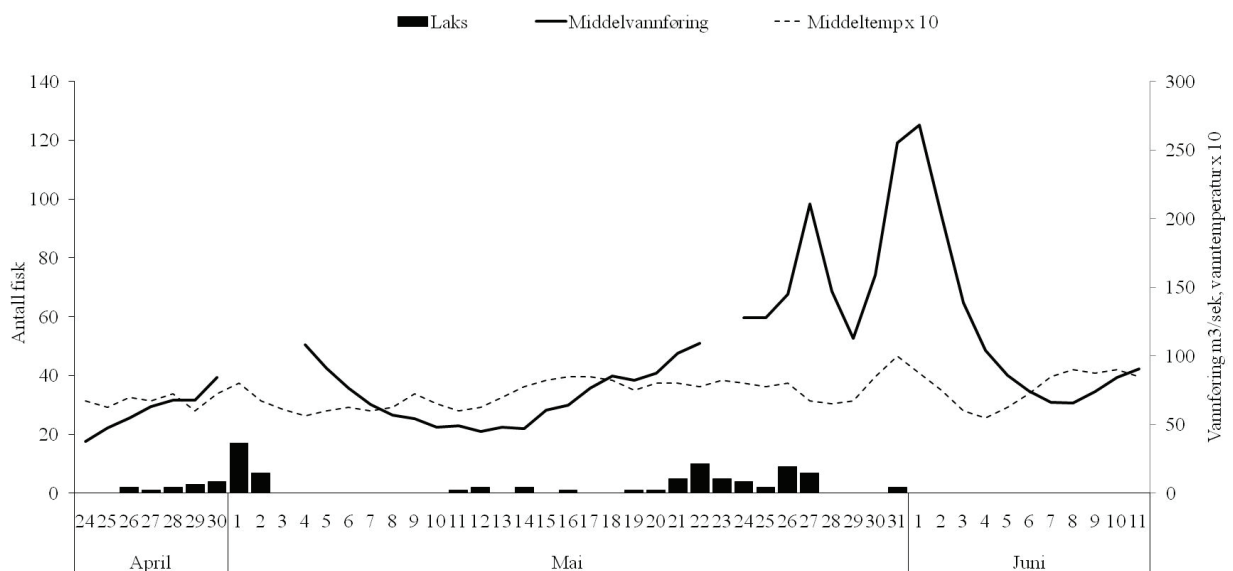
Fangst av lakssmolt i Driva 2007, Notfelle



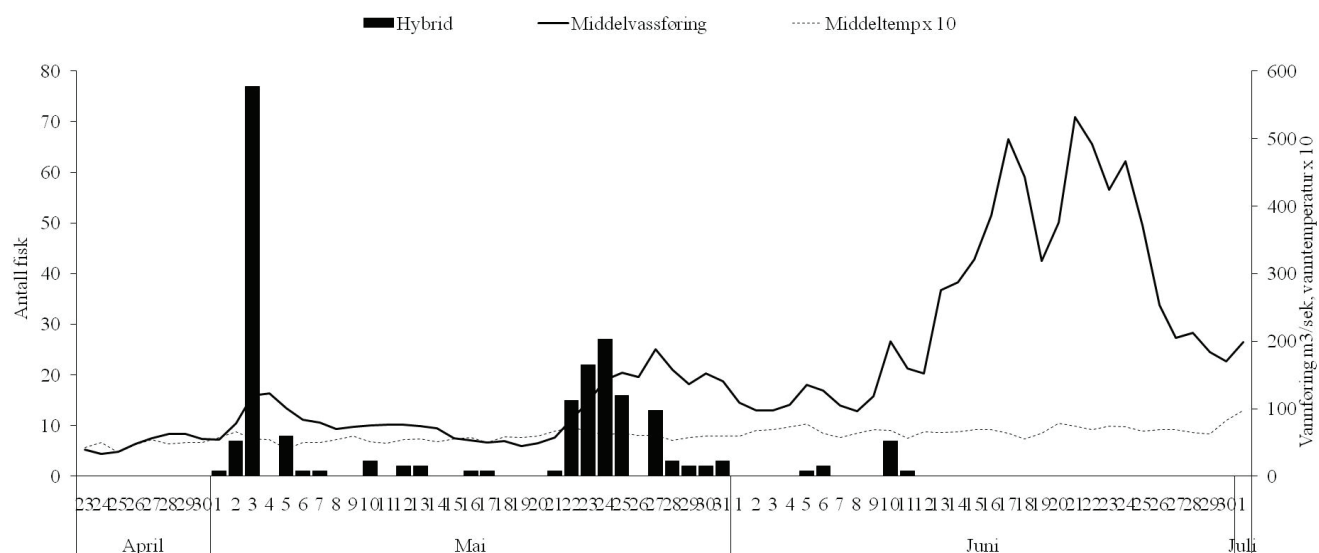
Fangst av lakssmolt i Driva 2008
, Notfelle



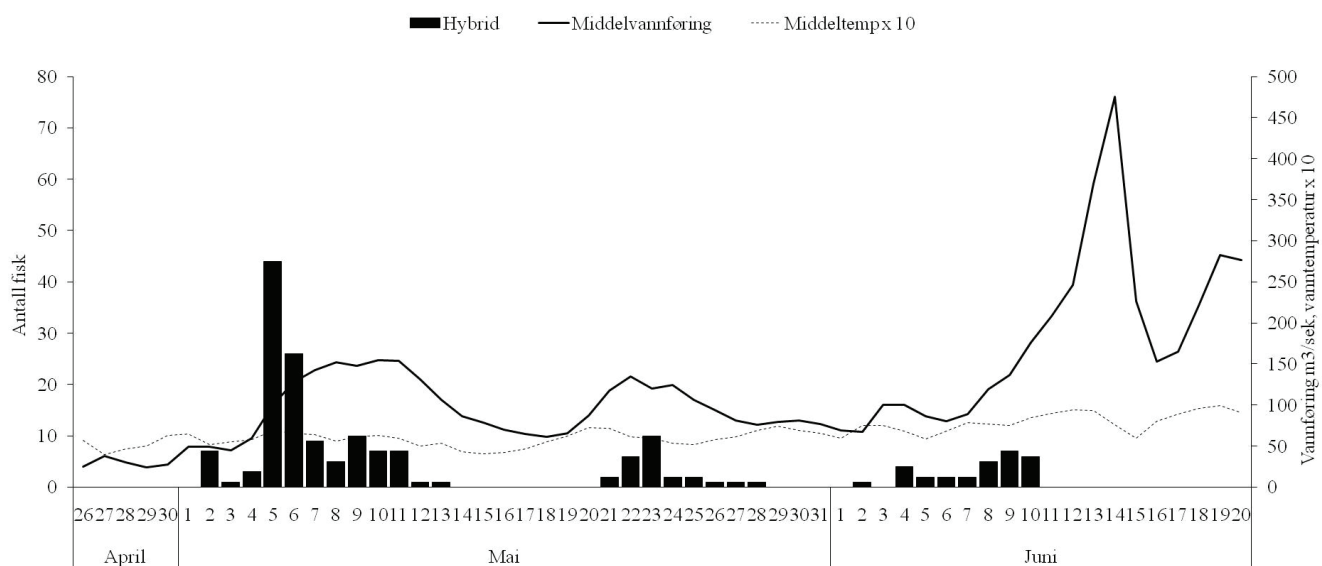
Fangst av lakssmolt i Driva 2009
, Notfelle



