

# 793 Laksen i Numedalslågen

NINA Rapport

## Evaluerer av manøvreringsreglement

Line Elisabeth Sundt-Hansen, Torbjørn Forseth, Eli Kvingedal,  
Eva B. Thorstad, Bjørn Mejdell Larsen, Nils Arne Hvidsten og  
Peder Fiske



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

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

### **NINA Temahefte**

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

### **NINA Fakta**

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

### **Annen publisering**

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

# Laksen i Numedalslågen

## Evaluering av manøvreringsreglement

Line Elisabeth Sundt-Hansen, Torbjørn Forseth, Eli Kvingedal,  
Eva B. Thorstad, Bjørn Mejdell Larsen, Nils Arne Hvidsten og  
Peder Fiske

Sundt-Hansen, L. E., Forseth, T., Kvingedal, E., Thorstad, E.B., Larsen, B.M., Hvidsten, N.A. & Fiske, P. 2012. Laksen i Numedalslågen – evaluering av manøvreringsreglement. - NINA Rapport 793. 89 s.

Trondheim & Lillehammer, februar 2012

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2388-1

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Torbjørn Forseth & Line Elisabeth Sundt-Hansen

KVALITETSSIKRET AV

Ola Ugedal

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Kjetil Hindar (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Numedals-Laugens Brugseierforening

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Nils Runar Sporan

FORSIDEBILDE

Smolthjul i Numedalslågen ved Holmsfoss. Foto: Ingar Aasestad

NØKKEWORD

- Norge, Vestfold, Numedalen, Numedalslågen
- fisk, laks, ørret, gullbust, sandkryper
- etterundersøkelse, vassdragsregulering

KEY WORDS

- Norway, River Numedalslågen
- fish, Atlantic salmon, brown trout, dace, gudgeon
- environmental impact study, hydropower regulation

KONTAKTOPPLYSNINGER

**NINA hovedkontor**

Postboks 5685 Sluppen  
7485 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 73 80 14 01

**NINA Oslo**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 22 60 04 24

**NINA Tromsø**

Framsenteret  
9296 Tromsø  
Telefon: 77 75 04 00  
Telefaks: 77 75 04 01

**NINA Lillehammer**

Fakkeltgården  
2624 Lillehammer  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 61 22 22 15

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



## Sammendrag

Sundt-Hansen, L., Forseth, T., Kvingedal, E., Thorstad, E., Larsen, B.M., Hvidsten, N.A. & Fiske, P. 2012. Laksen i Numedalslågen – evaluering av manøvreringsreglement. - NINA Rapport 793. 89 s

I 2001 ble det gitt ny konsesjon for fortsatt regulering av Numedalslågen. Fornyet konsesjon medførte et nytt manøvreringsreglement, hvor hensynet til laks ble spesielt vektlagt. Som et ledd i å oppfylle konsesjonsvilkårene, fikk Norsk institutt for naturforskning (NINA) i 2003 et oppdrag fra Numedals-Laugens Brugseierforening (NLB) med følgende formål:

- Gjennomføre undersøkelser innenfor de vannføringer som er fastsatt i manøvreringsreglementet over laksens oppvandring til – og utvandring fra – vassdraget samt laksens overlevelse, som grunnlag for eventuelle endringer av reglementet etter 10 år.

I dette arbeidet har hovedfokuset vært å avdekke om dagens reglement har gitt endrede forhold for laksens vandring og overlevelse sett i forhold til det tidligere reglementet (fløtningsreglementet). I tillegg er det gjort en vurdering av om dagens reglement er gunstig for laksen, basert på generell kunnskap om laksens behov gjennom året.

Laksens oppvandring ble studert ved å radiomerke fisk fanget i Larvikfjorden, og å registrere deres oppvandring i vassdraget ved hjelp av en kombinasjon av automatiske lyttestasjoner, manuelle peilinger og rapportering av gjenfangster. Viktige vandringsforsinkende fosser (vandringshindre) og stryk ble identifisert, og laksens passering av disse ble relatert til miljøforhold. I de to årene 2003 og 2007 ble det til sammen merket 113 laks. Undersøkelser av smoltens utvandring ble gjennomført i årene 2003, 2004 og 2005 ved at smolt ble fanget med to smolt-skruer i nedre del av vassdraget. Det ble utviklet modeller som beskriver utvandringen ut fra miljøforhold. På grunn av lave fangster i smoltskruene ble det vurdert at det ikke var praktisk mulig å bruke fangst-gjenfangstmetode til å estimere antall utvandrende smolt, som opprinnelig var planlagt brukt til å studere endringer i lakseproduksjon (temaet «overlevelse» i formålet). Laksens overlevelse ble i stedet vurdert basert på ungfiskundersøkelser ved elfiske (2003, 2006 og 2009, som kan sammenlignes med historiske data fra 1984, 1985 og 1986), garnfiske (2004) og drivnotfiske (2005, 2006, 2009 og 2010), og ved analyser av innsig av voksenlaks estimert fra fangststatistikk. I tillegg ble effekten av reguleringen av vassdraget og manøvreringsreglementene vurdert ut fra generell kunnskap om effekter av vassdragsreguleringer på oppvandring, utvandring og smoltproduksjon. Det ble også gjennomført et litteraturstudium på potensielle effekter av konkurrerende fiskearter, med vekt på gullbust og sandkryper.

For å vurdere hvordan dagens reglement påvirker oppvandring av voksenlaks og utvandring av smolt sammenlignet med det tidligere reglementet, ble det gjennomført produksjonssimuleringer som ga daglig vannføring og vanntemperatur under de to reglementene for perioden 2001 til 2009. Disse simuleringene ble gjennomført av SWECO Norge AS og Statkraft Energi AS i samarbeid med SINTEF Energiforskning.

Ved undersøkelser av laksens oppvandring nådde laksen i 2003 sin øverste posisjon i elva gjennomsnittlig 55 dager etter merking og utsetting i sjøen. I 2007 ble øverste posisjon nådd etter 58 dager. Progresjon fra første registrering i elva til øverste posisjon var gjennomsnittlig 0,8 km/dag. Åbyfoss, Holmfoss og Hoggvtveita/Kjærrefossene ble identifisert som vandringshindre. En tredjedel av laksen stanset ved Åbyfoss begge år. For laksen som stanset mer enn tre dager var gjennomsnittlig ventetid i 2003 og 2007 henholdsvis 15 og 8 dager. Ved Holmfoss var forsinkelsen betydelig. I 2003 tok det gjennomsnittlig 29 dager fra laksen ble registrert første gang ved Holmfoss til laksen passerte fossen, mens det tilsvarende tok 15 dager i 2007. Hoggvtveita fremstod som et vandringshinder i 2007, selv om kun et lite antall laks passerte i løpet av forsøksperioden. Laksen stanset her gjennomsnittlig i 15 dager. Dette var i kontrast til undersøkelsen i 2003, da laksen ikke stanset lengre enn gjennomsnittlig 2,4 dager nedenfor Hoggvtveita. Den raske passeringen av Hoggvtveita i 2003 hadde sannsynligvis sammenheng

med at det var relativt lave vannføringer i undersøkelsesperioden, mens vannføringen var betydelig høyere i 2007. Modellering av sannsynligheten for passering av Holmfoss (der antall fiskepassasjer var størst) basert på ulike miljøvariabler (vannføring, endring i vannføring, vanntemperatur, endring i vanntemperatur, nedbør og lufttrykk), samt hvor lenge de hadde stått nedenfor fossen og tid på sesongen, ga ingen klare sammenhenger. Man kan dermed ikke ut fra disse resultatene finne enkle forklaringer på hvilke stimuli som fikk laks til å passere Holmfoss. Heller ikke ved de andre vandringshindrene ble det funnet klare mønster for oppvandring i forhold til miljøfaktorer, men for Hoggteveita ble det utviklet en modell som tilsier at jo flere dager laksen hadde stått under fossen, jo høyere vannføring var de villige til å passere på. Ved å bruke laveste og høyeste vannføring som det ble dokumentert at fisk passerte på ved de ulike vandringshindrene ble antall mulige «oppvandringsdager» under de to reglementene beregnet. Reglementene ga svært likt antall vandringsdager for alle vandringshindrene. Årsaken er at simulert vannføring med dagens reglement og det gamle fløtningsreglementet viser at den største forskjellen mellom de to reglementene er ved lavere vannføringer i slutten av mai og hele juni (men ikke i en konsistent retning), mens det primært er de høye vannføringene som forsinket oppvandring hos laksen. Forekomsten av slike høye vannføringer er lik i de to reglementene.

Laksesmolten fanget i smoltskruene var dominert av tre år gammel fisk, mens ørretsmolten besto av to- og treåringer. Totalt i de tre årene ble det fanget 443 laksesmolt og 77 ørretsmolt. Laksesmolten hadde en gjennomsnittslengde mellom 128 og 131 mm i de tre undersøkelsesårene, og smolten kan karakteriseres som relativt stor. Den viktigste utvandringsperioden synes å være april og mai måned, og halvparten av smolten var fanget henholdsvis den 10. mai, 6. mai og 29. april i 2003, 2004 og 2005. Den utviklede modellen for smoltutvandring viser at antall smolt som vandrer ut det enkelte døgn er avhengig av vannføring og vanntemperatur og endringer i disse fra døgnet før. Sannsynligheten for smoltutvandring øker med høy og økende vannføring og med høy, men avtagende vanntemperatur. Simulert vannføring og temperatur under de to reglementene er svært like i smoltutvandringsperioden. Dette gjør at det blir svært små forskjeller i forventet tidspunkt for utvandring.