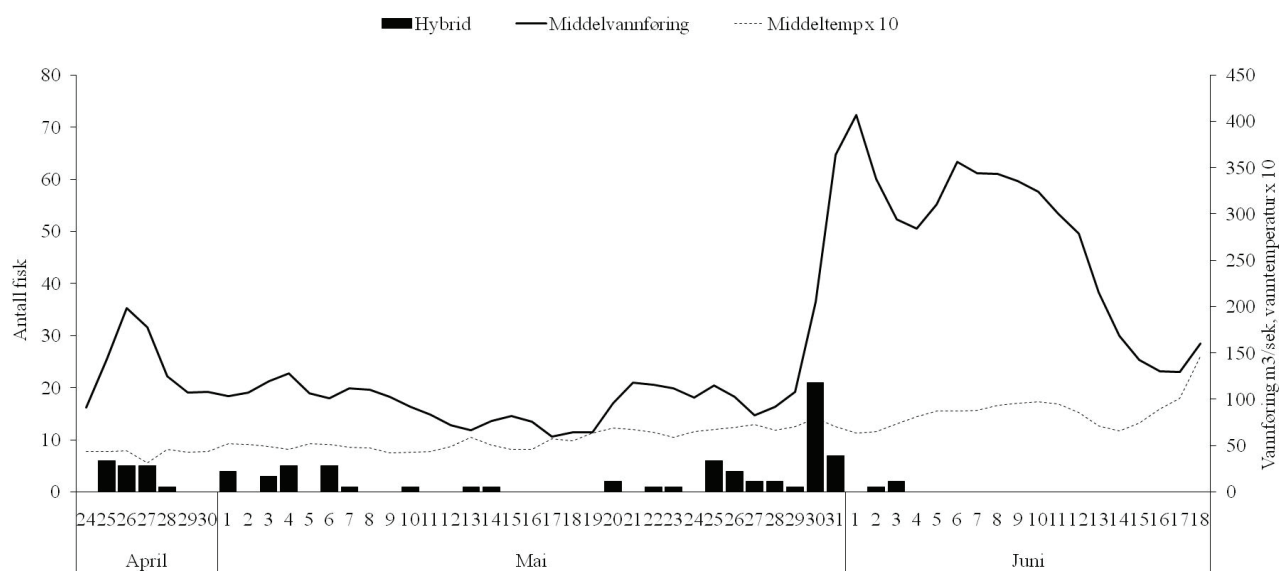
Fangst av hybridmolt i Driva 2005 Nottfelle

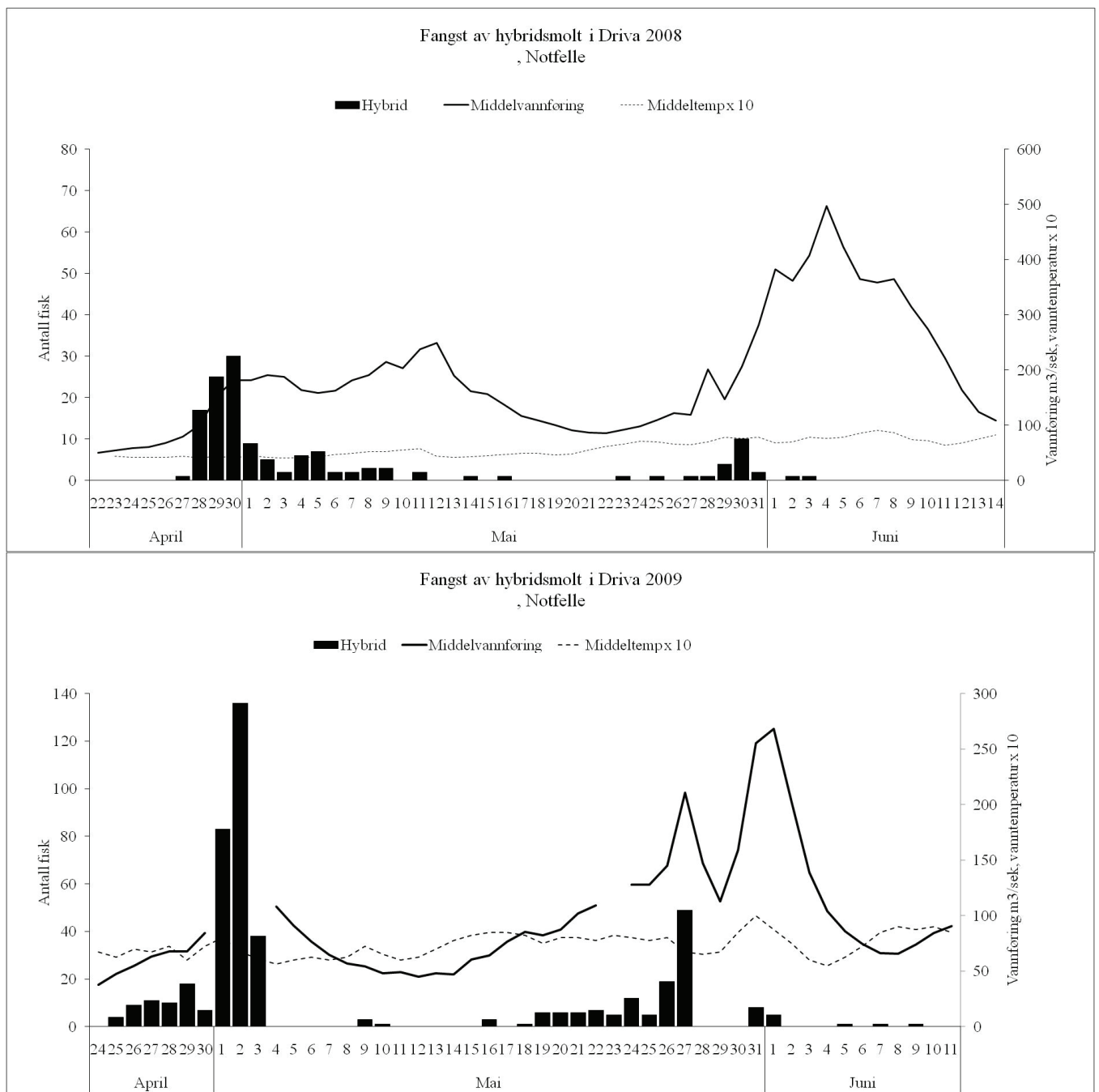


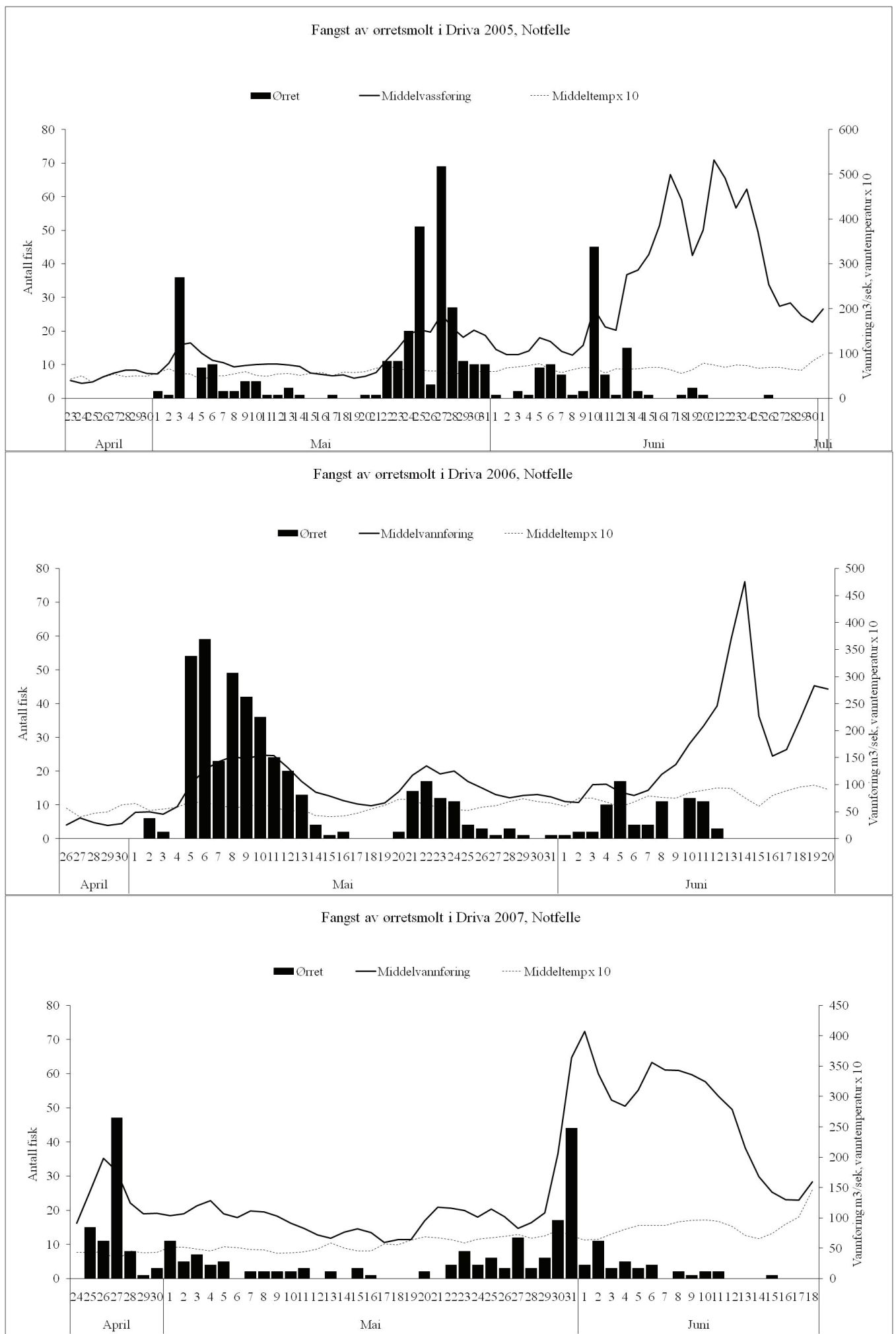
Fangst av hybridmolt i Driva 2006, Nottfelle