Tetthet av årsyngel av laks estimert ved hjelp av elfiske har variert mellom år og var lavest i 1985 og 2009, og høyest i 2003 og 2006. Det var ingen tidstrender og ingen systematisk forskjell mellom de tre årene med data før og etter at det nye reglementet ble innført. I de årene undersøkelsene har blitt gjort har det fra år til år vært relativt lik tetthet av årsyngel av laks på stasjonene Åbyfoss, Sjulstadfoss og Moen. Resultater fra 2009 viste at det var høyest tetthet av lakseyngel ved Brufoss og Moen (i øvre deler), med henholdsvis 131 og 130 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. Til sammenligning var det ved Åbyfoss (nederste stasjon) en tetthet av lakseyngel på 16 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. Tettheten av eldre laksunger ( $\geq 1+$ ) har variert også mellom år på de ulike stasjonene, uten noen klare tidstrender eller systematiske forskjeller mellom de to tidsperiodene. I 2009 var tettheten av eldre laksunger 25 individ pr. 100 m<sup>2</sup> i gjennomsnitt. Tettheten var moderat høy på alle stasjonene, og varierte fra 16 til 36 eldre laksunger pr. 100 m<sup>2</sup>. Laks er den dominerende laksefisken i Numedalslågen og ørret utgjorde bare 3-14 % av den estimerte tettheten av laks og ørret til sammen. Fiske med drivnot viste seg å være relativt effektivt for fangst av laksunger utenom strykområdene i Numedalslågen. Det ble også fanget gullbust og sandkryper. Det ble ikke fanget gullbust i 2005 og 2010, og bare få individer i 2006 og 2009. Antall sandkrypere fanget i drivnotfisket varierte mellom år og andelen av totalfangsten varierte fra 13 til 54 %. Undersøkelsen viser overlapp i habitatbruk mellom laks og sandkryper. Ved garnfisket på Hvarnes og Vestrum ble det fanget mest gullbust og abbor, noe sandkryper, men ingen laksunger. Garnfiske ble vurdert som uegnet til studier av laksunger i Numedalslågen, men bekreftet inntrykket fra drivnotundersøkelsene om lite overlapp i habitatbruk mellom laks og gullbust/abbor.

Sandkryper og gullbust har blitt vurdert som konkurrerende arter til laksefisk i Numedalslågen. Gullbust ser ut til å overlape lite med laksunger i habitatbruk, mens overlappet mellom laks og sandkryper er større. Litteraturgjennomgangen antyder imidlertid at begge disse karpefiskene er relativt konkurransesvake i forhold til laks, nisjeoverlappet er trolig relativt lite og artene be-

finner seg i Numedalslågen i den nordlige ytterkanten av sine utbredelsesområder. Simuleringer av vanntemperatur ved det gamle og nye vannføringsregime viser svært liten forskjell i temperatur og dagens reglement antas derfor ikke å bidra til at sandkryper og gullbust får en konkurransefordel. Varmere klima kan gi økt rekruttering av sandkryper og gullbust, og fordi sandkryper er en relativt nylig innført art til Norge og Numedalslågen er det særlig viktig å følge utviklingen i konkurranse med laksunger.

Sportsfiskefangstene av laks i Numedalslågen avtok fra 2002 til årene 2005 til 2010 da de var relativt stabilt lave, men viste en oppsving igjen i 2011. Fangstutbyttet har i disse årene med lave fangster allikevel vært innenfor de nivåer som har blitt rapportert i andre perioder med lave fangster. Antall storlaks som er fanget er lite endret i de siste 17 årene. Derimot har fangstutbytte av mellomlaks (3-7 kg) og smålaks (mindre enn 3 kg) hatt en jevn nedgang etter 2002, mens det i 2011 var en særlig økning i fangstutbytte av mellomlaks som bidro til en økning i det totale fangstutbyttet. Sammenligningene av innsig av laks til Numedalslågen med innsig eller smoltoverlevelse i andre vassdrag og regioner gir ikke entydige svar i forhold til mulige effekter av det nye manøvreringsreglementet. Innsiget av laks til Numedalslågen viser en negativ trend i innsig i de senere år (fram til 2010) sammenlignet med innsiget til region Sør-Norge og innsiget til Enningdalselva, med signifikant forskjeller i korrigert innsig mellom periodene 1993-2000 (fløtningsreglementet) og 2004-2010 (nytt reglement). På den annen side var det ingen slike forskjeller når smoltoverlevelsen i Drammenselva ble brukt som sammenligningsgrunnlag.

Gjennomgangen av effekter av regulering og de to manøvreringsreglementene ut fra generell kunnskap om effekter av vassdragsreguleringer, identifiserte økt minstevannføring om vinteren (fra 12 til 20 m<sup>3</sup>/s) i det nye reglementet som særlig positivt for lakseproduksjonen i vassdraget, mens også økt vannføring om høsten i tørre år ble vurdert som positivt for produksjonen. En slik høyere vannføring kan trolig redusere risikoen for sykdomsutbrudd (furunkulose). Kunnskapen om dette er imidlertid dårlig. Kravet til vannføring om våren ble vurdert til bare delvis å samsvare med kravet til laksesmolten under utvandringen (de høyeste minstevannføringene kommer trolig noe for sent). For å få et bedre grunnlag for å gjøre analyser av forholdene under smoltutvandringsperioden analyserte Sweco Norge AS resultater fra simuleringer for perioden 1931-2003. Disse viste at i praksis ligger vannføringene over minstevannføringskravet i alle år og betydelig over i de fleste år, på grunn av vårflommens størrelse. I de aller tørreste åra (færre enn de 5 % tørreste) vil dagens reglement sikre en høyere vannføring under smoltutvandringen enn fløtningsreglementet, og vurderes som bedre enn det gamle. For de andre vurderte faktorene framstår de to reglementene som like.

Oppsummert ser det nye reglementet ikke ut til å ha endret forholdene eller mønstrene for oppvandring av voksen laks og utvandring av smolt i Numedalslågen. I de gjennomførte undersøkelsene rettet mot ungfisk, smolt og konkurrerende fiskearter er det heller ingen indikasjoner på at det nye manøvreringsreglementet har endret produksjonsforholdene for laks i vassdraget. Det er derfor vanskelig å bedømme om den negative trenden som er observert av innsig av laks i noen av sammenligningene (men ikke i alle) eventuelt skyldes forhold i ferskvannsfasen, som ikke er fanget opp av våre undersøkelser, eller forhold knyttet til tidlig marin fase.

Vi konkluderer at dagens reglement framstår som bedre enn fløtningsreglementet og generelt ivaretar det hensynet til laks på en god måte. Vi har påpekt at det er rom for forbedring i reglementsbestemmelsene om våren av hensyn til smoltutvandringen, men de faktiske vannføringsforholdene om våren er slik at vi samlet sett ikke finner grunnlag for å anbefale at reglementet endres av hensyn til laks.

Line Elisabeth Sundt-Hansen, Torbjørn Forseth, Eli Kvingedal, Eva Thorstad, Bjørn Mejdell-Larsen, Nils Arne Hvidsten og Peder Fiske. Norsk institutt for naturforskning (NINA), 7485 Trondheim.

e-post: line.sundt-hansen@nina.no, eli.kvingedal@nina.no, torbjorn.forseth@nina.no, eva.thorstad@nina.no, bjorn.larsen@nina.no, nils.a.hvidsten@nina.no, peder.fiske@nina.no.

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>3</b>
<b>Innhold</b>	<b>6</b>
<b>Forord</b>	<b>8</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>9</b>
1.1 Områdebeskrivelse og fiskebestander	9
1.2 Regulering og det nye reglementet	12
1.3 Metodisk tilnærming	14
<b>2 Oppvandring av laks</b>	<b>16</b>
2.1 Metode for fangst og radiomerking av laks	16
2.2 Oppvandringsmønster i Numedalslågen	16
2.3 Vandringshindre	17
2.4 Miljøfaktorer som påvirker oppvandring og passering av vandringshindre	18
2.4.1 Åbyfoss	19
2.4.2 Holmfoss	19
2.4.3 Hoggveita	20
2.5 Simulert vannføringer og oppvandring av laks	20
2.6 Vurdering av om dagens reglement er gunstig for oppvandring av laks	26
<b>3 Produksjon av laks</b>	<b>27</b>
3.1 Ungfiskundersøkelser	27
3.1.1 Metode for elektrisk fiske	27
3.1.2 Metode for drivnotfiske	27
3.1.3 Metode for garnfiske	27
3.1.4 Ungfisktetthet estimert ved el-fiske	28
3.1.4.1 Ungfisktetthet i forskjellige deler av elva	28
3.1.4.2 Tidsmessig utvikling i estimert tetthet	29
3.1.4.3 Vekst	31
3.1.4.4 Tetthet og vekst av lakseyngel mot manøvreringsreglement	34
3.1.5 Fangster i drivnotfiske	34
3.1.6 Fangster i garnfiske	36
3.2 Bestandssammensetning	37
3.2.1 Sjøalder	37
3.2.2 Smoltalder	39
3.2.3 Vekt	40
3.2.4 Kjønnssammensetning	40
3.3 Fangststatistikk og innsig	43
3.3.1 Fangststatistikk	43
3.3.2 Oppnåelse av gytebestandsmål	45
3.3.3 Innsig og analyser	47
3.3.4 Diskusjon og konklusjon	48
3.4 Konkurrerende arter i Numedalslågen	51
3.4.1 Forekomst i Numedalslågen	51
3.4.2 Interaksjoner mellom arter	52
3.4.3 Vurdering av konkurrerende arter og manøvreringsreglement	53
3.5 Vurdering av om dagens reglement er gunstig for produksjon av laks	54
<b>4 Smoltutvandring</b>	<b>56</b>
4.1 Metode for gjennomføring av smoltundersøkelser i 2003-2005	56
4.2 Smoltstørrelse og alder	56
4.3 Utvandringsmønster	57

4.4	Modell for utvandring .....	59
4.5	Metodiske begrensninger .....	60
4.6	Smoltutvandring i Numedalslågen med dagens reglement og fløtningsreglementet ...	62
4.6.1	Simulerte dataserier for vannføring og vanntemperatur .....	62
4.6.2	Modellering av smoltutvandring ved dagens reglement og fløtningsreglementet ...	63
4.7	Vurdering av om dagens reglement er gunstig for utvandring av smolt? .....	64
<b>5</b>	<b>Samlet vurdering av reguleringseffekter og reglement .....</b>	<b>65</b>
5.1	Gyting og eggoverlevelse .....	68
5.2	Vinterhabitat.....	70
5.3	Smoltutvandring.....	70
5.4	Vedlikehold av habitatkvalitet .....	71
5.5	Tidlig overlevelse .....	71
5.6	Sommerhabitat .....	72
5.7	Oppvandring .....	74
<b>6</b>	<b>Er det grunnlag for å anbefale at dagens reglement bør endres av hensyn til laks? .....</b>	<b>76</b>
<b>7</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>77</b>
<b>Vedlegg</b>	<b>.....</b>	<b>82</b>
	Vedlegg 1 Simulerte daglige vannføringer og vanntemperaturer 2001-2009.....	82
	Vedlegg 2 Simulerte vannføringer 1931-2003 .....	89



## Forord

Våren 2003, for nesten ni år siden, ble den første kontakten skrevet mellom Numedals-Laugens Brugseierforening (NLB) og Norsk institutt for naturforskning (NINA) om undersøkelser av laksen i Numedalslågen. Det har skjedd mye i løpet av disse åra: nye kontrakter har vært skrevet, mange undersøkelser har vært gjennomført, det har vært produsert delrapporter, en rekke møter har vært avholdt i referansegruppa, resultater har vært presentert på åpne møter, personalsammensetningen har endret seg både hos NLB og NINA, og mye har skjedd med laksebestandene og forvaltninga av disse både i Numedalslågen og i andre laksevassdrag. I denne rapporten oppsummeres alle de faglige undersøkelsene, vi gjennomfører den endelige evalueringen av det nye manøvreringsreglementet og gir råd om det er grunnlag for endringer.