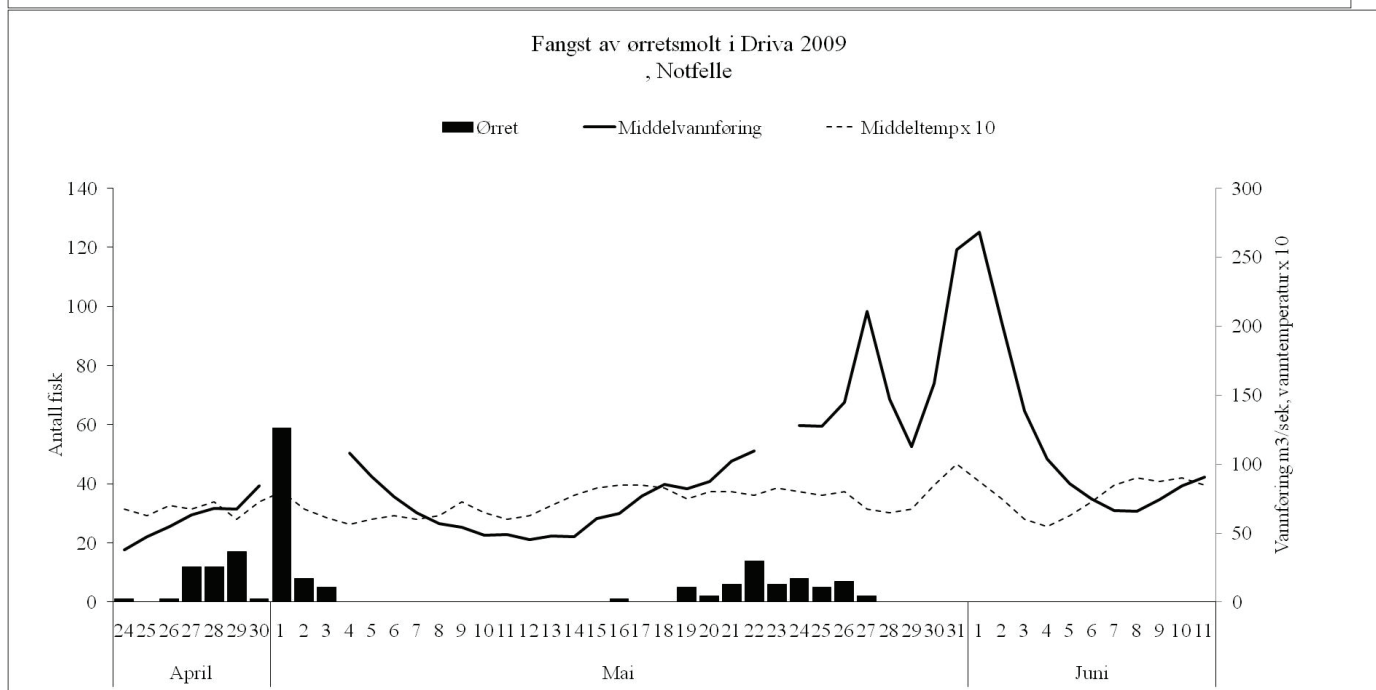
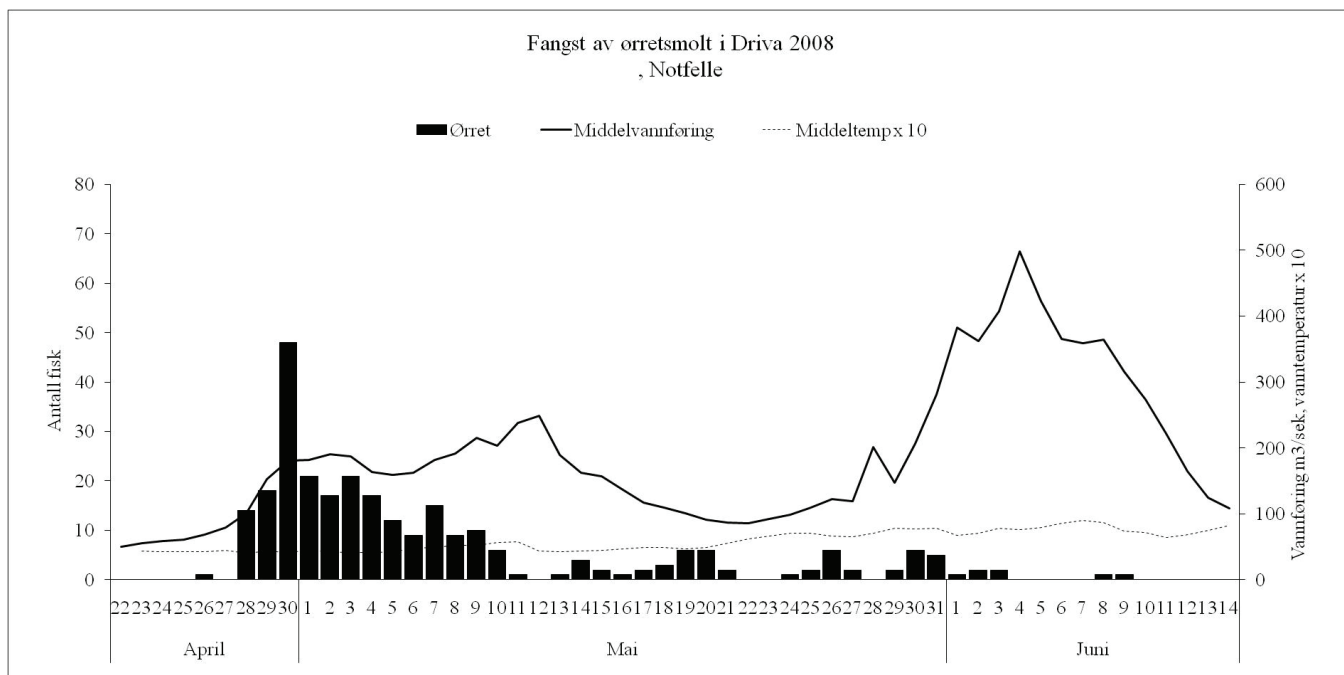


Fangst av hybridmolt i Driva 2007, Nottfelle











notat

Emne: **Simulert vassføring i Driva i smoltutvandringsperioden**
Til: Torbjørn Forseth, NINA
Kopi til: Viggo Finseth, TEK
Dato: 29. juli 2009, korrigert 26. Juli 2010
Vår ref:
Utarbeidet av: Lars Olav Hoset
Godkjent av:

Innledning

Manøvreringsreglementet for Driva-reguleringen setter bl.a. krav om at det skal tappes 10 m³/s gjennom kraftverket hvis vassføringen i Driva elv underskrider visse krav. I tillegg forbyr manøvreringsreglementet tapping gjennom kraftverket hvis magasin vannstanden i Gjevilvatnet er under visse grenser når vassføringskravet i Driva likevel er oppfylt pga. uregulert tilsig.