I hele prosjektperioden har det vært en referansegruppe som har gitt innspill til de ulike delprosjektene, og myndighetene har godkjent de ulike endringene i det faglige opplegget underveis. Referansegruppa har bestått av:

- Oppdragsgiver NLB: v/ Nils Runar Sporan (Jan Gaute Bjerke fram til 2009), med en intern prosjektgruppe bestående av Sjur Gammelsrud fra Statkraft, Jan-Petter Magnell fra Sweco, og Olav Brunvatne fra Sweco (til 2005).
- Myndigheter: DN v/ Steinar Sandøy og NVE v/ Jan Henning L'abée-Lund og Kjell Carm, samt fiskeforvalter hos Fylkesmannen i Buskerud Erik Garnås og fiskeforvalter hos Fylkesmannen i Vestfold Arne Chr Geving.
- Rettighetshavere: Numedalslågen forvaltningslag v/ Ingar Aasestad

Referansegruppa har hatt møter en til to ganger i året, og det har vært avhold egne møter med myndighetene ved behov. Undertegnede har vært prosjektleder hos NINA i hele perioden.

I et så langvarig og stort prosjekt er det mange som skal takkes. En rekke personer fra distriktet har på ulike måter bidratt inn i prosjektene og lagt ned en stor innsats, som har vært nødvendig for at prosjektene skulle komme i mål. Det er fare for at jeg glemmer noen om jeg nevner noen, men vit at vi setter stor pris på den innsatsen og positive holdningen som dere alle har vist. Ingar Aasestad må imidlertid nevnes spesielt, som med sin kreativitet og innsatsvilje har vært avgjørende for at vi har fått det datagrunnlaget vi nå har for å kunne trekke våre konklusjoner. Takk Ingar.

For øvrig takker vi selvsagt også oppdragsgiver NLB for oppdraget og referansegruppas medlemmer for mange gode innspill og fine møter. Jan-Petter Magnell har hele tida hatt full kontroll på hydrologiske forhold, og vært en viktig bidragsyter til denne rapporten i form av figurer og utredninger presentert i vedlegg.

10. februar 2012, Torbjørn Forseth

# 1 Innledning

Numedalslågen er en av de viktigste lakseelvene i Norge, målt som mengde laks som har blitt fisket de siste 30-40 årene (Anon. 1999; Larsen mfl. 2010). I perioden fra 1979 til 2010 ble det i gjennomsnitt rapportert fangster på 17,1 tonn eller 4114 laks. I 2011 ble det rapportert 3263 laks med totalvekt på 14,8 tonn ([www.lagenlaks.no](http://www.lagenlaks.no)). Sjørret har utgjort bare 1-2 % av den totale rapporterte fangsten. Det benyttes flere tradisjonelle fangstmetoder som er helt spesielle for vassdraget, og som fortsatt holdes i hevd. Vassdraget er lokalisert nær tett befolkede områder i Vestfold og Buskerud fylker og har mange brukerinteresser. Tidligere var Numedalslågen et viktig tømmerfløtingsvassdrag, og vassdraget har vært regulert for kraftproduksjon siden ca. 1920. I dag er det til sammen sju magasin kraftverk og ni elvekraftverk ovenfor naturlig lakseførende strekning. Minstevannføringer i hovedvassdraget nedstrøms magasinene har historisk vært regulert dels ved bestemmelser i ulike reglement og dels gjennom avtaler knyttet til fløtningens behov (se **kapittel 1.2**). Basert på en fløtningsavtale fra 1971 ble det i 1990 gitt pålegg om et reglement (fra OED) med minstevannføringsbestemmelser. Denne reguleringstillatelsen hadde Statkraft SF fram til 1994, men tillatelsen ble forlenget til 2001 i påvente av sluttbehandling av søknad om fornyet konsesjon. I denne rapporten omtales dette reglementet som «fløtningsreglementet».

Ny konsesjon for fortsatt regulering av Numedalslågen ble gitt ved kongelig resolusjon av 18. mai 2001. Fornytt konsesjon medførte et nytt manøvreringsreglement. Numedals-Laugens Brugseierforening (NLB) er konsesjonær og det ble gitt tillatelse til fortsatt regulering av Numedalslågen. Medlemmene i NLB er kraftverkseierne i vassdraget. I det nye reglementet ble hensynet til laks vektlagt (St. prp. 37, 2000-2001). Konsesjonæren ble i konsesjonen pålagt å gjennomføre undersøkelser av laks i vassdraget i løpet av en tiårsperiode. Som et ledd i å oppfylle konsesjonsvilkårene, fikk Norsk institutt for naturforskning (NINA) i 2003 et oppdrag fra NLB med følgende formål:

- Gjennomføre undersøkelser innenfor de vannføringer som er fastsatt i manøvreringsreglementet over laksens oppvandring til – og utvandring fra – vassdraget samt laksens overlevelse, som grunnlag for eventuelle endringer av reglementet etter 10 år.

Det ble definert følgende prosjektmål:

1. Dokumentere og overvåke tidspunkt for smoltutvandring.
2. Dokumentere og overvåke oppvandring av gytefisk.
3. Overvåke laksebestanden – overlevelse (ungfisk- og gytefiskundersøkelser) – og fangstutvikling.
4. Skaffe tilstrekkelig underlag for vurdering av eventuelle endringer av manøvreringsreglementet etter 10 år.

Underveis i prosjektperioden har det i samråd med miljø- og vassdragsmyndigheter, og ut fra anbefalinger fra NINA, blitt gjennomført endringer i undersøkelsesprogrammet. Disse har vært drøftet i årlige møter. Resultatene fra undersøkelsene har også vært presentert på åpne møter underveis, og en oppsummering ble gitt på en 10-års konferanse på Kongsberg 1. juni 2011. På det siste møtet med myndighetene (september 2010) ble disposisjonen til sluttrapporten diskutert, og det ble konkludert at rapporten også skulle inneholde vurderinger av om dagens reglement er gunstig for laks.

## 1.1 Områdebeskrivelse og fiskebestander

Numedalslågen (**figur 1**) er Norges tredje lengste elv (336 km). Nedslagsfeltet er om lag 365 km langt og strekker seg fra Larvik by i Vestfold i syd til Hardangervidda og Eidfjord kommune i Hordaland i nordvest. Den årlige middelvannføringen ved utløpet i Larvik er 120 m<sup>3</sup>/s.

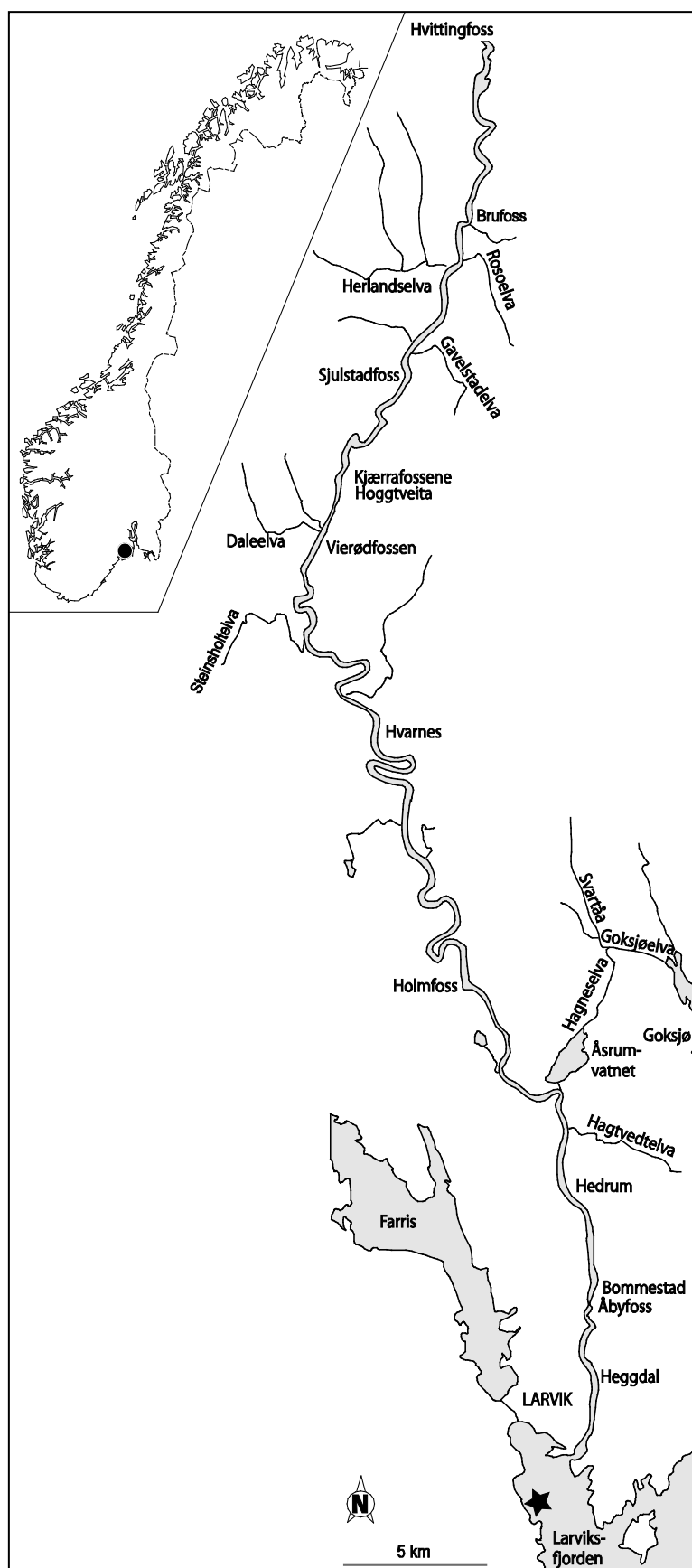
Vannet i vassdraget har i utgangspunktet lite oppløste salter og er tilnærmet nøytralt (pH 6,6). Den menneskelige påvirkningen av elva øker nedover vassdraget. Utslipp fra industri og kloakk samt landbruksforurensning gjør vannet næringsrikt i de nedre delene. I de senere årene har konsentrasjonen av fosfor og bakterier i vannet økt (Skarbøvik mfl. 2006). Det er antatt at den viktigste kilden for bakterier er befolkningen, fordi det er relativt lite husdyrhold langs nedre del av vassdraget (Skarbøvik mfl. 2006). Forekomsten er størst ved flom og er trolig knyttet til problemer med overvann. Imidlertid viser undersøkelser også at det ikke er en direkte sammenheng mellom vannføring og bakteriekonsentrasjon, og høye bakteriekonsentrasjoner kan opptre både på høye og lave vannføringer (Skarbøvik mfl. 2006). Det er uklart om hovedkilden til det økende fosforutslippet er fra jordbruk, befolkning (avløp) eller begge deler. Imidlertid karakteriseres fosfornivået som «egnet for fisk» fra Hvitvingfoss og til utløpet av Numedalslågen (dvs. < 11 µg fosfor pr. liter) (Skarbøvik mfl. 2006).