Dette medfører at vassføringskravet til dels begrenser fyllingen av Gjevilvatnet i vår- og sommerperioden. For å forbedre fyllingsforholdene ble vassføringskravet lempet noe ved vedtak i 2004. Endringen medfører noe redusert vassføring i Driva elv. Dette kan få konsekvenser for bl.a. smoltutvandringen og konsekvensene av det nye reglementet skal vurderes. Denne vurderingen forutsetter at vassføringsendringen beskrives.

NINA er engasjert for å klarlegge konsekvensene for smoltutvandringen og TEK skal fremskaffe vassføringsunderlag iflg. følgende beskrivelse fra NINA (e-post fra T. Forseth 1. april -09):

Denne strategien krever altså at dere:

- 1) Velger ut fra deres arkiver tre tørre, normale og våte år og tar fram tilsigsdata for vårperioden (fra ca. 5 mars til ca. 15 juli).
- 2) Ut fra disse tilsigsseriene **simulerer** dere hvordan dere ville ha kjørt anlegget under de to reglementene. For at ikke prisprofil skal påvirke resultatene (i den grad dere kjører mot slike) velger dere samme prisprofil for alle årene (gjørne en fersk og relevant en). Det er avgjørende at dere ikke bruker observert kjøring for det gamle reglementet – vi må sammenligne simulert med simulert.
- 3) Ut fra dette produserer dere døgnmiddel vannføring for hver vårperioden i de 9 årene og for de to reglementene (dvs. totalt 18 datasett)

Tilsigsstatistikk

Smoltutvandringen skal vurderes på bakgrunn av døgnmiddelverdier for vannføring, mens TEKs historiske tilsigsdatabase har dataunderlag med ukeoppløsning, samt mer eller mindre komplette timeverdiserier siste 20 – 25 årene. For vassføring i Driva elv (Elverhøy VM) går timeverdidatabasen tilbake til ca. år 1998. Så kort periode gir for snevert utfallsrom for å beskrive variasjon i vassføring og det

er derfor valgt å innhente tilsigsdata med døgnoppløsning fra 1960 fra NVE. NVE-serien 109.3.0.1050.1 – Elverhøy bru går imidlertid bare fram tom 1999. For perioden fom 2000 tom juli 2009 er TEKs timeverdiserie (målt i Driva ved Elverhøy) korrigert for magasinering i Gjevilvatnet og konvertert til døgnverdier. Dermed har vi en komplett serie for uregulert tilsig til Driva ved Elverhøy for tidsrommet 1960 – 2009 (altså slik vassføringen ville vært uten Drivareguleringen).

Driften av Driva kraftverk og magasineringen i Gjevilvatnet må simuleres på grunnlag av tilsig fra Driva kraftverks nedslagsfelter og uregulert vassføring i Driva elv, idet begge disse forhold påvirker hvordan kraftverket manøvreres. Forskjellige klimatiske forhold medfører at tilsiget til Gjevilvatnet (Driva kraftverk) er forskjellig fra det tilsig i det uregulerte restfeltet i Driva elv (Elverhøy).

Ved hjelp av observert tilsig til Driva kraftverk i perioden 1986 – 2009 er det beregnet to tilsigsserier (døgnserier) som videre simulering baseres på: 1) tilsig til Driva kraftverk (Gjevilvatnet) og 2) uregulert restfelt i Driva ved Elverhøy. Beregningsmåten beskrives ikke nærmere her.

Simulering

Driftssimulering av framtidig kraftverksdrift går i korthet ut på å beregne hvordan vannstander, kraftproduksjon og vassføring utvikler seg over et gitt framtidig tidsintervall ved forskjellige alternative forutsetninger om tilsig og kraftmarked, og under hensyn til gjeldende tekniske og juridiske restriksjoner. TEK utfører regelmessige simuleringer for Driva kraftverk ved hjelp av programsystemet Vansimtap. Vansimtap har imidlertid begrensede muligheter til å beskrive kompliserte manøvreringsreglementer og har uke som tidsoppløsning. Vansimtapsimulering baseres på en varierende prisprognose. Erfaring over mange år viser at den praktiske manøvreringen ofte blir forskjellig fra det bildet som Vansimtapresultatene viser.

For Driva kraftverk med et strengt manøvreringsreglement i vår- og sommerperioden vil den praktiske driften i sterk grad styres av dette. Den rådende driftspraksisen kan i korthet beskrives slik:

- Forventninger om lavere pris i vår- og sommermånedene medfører at magasinet tappes ned utover etterjulsvinteren og våren slik at laveste vannstand vanligvis nåes i siste halvdel av april.
- Hvor langt ned magasinet tappes bestemmes ut fra kjennskap til snømengde – kraftigere nedtapping ved mye snø (og omvendt). Vurderingen baseres på snømålinger.
- Etter at snøsmeltingen har startet lar en mesteparten av tilsiget gå til oppfylling av magasinet.
- Det er ønskelig at magasinet fylles opp slik at vannstanden er over manøvreringsreglementets krav (pr 1.6. kote 656,80 osv.) til ikke å tappe. Dermed unngås forbudet mot å tappe gjennom kraftverket.
- En ønsker ikke å fylle magasinet så høyt at eventuelle store kortvarige tilsig medfører krav om tvangstapping (660,55-kravet) eller vanntap pga. overløp.
- Kravene i manøvreringsreglementet overholdes

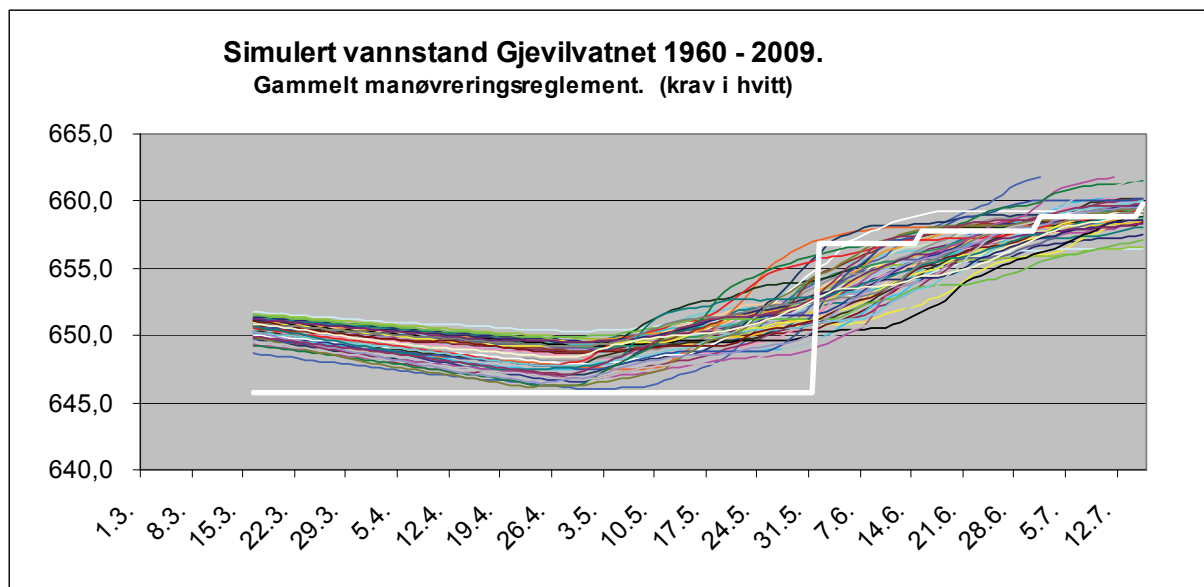
Markedsmessige forhold spiller mao. meget liten rolle i den langsiktige disponeringen i vår- og sommerperioden, men kan taes hensyn til i det kortsiktige.

Denne praksisen er beskrevet i et regneoppsett, hvor en simulerer utviklingen for hver dag av magasin, kraftproduksjon og vassføring for perioden 16. mars til 15. juli. Simuleringen gjentas for hvert av årene 1960 til 2009, dvs. 50 år.

For hvert av årene starter simuleringen (16. mars) med et startmagasin i Gjevilvatnet. Startmagasinet settes til gjennomsnittlag observert vannstand denne dato (660,66 moh) med et tillegg som er maksimalt 1,2 m (lite snø) eller fradrag som maksimalt er 1,9 m (hvis mye snø)

Tilsvarende styres videre tappig utover mot vårflomstart ut fra de samme forventninger til tilsig i smelteperioden. Fra vårflomstart (ca. 1. mai) fylles magasinet raskest mulig til manøvreringsreglementets krav for fri tapping og holdes der utover sommeren.

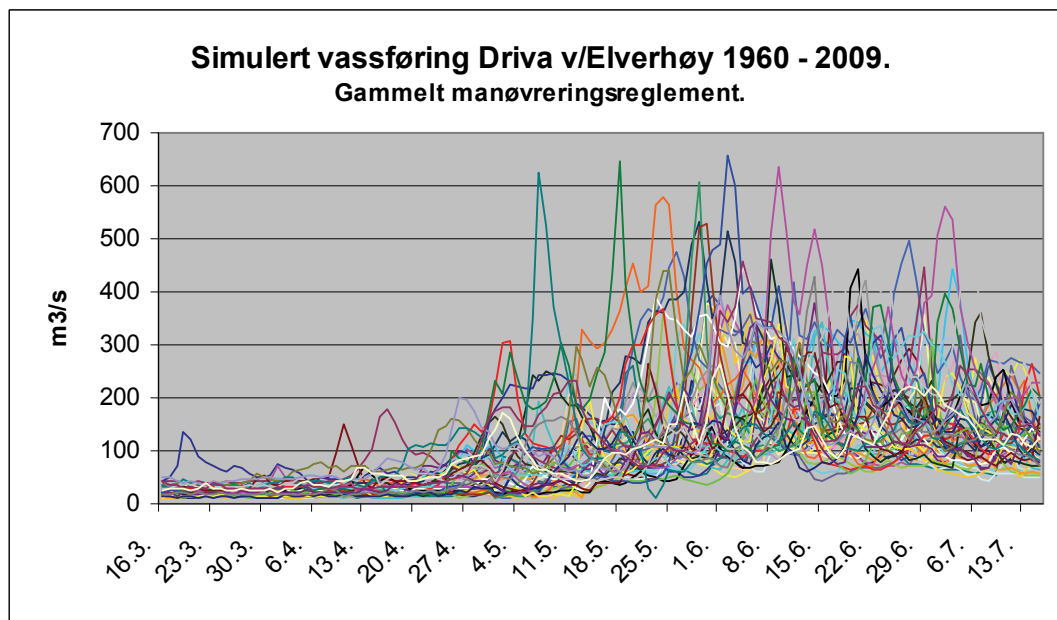
Figuren nedenfor viser simuleringsresultat for magasin vannstand med ”gammelt” manøvreringsreglement, med reglementets krav inntegnet.