Numedalslågen er i norsk sammenheng en svært artsrik elv, og har et betydelig innslag av andre fiskearter enn laks. Det finnes faste bestander av 18 fiskearter i vassdraget (Larsen mfl. 1988), og det er fanget individer av ytterligere fire fiskearter som forekommer sporadisk i elva. Noen av de dokumenterte artene i Numedalslågen er (foruten laks og ørret): gullbust (*Leuciscus leuciscus*), abbor (*Perca fluviatilis*), ørekyt (*Phoxinus phoxinus*), gjedde (*Esox lucius*), ål (*Anguilla anguilla*), vederbuk (*Leuciscus idus*), nipigget stingsild (*Pungitius pungitius*), bekkeniøye (*Lampetra planeri*), sik (*Coregonus lavaretus*) og sandkryper (*Gobio gobio*). Sandkryperen regnes som en innført art og det antas at den ble innført til Vestfold i løpet av 1980-tallet. I Numedalslågen ble den første gang fanget i 1991 og har siden spredt seg til flere områder av elva. Sandkryperen foretrekker generelt sett dype og rolige områder av Numedalslågen, men det har blitt stilt spørsmål om den kan være en potensiell konkurrent til ørret- og laksunger.

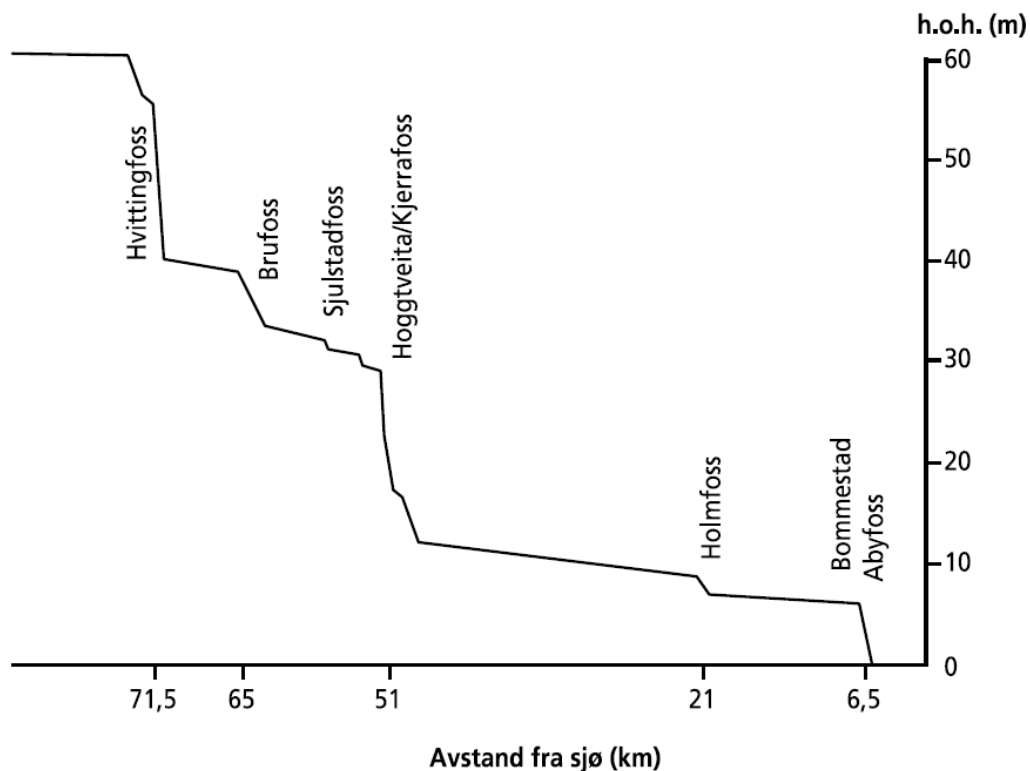
Numedalslågen har en naturlig lakseførende strekning av hovedelva på 72 km opp til Hvitvingfoss. I tillegg finnes laks i de større sidevassdragene, som totalt utgjør ca. 55 km lakseførende strekning. Det største sidevassdraget langs lakseførende strekning er Hagnesvassdraget, som renner ut i Numedalslågen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

Numedalslågen har en lang historie med kultivering av plommeseekkyngel. Kultivering av laks i Numedalslågen skjer i regi av Numedalslågens forvaltningslag. De produserer årlig plommeseekkyngel som settes ut i ikke-lakseførende sideelver nedenfor Hvitvingfoss og i Hagnesvassdraget. I 2008 ble 119 000 plommeseekkyngel og 5000 nybefruktet rogn satt ut, i 2009 ble 19 000 rogn og 102 000 plommeseekkyngel satt ut og i 2010 ble det satt ut 21 000 rogn og 55 000 plommeseekkyngel.

Lakseførende strekning opp til Hvitvingfoss har flere fosser og strykområder, hvor de største fallene utgjøres av Åbyfoss, Holmfoss, Hoggveita, Kjærrafossene, Sjulstadfoss og Brufoss (**figur 2**). Vanntemperaturen på lakseførende strekning er ned mot null grader om vinteren, øker vanligvis raskt i mai og juni og når et maksimum på 15-20 °C i juli/august, før den gradvis reduseres ned mot null grader i november igjen (Thorstad mfl. 2008b).



**Figur 1.** Lakseførende strekning av Numedalslågen. Stjernen angir fangssted for laks til oppvandringsstudiene.



**Figur 2.** Profil av lakseførende strekning av Numedalslågen og angivelse av de største fallene (omarbeidet etter Berdal A/S, Ingeniør A.B. & Hydroconsult A/S 1983).

## 1.2 Regulering og det nye reglementet

Manøvreringsreglementet som ble fastsatt i den første konsesjonen i 1914, og de etterfølgende reglementene, var primært basert på tømmerfløtningens behov. De ulike reglementene har summarisk vært som følgende:

- Kgl.res. av 3. oktober 1914: 5 m<sup>3</sup>/s i Norefossene og 12 m<sup>3</sup>/s ved Labro
- Kgl.res. av 8. februar 1929: Ikke under alminnelig lavvannføring ved Sporan bru
- Kgl.res. av 27. mars 1953: Ikke under alminnelig lavvannføring ved tilløpet til Norefjorden
- Pålegg fra OED i 1990/91 å følge reglement bygget på fløtningsavtalen fra 1971:
  - 100 m<sup>3</sup>/s ved Skagsoset (Mykstufoss) 25/5 – 30/6
  - 80 m<sup>3</sup>/s ved Kongserg 1/7 – 15/8
  - 12 m<sup>3</sup>/s ved Labro som absolutt minstevannføring
  - Hhv. 100 og 80 m<sup>3</sup>/s var tilsigsavhengige

Selv om fløtningen ble innstilt allerede i 1979, var altså fortsatt fløtningsbestemmelsene gjeldende da konsesjonen ble vurdert på nytt i 1994 og forlenget fram til 2001. I forhold til uregulert tilstand ble flommene både om våren/forsommeren og høsten dempet, og vannet fordelt utover året med en jevnere vannføring (Asvall 1993). Vintervannføringen ble som et resultat av dette høyere enn ved uregulert tilstand (Asvall 1993).

Ny konsesjon for fortsatt regulering av Numedalslågen ble gitt ved kongelig resolusjon av 18. mai 2001. Det tilhørende manøvreringsreglementet (**tabell 1**) har bestemmelser om minste-



vannføring ved Skollenborg målestasjon i Numedalslågen nedstrøms Kongsberg (oppstrøms lakseførende strekning). Med det nye manøvreringsreglementet vil vannføringen kunne bli lavere fra 25. mai til 30. juni sammenlignet med det gamle fløtningsreglementet (**figur 3**; men se **vedlegg 2** og diskusjon i **kapittel 5.3**), fordi krav til slipp av fløtningsvann er fjernet (tidligere var tilsigsavhengig minstevannføring 100 m<sup>3</sup>/s i denne perioden). I år med lave vannføringer vil det nye reglementet også medføre endringer i august og september i forhold til det gamle fløtningsreglementet, ved at høyere vannføringer er sikret.

Vannføringen ved Skollenborg skal ifølge minstevannføringsbestemmelsene aldri være mindre enn 20 m<sup>3</sup>/s (**tabell 1**). I perioden 25. mai - 30. juni er minstevannføringen fra Skollenborg 65 m<sup>3</sup>/s, i perioden 1.-31. juli 50 m<sup>3</sup>/s og i perioden 1.-31. august avtakende fra 50 til 40 m<sup>3</sup>/s. Dersom naturlig tilsig til Skollenborg i perioden 25. mai - 15. juli er større enn minstevannføringen, slippes imidlertid tilsiget, begrenset oppad til 80 m<sup>3</sup>/s. Dersom naturlig tilsig til Skollenborg i perioden 16. juli til 15. august er større enn minstevannføringen, slippes tilsiget, begrenset oppad til 60 m<sup>3</sup>/s.

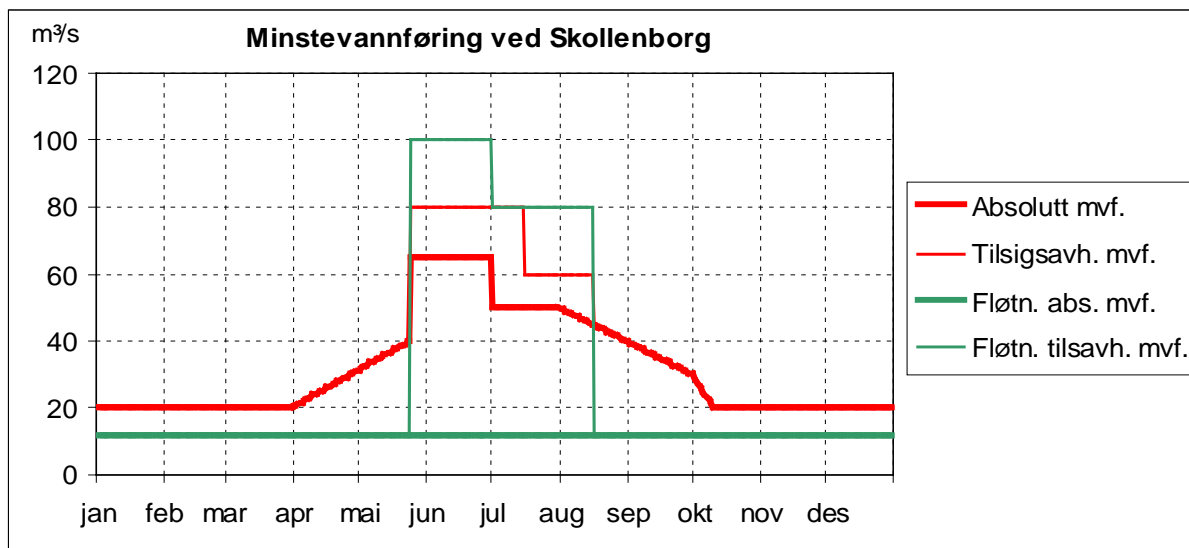
Av årlig middelvannføring ved munningen av Numedalslågen ved Larvik, bidrar det uregulerte nedbørsfeltet nedstrøms Skollenborg med 25 %. I tillegg bidrar feltene fra Norefjorden og ned til Skollenborg med uregulert vannføring, slik at i sum er det midlere bidraget til årsmiddelvannføringen ved elvemunningen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

Vanntemperaturmålinger for vassdraget i uregulert tilstand finnes ikke (Asvall 1993). Simulering av de to manøvreringsreglementene viste svært små forskjeller i temperatur mellom de to reglementene (**vedlegg 1**).

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

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

\*Dersom naturlig tilsig til Skollenborg i perioden 25. mai til 15. juli er større enn minstevannføringen, slippes tilsiget, begrenset oppad til 80 m<sup>3</sup>/s. Dersom naturlig tilsig til Skollenborg i perioden 16. juli til 15. august er større enn minstevannføringen, slippes tilsiget, begrenset oppad til 60 m<sup>3</sup>/s.



**Figur 3** Minstevannføringsbestemmelser (absolutte og tilsigsavhengige) for Numedalslågen under dagens reglement (2001-dd) og det gamle fløtningsreglementet (1990-2001). Fra Jan-Petter Magnell, Sweco Norge AS.

### 1.3 Metodisk tilnærming

Det nye reglementet gir primært endringer i vannføringsforhold, mens effekten på vanntemperatur er mindre fordi den lakseførende delen av vassdraget ligger langt nedstrøms magasinene. Vannføring er en av de viktigste faktorene som påvirker overlevelse og vekst hos laks i ferskvann. Spesielt på ungfiskstadiet, når laksungene kommer opp av grusen, har vannføring en stor effekt på overlevelse og høy vannføring kan medføre større dødelighet på dette stadiet (Jensen & Johnsen 1999). For eldre laksunger er vannføring også av stor betydning, men påvirker da overlevelse og vekst indirekte ved at det påvirker det vanddekte arealet (bestandens leveområde), som igjen påvirker tetthet av laksunger og dermed konkurransen dem imellom (Nislow mfl. 2004, Imre mfl. 2005). Ved smoltutvandring spiller vannføring en sentral rolle, både ved at vårflokker i mange tilfeller synkroniserer smoltutvandring (Hvidsten mfl. 1995, Forseth mfl. 2003) og ved at en høyere vannføring ved smoltutvandring kan gi bedre overlevelse under utvandringen og som postsmolt i fjordsystemet (Hvidsten & Hansen 1988, Forseth mfl. 2003, Jensen mfl. 2011). Når kjønnsmoden laks returnerer fra havet for å gyte er vannføring viktig for hvor fort (og om) den kan komme seg til gyteplassen og hvor den velger å gyte.

Undersøkellesprogrammet har bestått av ungfiskundersøkelser, utvandringsstudier på smolt og oppvandringsstudier av voksen laks. I tillegg har analyser av fangstutvikling og innsig av laks blitt benyttet som grunnlag for å beskrive eventuelle endringer i bestandsstørrelse (og således fiskenes overlevelse, jmfør prosjektmål 3). Hovedformålet med alle de biologiske undersøkelsene i vassdraget var altså å skaffe tilstrekkelig grunnlag for vurdering av eventuelle endringer av manøvreringsreglementet etter ti år.

I ungfiskundersøkelsene ble forekomst eller tettheten av laks- og ørretunger kartlagt ved el-fiske, garnfiske og drivnotfiske for sammenligninger med tidligere års data og forventninger for tetthet av laksunger, samt å vurdere vekst hos ungfisk som et grunnlag for å vurdere effekten av eventuelle endringer i vanntemperatur og andre miljøvariabler som følge av endret manøvreringsreglement. Forekomst av konkurrerende arter til ungfiskstadiet av laks ble også kartlagt. Det ble gjennomført studier av smoltutvandring, hvor formålet var å finne tidspunkt for smoltutvandring og eventuelt estimere antall utvandrende smolt. Dette ble gjort ved fangst i smoltfeller og modellering av utvandringstidspunkt i forhold til vannføring og temperatur. Oppvandring av laks ble studert ved hjelp av radiotelemetri, hvor formålet var å dokumentere og beskrive lak-

sens vandring fram til gyteområdene under nåværende manøvreringsreglement, med spesielt fokus på effekter av vannføring og vanntemperatur. Vandringshindre ble også identifisert. Videre ble det utviklet modeller som, innenfor et normalt vannføringsregime, om mulig kunne brukes til å estimere hvordan endringer i vannføring og vanntemperatur påvirker laksens oppvandring ved vandringshindre.

Rapporten består av resultater fra alle undersøkelser som har blitt foretatt i forbindelse med NINAs oppdrag for NLB, også de som tidligere har blitt rapportert (Thorstad mfl. 2004, Larsen 2004, Larsen mfl. 2007, Thorstad mfl. 2008b, Larsen mfl. 2010).

## 2 Oppvandring av laks

### 2.1 Metode for fangst og radiomerking av laks

Formålene med undersøkelser av oppvandring av laks var å dokumentere og beskrive laksens vandring fram til gyteområdene under nåværende manøvreringsreglement, med spesiell fokus på effekter av vannføring og vanntemperatur ved identifiserte vandringshindre. Videre skulle det utvikles modeller som, innenfor normalt vannføringsregime, skulle kunne estimere hvordan endringer i vannføring og vanntemperatur påvirker laksens oppvandring ved vandringshindre. Det ble gjennomført et pilotforsøk i 2003 (Thorstad mfl. 2004) og oppfølgende undersøkelser på oppvandring i 2007 (Thorstad mfl. 2008b).

I 2003 ble til sammen 64 laks (25 hanner, 38 hunner og 1 ukjent kjønn), hvorav 58 villaks og 6 kultiverte laks, fanget i bunngarn og kilenot ved Kaffiholmen i Larviksfjorden (se **figur 1**) og radiomerket i perioden 22.mai - 19. august (kroppslengde fra 51 til 99 cm). Radiosenderne ble operert inn i bukhulen (n = 36 laks), eller festet utvendig under ryggfinnen (n = 28 laks). Laks som ble merket med utvendige radiosendere fikk merket festet med ståltråd gjennom ryggmuskulaturen like under ryggfinnen. Under merkeprosedyren ble fisken holdt i et plastrør med hodet under vann. Senderne var flate og firkantede (19 x 50 x 9 mm) og veide 15 g i luft. Garantert levetid for senderne var 129 dager. Sendere som ble operert inn i bukhulen, ble ført inn i fisken gjennom et kirurgisk snitt i bukhulen (Thorstad mfl. 2004). Disse var sylindriske (12 mm i diameter og 53 mm lange) og veide 11 g i luft. Garantert levetid var 121 dager.

I 2007 ble til sammen 49 laks (11 hanner, 37 hunner og 1 ukjent kjønn), hvorav 30 villaks og 19 kultiverte laks (lengde 50-100 cm), merket med utvendige radiosender i perioden 21. mai - 5. september 2007 og satt ut i Larvikfjorden. Laksen ble oppbevart i merd ved fangstredskapene i sjøen i gjennomsnittlig seks dager (0-15 dager), før de ble merket med en radiosender festet i ryggmuskulaturen. Under merkeprosedyren ble fisken holdt i et plastrør med hodet under vann. Etter at merkingen var ferdig, ble fisken satt i et plastkar i båten for å våkne etter bedøvelsen. Når fisken kunne svømme normalt, ble de sluppet ut i sjøen like ved oppbevaringsmerd. Senderne var tilnærmet flate og firkantede (ca. 13 x 29 x 7 mm) og veide 4,3 g i luft og 2,1 g i vann. Individuer kunne kjennes igjen ved at senderne hadde en unik kombinasjon av frekvens og pulsrate. Pulsrate som ble benyttet var 40 og 55 pulser pr. minutt, og garantert levetid for senderne var henholdsvis 94 og 129 dager, avhengig av pulsrate.