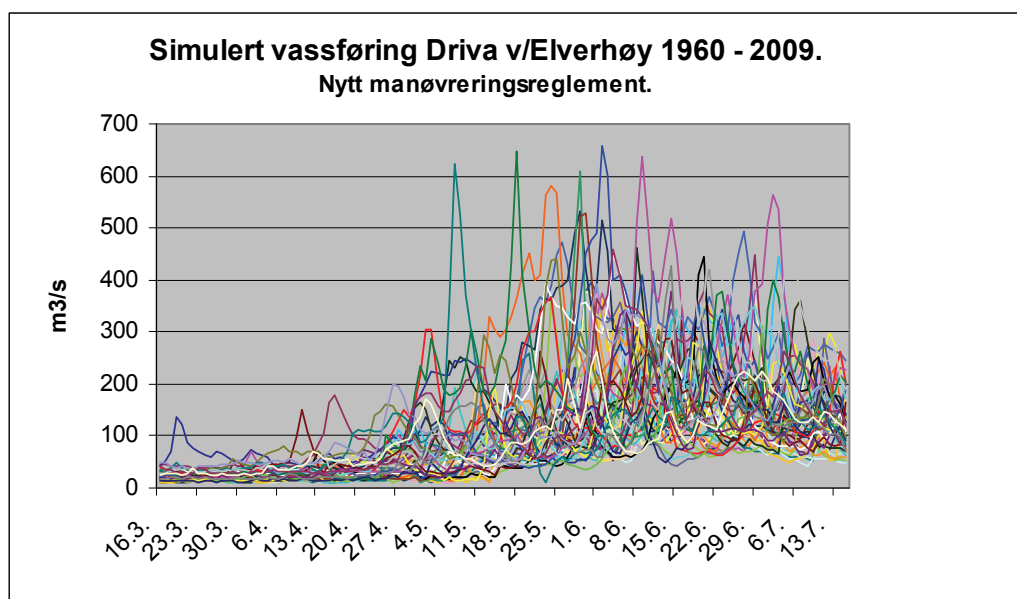


Resultater

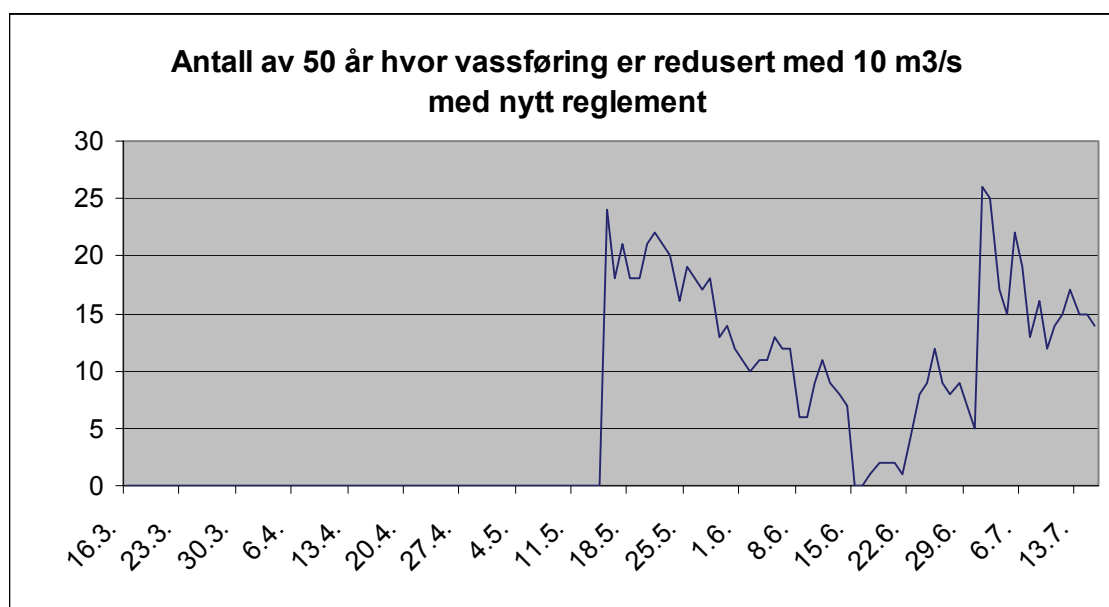
Resultatene fra simuleringen er primært vassføring i Driva elv. Den beregnes som summen av tapping gjennom kraftverket og uregulert tilsig fra uregulert restfelt i Driva elv (se avsnitt Tilsigsstatistikk ovenfor).

Figurene nedenfor viser simulert daglig middelvassføring hvert av de 50 årene for perioden 16. mars til 15. juli ved "gammelt" og "nytt" manøvreringsreglement. Simuleringsforutsetningen er like i de to tilfellene, med unntak av forskjellige tappekraav i periodene 15. mai – 15. juni og 1. – 15. juli. I resultatet er vassføringen 10 m³/s større ved det "gamle" reglementet enn i det "nye" i et varierende antall dager pr år (men det er vanskelig å se det ved sammenligning av figurene!).





Forskjellene illustreres bedre i figuren nedenfor som viser antall år av 50 simulerte år hvor vassføringen er redusert med det ”nye” reglementet.



NINAs vurdering av konsekvenser skal iflg. e-posten baseres på vassføringsforhold i til sammen 9 år, (tre tørre, tre normale og tre våte år).

Utvalget av år er basert på årlig sum vassføring i perioden 16.3. – 15.7. Det hydrologiske grunnlaget forutsetter korrelasjon mellom uregulert vassføring i Driva elv og tilsig til Driva kraftverk og en har valgt tallene for sumtilsig til Driva kraftverk for å velge ut de 9 årene. Figuren nedenfor viser årlig sumtilsig sortert stigende. Tilsiget varierer mellom 160 Mm³ og 423 Mm³. En har valgt å utelate de to tørreste og de tre våteste årene. Som ”de tre tørre” er valgt de tre tørreste i den resten en da har igjen – 1994, 1960 og 1966. Alle disse har totaltilsig i området 185 – 200 Mm³.

Som ”de tre våte” har en valgt de tre våteste i resten (45 år), dvs. 1984, 2002 og 2005. Alle disse har totaltilsig i området 345 – 360 Mm³. Som ”de tre normale” er valgt tre år med tilsig i området 250 – 260 Mm³ midt i det resterende sorterte utvalget på 45 år, dvs. årene 2009, 1965 og 1967.

For hvert av disse til sammen 9 årene er daglig middelvassføring i Driva ved Elverhøy vist i Excel-fil som vedlegges dette notatet. For hvert år er vist vassføring med ”gammelt” og ”nytt” manøvreringsreglement, altså til sammen 18 tallrekker.

Tilføyelse – kommentar mai 2010.

Forutsetningen for endret vassføring er at tappekravet i manøvreringsreglementet er endret og at vassføringa er i intervallet mellom tappekravet i gammelt og nytt reglement. Forskjellen vil dermed oppstå i perioden 15. mai – 14. juni i de årene vassføringa er mellom 50 og 100 m³/s, og i perioden 1. – 15. juli i de årene vassføringa er mellom 100 og 150 m³/s.

Vassføringsreduksjonen pga. overgangen til nytt reglement er 10 m³/s av ei vassføring mellom 50 og 100 m³/s (mai-juni) og 10 m³/s av ei vassføring mellom 100 og 150 m³/s (juli), altså mellom 7 % og 20 %.

For øvrig er vassføringen øket i siste del av perioden i ca. 1/3 av årene. Dette skyldes at reduksjonen tidligere på sommeren medfører høyere fylling i Gjevilvatnet og dermed øket risiko for overløp, og dermed mer tapping. I tillegg pålegger manøvreringsreglementet at det ved vannstander over 660,55 skal tappes så mye fra Gjevilvatnet at vannstanden ikke overstiger den en ville hatt i naturlig tilstand.