Laksen ble i 2003 og 2007 registrert ved 1) jevnlig manuelle peilinger langs Numedalslågen, 2) automatiske lyttestasjoner ved Bommestad, Holmfoss og Hoggveita, 3) gjenfangster i sjø- og elvefisket, og 4) tre peilerunder langs Drammenselva. I 2003 ble det også foretatt manuelle peilinger langs Lierelva, Glomma og Ågårdselva.

### 2.2 Oppvandringsmønster i Numedalslågen

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

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

Hos villaksen i Numedalslågen avvek imidlertid vandringsmønsteret noe fra dette mønsteret på to måter. For det første ble det hos en del individer registrert et vandringsmønster med vandringer både ned- og oppstrøms på elvestrekninger nedenfor både Holmfoss og Hoggteveita i 2007. Dette ble også registrert nedenfor Holmfoss i 2003. Denne adferden regnes som uvanlig for villaks på elvestrekninger uten store vandringshindre, der oppvandringsfasen nesten alltid består bare av oppstrøms forflytning (Økland mfl. 2001, Finstad mfl. 2005). For det andre ble det registrert lange stansperioder ved Åbyfoss, Holmfoss og Hoggteveita. Disse stansperiodene blir omtalt som *forsinkelser* fordi de står i kontrast til den raske vandringen på elvestrekninger uten synlige vandringshindre, og fordi de medførte en betydelig lengre stans enn observerte stansperioder i vanlige hvilehøler under oppvandring i vassdrag uten tilsvarende vandringshindre (Økland mfl. 2001, Finstad mfl. 2005).

Den merkede laksen spredte seg over hele elva opp til Hvitvingfoss i gyteperioden. I forhold til opplysninger i Gunnerød & Sigholt (1982) om at det er en rekke viktige gyteområder helt øverst i elva mot Hvitvingfoss, så var det få radiomerkede laks som vandret så langt opp i elva, både i 2003 og 2007. Resultatene tyder på at det er flere viktige gyteområder av betydning lengre nedover i elva enn antatt i Gunnerød & Sigholt (1982). Villaks ser ut til å vende tilbake til oppvekstområdet sitt i elva når de skal gyte (Heggberget mfl. 1986, 1988, Heggberget 1989). For delingen av radiomerket villaks i gyteperioden ble derfor antatt å hovedsakelig reflektere hvor i vassdraget disse individene hadde vokst opp.

## 2.3 Vandringshindre

I Numedalslågen er det tre lokaliteter som framstår som vandringshindre, disse er Åbyfoss, Holmfoss og Hoggteveita.

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

Hoggteveita framstod som et vandringshinder i 2007, selv om bare et lite antall laks passerte i løpet av forsøksperioden. Laksen stanset gjennomsnittlig her i 15 dager. Dette var basert på tiden fra første registrering nedenfor fossen til de passerte. Dette var i kontrast til undersøkelsen i 2003, da laksen ikke stanset lengre enn gjennomsnittlig 2,4 dager nedenfor Hoggteveita. Den raske passeringen av Hoggteveita i 2003 hadde sannsynligvis sammenheng med at det var relativt lave vannføringer i undersøkelsesperioden, mens vannføringen var betydelig høyere i 2007.

Undersøkelsene viste at en tredjedel av laksen stanset ved Åbyfoss, både i 2003 og 2007, og lokaliteten kan derfor også karakteriseres som et vandringshinder. Forsinkelsen syntes imidlertid å være kortere i 2007 enn i 2003 (8 dager i 2007 versus 15 dager i 2003 for den tredjedelen av laksen som stanset mer enn tre dager). Stans i oppvandringen betyr ikke nødvendigvis at det er et vandringshinder i området, fordi laks også har pauser under oppvandringen i uberørte vassdrag uten vandringshindre. Åbyfoss er imidlertid så langt nede i vassdraget at det ikke er et sted hvor en forventer at en stor andel av laksen stanser uten at dette er knyttet til et vandringshinder. Varigheten på stansen nedenfor Åbyfoss i 2003 var også lengre enn det som tidligere er registrert som naturlige stans på strekninger uten vandringshindre i Tanaelva (Økland mfl. 2001).



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

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

Bortsett fra Åbyfoss, Holmfoss og Hoggteveita var det ingen av strykene i elva eller andre lokaliteter hvor flere laks stanset i lengre perioder under oppvandringen. Vandringshastigheter mellom disse lokalitetene var relativt raske, og villaksen hadde gjennomsnittlig vandringshastighet på 21,4 km pr. dag mellom Bommestad og Holmfoss (13 km) og 8,4 km pr. dag mellom Holmfoss og Hoggteveita (26 km).

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

Resultatene baserte seg på to svært ulike år med hensyn på vannføring og vanntemperatur, slik at fisk som opplevde svært ulike miljøforhold var inkludert i undersøkelsen. I 2003 var vannføringen i oppvandringssesongen det meste av tiden 20-50 m<sup>3</sup>/s lavere enn gjennomsnittet for 1984-2000, og vanntemperaturen var relativt høy (maksimum 22 °C). I 2007 derimot var vannføringen det meste av sesongen langt høyere enn gjennomsnittet for perioden 1984-2000, mens vanntemperaturen var noe lavere (maksimum 18 °C).

## 2.4 Miljøfaktorer som påvirker oppvandring og passering av vandringshindre

Vannføring og vanntemperatur er faktorer som er viktig i forhold til om laks fysisk sett kan passere vanskelige vandringshindre. Vandringshindre kan ha både en øvre og nedre grense som vannføringen bør være innenfor for at laks skal kunne passere. Når det gjelder vanntemperatur så er det gjerne ved lave temperaturer at oppvandringen forbi vandringshindre begrenses, men

også ved høye vanntemperaturer ( $> 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) kan laks generelt vise redusert vandringsaktivitet (Jensen mfl. 2005, Alabaster 1990).

Laksen passerte vandringshindrene i Numedalslågen under en rekke ulike miljøforhold. Ut fra kombinerte resultater fra undersøkelsene i 2003 og 2007, ble det fastslått at laksen var i stand til å passere Åbyfoss ved vannføring  $41\text{--}278\text{ m}^3/\text{s}$  og vanntemperatur  $3\text{--}21\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Holmfoss ved vannføring  $57\text{--}461\text{ m}^3/\text{s}$  og vanntemperatur  $7\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Hoggveita ved vannføring  $55 - \text{ca. } 140\text{ m}^3/\text{s}$  og vanntemperatur  $13\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Sjulstadfoss ved vannføring  $43\text{--}112\text{ m}^3/\text{s}$  og vanntemperatur  $15\text{--}21\text{ }^{\circ}\text{C}$  og Brufoss ved vannføring  $64\text{--}112\text{ m}^3/\text{s}$  og vanntemperatur  $12\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Verdiene må ikke betraktes som øvre og nedre grense for mulig passering av disse områdene, men er basert på de forholdene som rådet da radiomerket laks passerte i våre undersøkelser. Verdiene er derfor begrenset av variasjon i vannføring og vanntemperatur i undersøkelsesperiodene, og av antall fisk i undersøkelsene.

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

#### 2.4.1 Åbyfoss

Nøyaktig tidspunkt for passering av Åbyfoss ble ikke registrert siden det ikke var en datalogger nedenfor fossen, og nøyaktig vannføring ved passering er derfor ikke kjent. Basert på manuelle peilinger og registreringer på dataloggeren ved Bommestad er perioden laksen passerte registrert. Laksen passerte Åbyfoss på vei oppstrøms i perioden 24. mai - 24. september (én villaks i mai, fire villaks og én kultivert laks i juni, sju villaks og én kultivert laks i juli, elleve villaks og ni kultiverte laks i august, to villaks og én kultivert laks i september).

For villaksen skjedde 16 passeringer ved vannføring  $50\text{--}150\text{ m}^3/\text{s}$ , to passeringer ved  $151\text{--}200\text{ m}^3/\text{s}$  og sju passeringer ved  $203\text{--}360\text{ m}^3/\text{s}$ . For den kultiverte laksen skjedde ni passeringer ved  $50\text{--}150\text{ m}^3/\text{s}$ , og tre passeringer ved  $100\text{--}121\text{ m}^3/\text{s}$  (Thorstad mfl. 2008b).

#### 2.4.2 Holmfoss

Det ble ikke funnet en sammenheng mellom passering av Holmfoss og variasjon i vannføring. For villaksen var vannføringen stigende i forhold til dagen før da fire laks passerte, synkende da sju laks passerte og stabil da én laks passerte. For den kultiverte laksen var vannføringen stigende i forhold til dagen før da tre laks passerte, synkende da én laks passerte og stabil da én laks passerte.

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

Modellresultatene fra 2003 viste at forsinkelsen ved Holmfoss i stor grad var forklart av kroppslengde, sendertype og dagnummer. Jo større fisken var, desto lenger ble de forsinket under Holmfoss, mens de også hadde en klar tendens til å bli mer forsinket lenger utover i sesongen.

For 2007 kunne forsinkelsen ved Holmfoss verken forklares av kroppslengde, dagnummer eller andre analyserte variabler.

Modellering av sannsynligheten for passering av Holmfoss basert på ulike miljøvariabler (vannføring, endring i vannføring, vanntemperatur, endring i vanntemperatur, nedbør og lufttrykk), samt hvor lenge de hadde stått nedenfor fossen og tid på sesongen, ga ingen klare sammenhenger. Man kan dermed ikke ut fra disse resultatene finne enkle forklaringer på hvilke stimuli som fikk laks til å passere Holmfoss. Dette er i samsvar med tidligere undersøkelser av radio-merket laks i norske og utenlandske vassdrag (Thorstad mfl. 2003, 2008) og tyder på at stimuli for oppvandring er en kompleks kombinasjon av fysiske forhold og laksens motivasjon.

### 2.4.3 Hoggveita

Ved Hoggveita tyder resultatene på at laksen hadde problemer med å passere ved høy vannføring, i samsvar med lokal oppfatning som går ut på at Hoggveita er et vandringshinder for oppvandrende laks ved vannføringer over 120 m<sup>3</sup>/s. Basert på registrering av fangster i 1986 beskrev også Larsen (1989) at passering av Hoggveita ikke skjedde før i uke 26, da vannføringen falt under 90-100 m<sup>3</sup>/s. For radiomerket laks som stod noen dager nedenfor Hoggveita før de passerte, var vannføringen stort sett lavere ved passering enn den var på dager da de stod nedenfor uten å passere, både i 2003 og 2007. Begge år, og særlig i 2007, var vannføringen betydelig høyere enn 120 m<sup>3</sup>/s på en del dager de stod nedenfor Hoggveita uten å passere, mens de fleste passeringer skjedde på vannføringer opp mot 112 m<sup>3</sup>/s.

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

## 2.5 Simulert vannføringer og oppvandring av laks.

Høyeste og laveste vannføring der man har observasjoner på oppvandring av laks i fossene Hoggveita og Holmfoss (se ovenfor) ble sammenlignet med simulert vannføring (se **vedlegg 1**) med dagens reglement og fløtningsreglementet i ukene 22 til 35 (tilsvarer juni, juli og august i årene 2001-2009). Simulert vannføringsdata er tilpasset Hoggveita og vannføringen ved Holmfoss ble estimert som 1,1 x vannføringen ved Hoggveita. Dette er en faktor basert på forholdet mellom årsmiddelvannføringer for en 30-års periode.

Det var små forskjeller mellom simulert vannføring under de to reglementene for årene som ble brukt i sammenligningen i Hoggveita. Den største forskjellen var i 2004 (**figur 4**), da det nye reglementet hadde 8 flere passeringsdager (**tabell 3**). Effekten av reglementene var forskjellige i forskjellige år, men gjennomsnittet over alle årene ga et nokså likt antall dager for passering i juni, juli og august.

Ved Holmfoss slo også det nye og fløtningsreglementet ut ulikt i ulike år. Den største differansen var i 2006 da det gamle reglementet hadde 26 flere passeringsdager (**tabell 4**, **figur 6**), men til tross for forskjeller mellom år var gjennomsnittet over alle årene helt likt mellom de to reglementene.

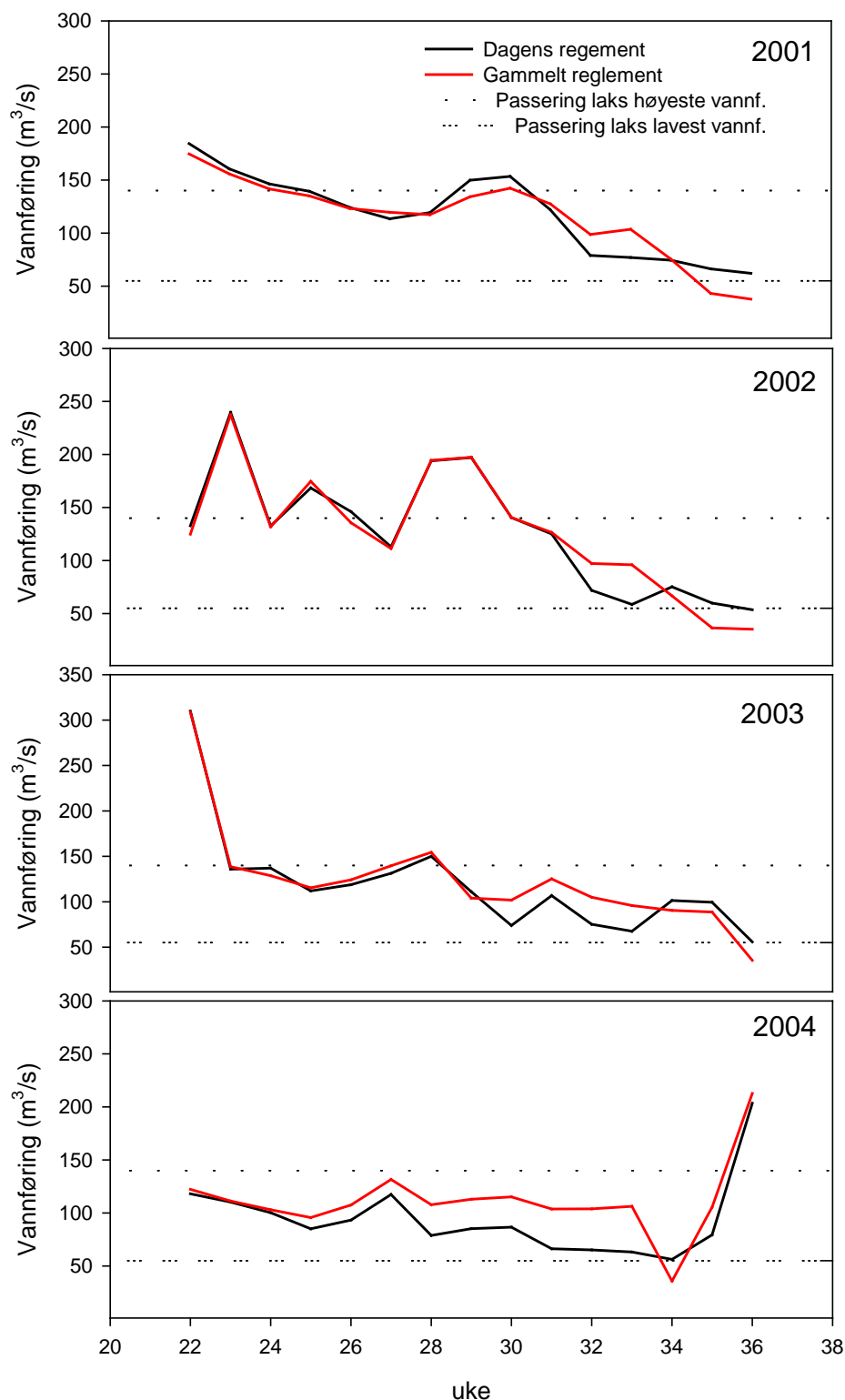
Nytt reglement slår forskjellig ut i forskjellige år, men i gjennomsnitt ser det ikke ut til at antall "vandringsdager" har endret seg. Det finnes begrensninger for laksen når det gjelder vannføringer den kan passere fosser på. Ut fra våre undersøkelser (Thorstad mfl. 2003, 2008) var det de høyeste vannføringene som førte til forsinkelser i laksens oppvandring i Numedalslågen.

**Tabell 3.** Antall dager med simulert vannføring innenfor øvre og lavere grense for passering av laks basert på observasjoner av radiomerket fisk i Hoggveita i juni, juli og august (92 dager). Dagens reglement er sammenlignet med det gamle fløtningsreglementet.

År	Antall dager med vannføring innenfor øvre og lavere grense i juni, juli og august.	
	Fløtningsreglement	Dagens reglement
2001	38	35
2002	49	54
2003	78	73
2004	81	89
2005	51	51
2006	58	54
2007	37	33
2008	65	63
2009	77	73
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>59</b>	<b>58</b>

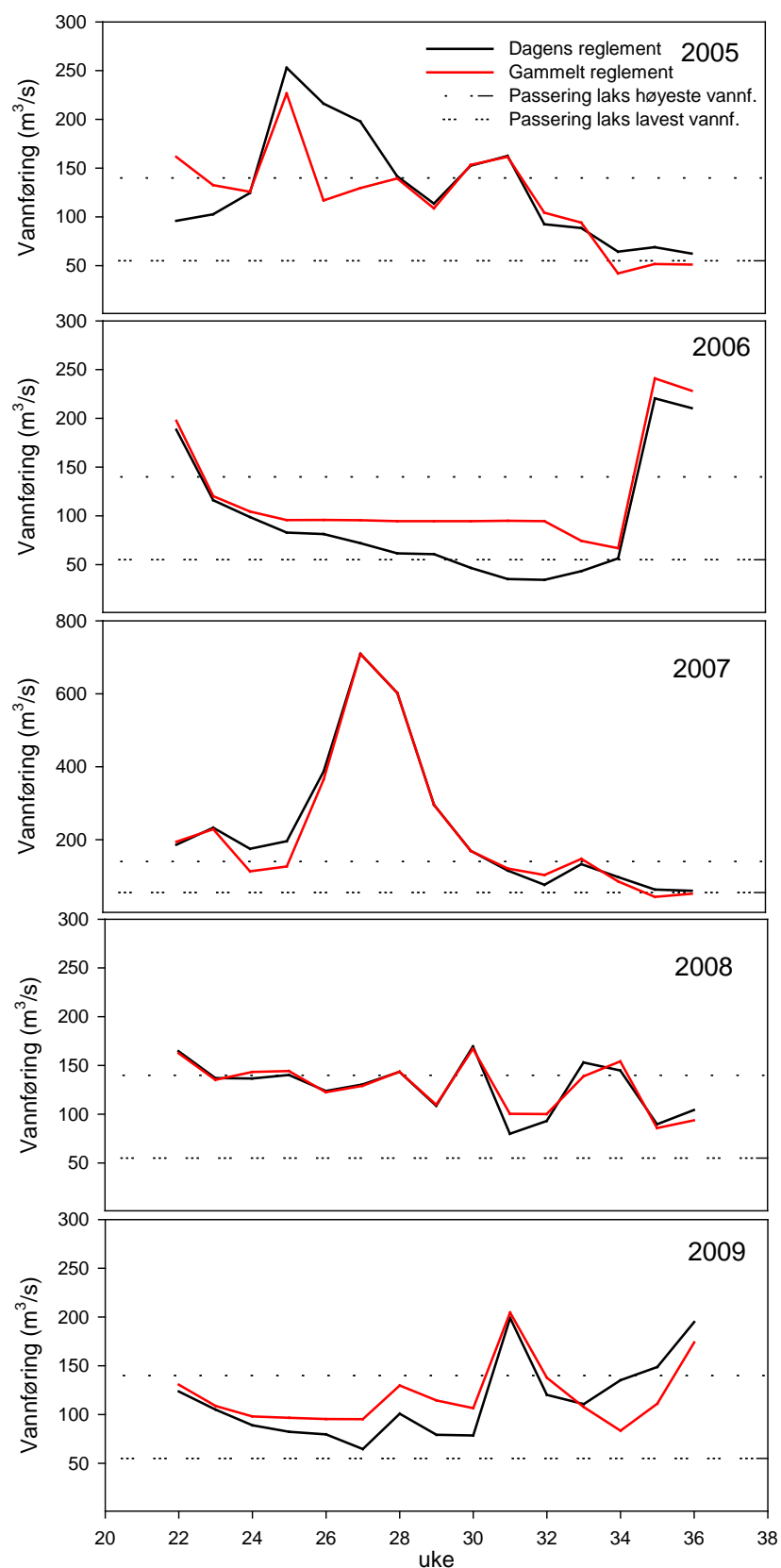
**Tabell 4.** Antall dager med simulert vannføring innenfor øvre og lavere grense for passering av laks basert på observasjoner av radiomerket fisk i Holmfoss i juni, juli og august (92 dager). Dagens reglement er sammenlignet med det gamle fløtningsreglementet.