De utvalgte årene (3 tørre, 3 normale og 3 våte) er som foran nevnt tatt ut etter sortert totaltilsig for hele perioden 16.3. – 15.7. og medfører nødvendigvis ikke særlig store endringer i vassføring pga. endret reglement. Størst endring, målt i totalt antall m³ i mai-juni, gir året 1962 som er nr 14 i rekken av totaltilsig og viser i gjennomsnitt 6,5 m³/s redusert vassføring. I halvparten av årene er gjennomsnittlig reduksjon mindre enn 2,6 m³/s, og i 4 av 50 år er det ingen reduksjon i perioden mai-juni.

I juli er det ingen reduksjon i ca. 1/3 av årene, mens reduksjon i gjennomsnitt for alle år er 1,6 m³/s. Enkeltåret med størst reduksjon er 1994 med i gjennomsnitt 9,3 m³/s redusert vassføring.

Rapportserien

«Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Vitenskapsmuseet Rapport zoologisk serie» er en videreføring av «Vitenskapsmuseet Rapport Zoologisk Serie» og presenterer stoff fra de zoologiske fagområdene ved Vitenskapsmuseet. Serien bringer i hovedsak arbeider fra oppdragsprosjekter og andre undersøkelser og forskning ved Seksjon for Naturhistorie. Serien er ikke periodisk og antall numre varierer pr. år. Serien startet i 1974 og det finnes parallelle botaniske og arkeologiske rapportserier ved Vitenskapsmuseet. Mindre arbeider og utredninger som av ulike grunner trenger en rask publisering og distribusjon presenteres i en egen notatserie: «Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Vitenskapsmuseet Zoologisk notat».

Til forfatterne

Manuskripter

Manuskripter bør leveres som papirutskrift og som tekstfil i Word. Vitenskapelige slekts- og artsnavn kursiveres. Manuskripter til rapportserien skal skrives på norsk, unntatt abstract (se nedenfor). Unntaksvis, og etter avtale med redaktøren, kan manuskripter på engelsk bli tatt inn i serien. Tekstfilen(e) skal inneholde en ren «brødtekst», dvs. med færrest mulig formateringskoder. Hovedoverskrifter skal skrives med store bokstaver, de øvrige overskrifter med små bokstaver. Manuskriptet skal omfatte:

1. Eget ark med manuskriptets tittel og forfatterens/forfatternes navn. Tittelen bør være kort og inneholde viktige henvisningsord.
2. Et referat på norsk på maksimum 200 ord. Referatet innledes med bibliografisk referanse og avsluttes med forfatterens/forfatternes navn og adresse(r).
3. Et abstract på engelsk som er en oversettelse av det norske referatet.

Manuskriptet bør for øvrig inneholde:

4. Et forord som ikke overstiger en trykkside. Forordet kan gi bakgrunnen for arbeidet det rapporteres fra, opplysninger om eventuell oppdragsgiver og prosjekt- og programtilknytning, økonomisk og annen støtte, institusjoner og enkeltpersoner som bør takkes osv.
5. En innledning som gjør rede for den faglige problemstillingen og arbeidsgangen i undersøkelsen.
6. En innholdsfortegnelse som viser stoffets inndeling i kapitler og underkapitler.
7. Et sammendrag av innholdet. Sammendraget bør ikke overstige 3 % av det øvrige manuskriptet. I spesielle tilfeller kan det i tillegg også tas med et «summary» på engelsk.
8. Tabeller og figurer leveres på separate ark og skrives i egne filer. I teksten henvises de til som «Tabell 1», «Figur 1» osv.

Litteraturhenvisninger

En oversikt over litteratur som det er henvist til i manuskriptteksten samles bakerst i manuskriptet under overskriften «Litteratur». Henvisninger i teksten gis som Haftorn (1971), Arnekleiv & Haug (1996) eller, dersom det er flere enn to forfattere, som Sæther *et al.* (1981). Om det blir vist til flere arbeider, angis det som «som flere forfattere rapporterer (Haftorn 1971, Thingstad *et al.* 1995, Arnekleiv & Haug 1996,)), dvs. forfatterne nevnes i kronologisk orden, uten komma mellom navn og årstall. Litteraturlisten ordnes i alfabetisk rekkefølge: det norske alfabetet følges: aa = å (utenom for nederlandske, finske og etniske navn), ö = ø osv. Flere arbeid av samme forfatter i samme år angis ved a, b, osv. (Elven 1978a, b). Ved lik alfabetisk prioritet går to forfattere foran tre eller flere («*et al.*»).

Eksempler:

Tidsskrift/serie

Slagsvold, T. 1977. Bird song activity in relation to breeding cycle, spring weather, and environmental phenology. – *Ornis Scand.* 8: 197-222.

Arnekleiv, J.V. & Haug, A. 1996. Fiskebiologiske undersøkelser i Holmvatnet og Rundtuvatnet, Rana kommune, Nordland, 1995. – *Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser.* 1996, 3: 1-22.

Kapittel

Nilsson, S.G. & Ericson, L. 1992. Conservation of plants and animal populations in theory and practice. s. 71-112 i Hansson, L. (red.). *Ecological principles of nature conservation.* – Elsevier Appl. Sci., London.

Monografi/bok

Urke, H. A. 2001. Utvikling av sjøtoleranse og vandringsatferd hos Atlantisk laks (*Salmo salar* L.) med og utan oppdrettsbakgrunn. – Cand.scient. oppgave i akvakultur. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Zoologisk institutt. 79 s. Upubl.

Haftorn, S. 1971. *Norges Fugler.* – Universitetsforlaget, Oslo. 862 s.

Illustrasjoner

Figurer (i form av fotografier, tegninger osv.) leveres separat, på egne ark, dvs. de skal ikke inkluderes eller monteres i brødteksten. På papirutskriften av manuskriptet skal det i venstre marg angis hvor i teksten figurene ønskes plassert. Strekfigurer, kartutsnitt o.l. figurer skal være trykkeferdige fra forfatterens hånd. Skal rapporten inneholde fargebilder, bør også disse leveres som jpg-filer.

ISBN 978-82-7126-906-7
ISSN 0802-0833