År	Antall dager med vannføring innenfor øvre og lavere grense i juni, juli og august.	
	Fløtningsreglement	Dagens reglement
2001	87	92
2002	84	92
2003	92	92
2004	85	86
2005	80	92
2006	88	62
2007	77	80
2008	90	92
2009	90	92
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>86</b>	<b>86</b>

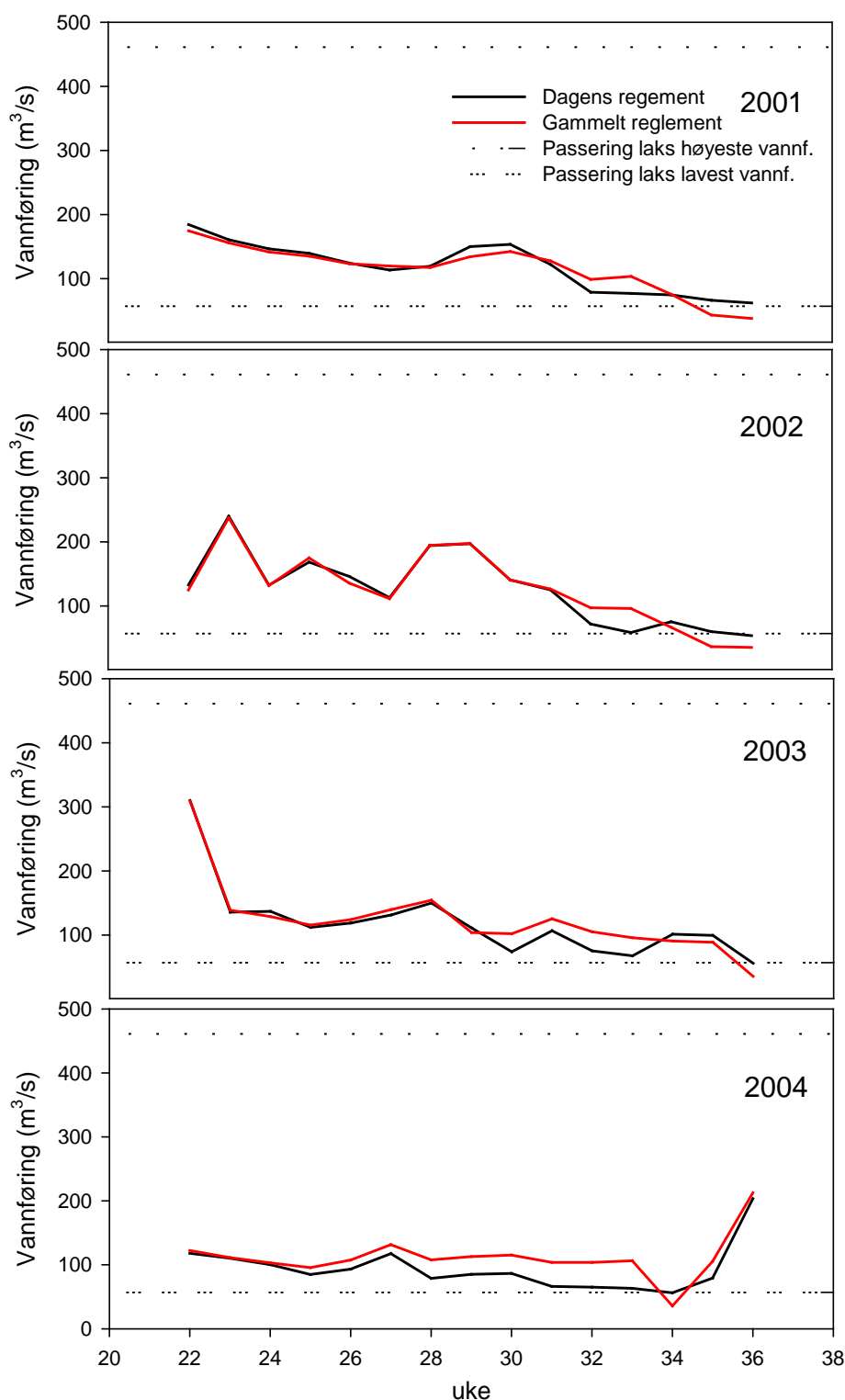


**Figur 4.** Sammenligning av simulert vannføring ved dagens reglement og fløtningsreglementet ved Hoggteveita i årene 2001-2004. De stiplede linjene angir høyeste og laveste vannføring som laks har passert fossen på i telemetriundersøkelser fra 2003 og 2007.

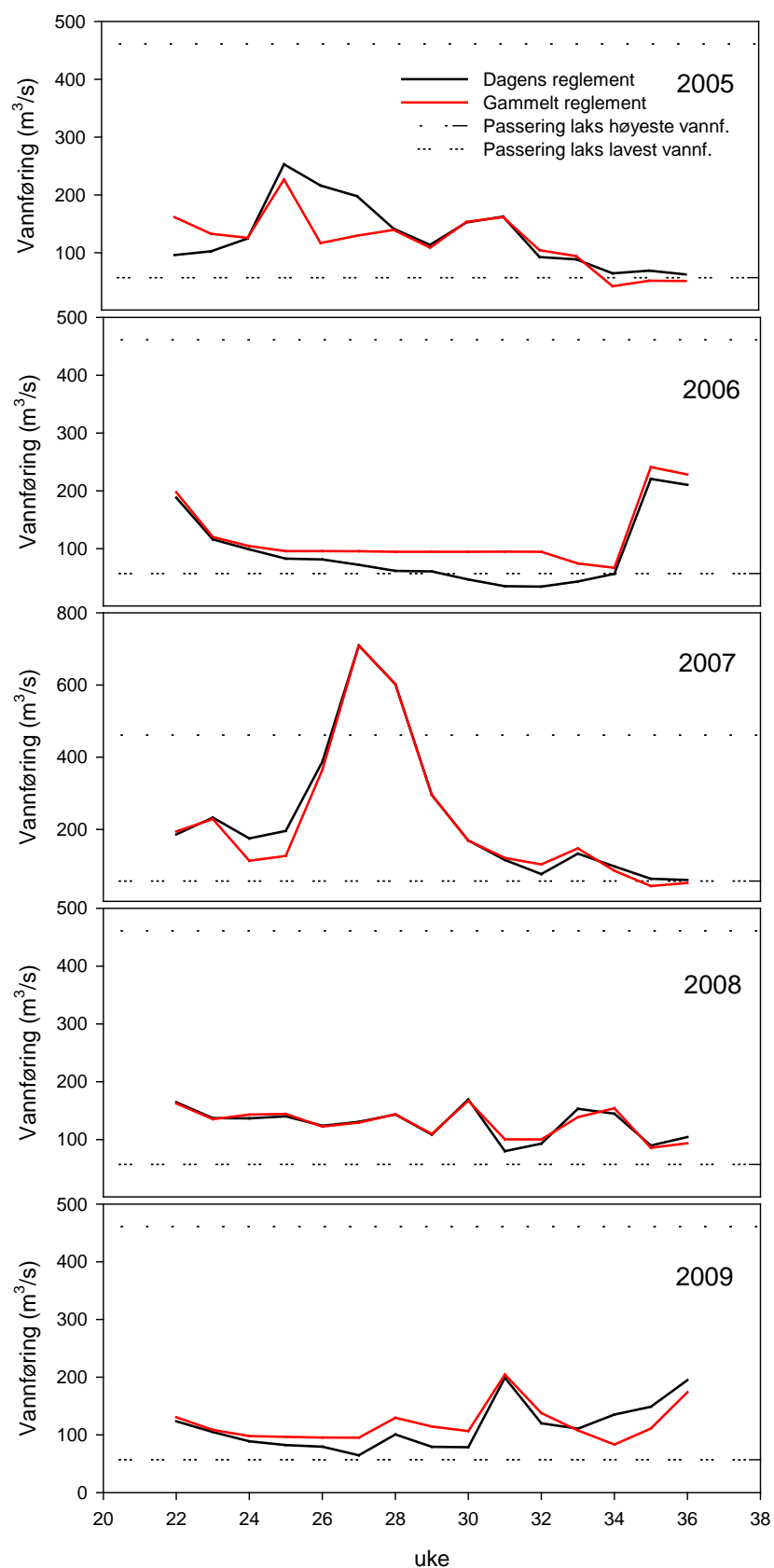




**Figur 5.** Sammenligning av simulert vannføring ved dagens reglement og fløtningsreglementet ved Hoggveita i årene 2005-2009. De stiplede linjene angir høyeste og laveste vannføring som laks har passert fossen på i telemetriundersøkelser fra 2003 og 2007.



**Figur 6.** Sammenligning av simulert vannføring ved dagens reglement og fløtningsreglementet ved Holmfoss i årene 2001-2004. De stiplede linjene angir høyeste og laveste vannføring som laks har passert fossen på i telemetriundersøkelser fra 2003 og 2007.



**Figur 7.** Sammenligning av simulert vannføring ved dagens reglement og fløtningsreglementet ved Holmfoss i årene 2005-2009. De stiplede linjene angir høyeste og laveste vannføring som laks har passert fossen på i telemetriundersøkelser fra 2003 og 2007.

## **2.6 Vurdering av om dagens reglement er gunstig for oppvandring av laks**

Undersøkelsene gjort på oppvandring av laks i Numedalslågen i 2003 og 2007 viste at det var ved svært høye vannføringer at laksen ble ekstra forsinket i oppvandringen. Det er imidlertid ukjent om en forsinkelse har en biologisk betydning for laksen (Thorstad mfl. 2008a). Sammenligning av simulert vannføring med dagens reglement og det gamle fløtningsreglementet viser at den største forskjellen mellom de to reglementene er ved lavere vannføringer i slutten av mai og hele juni (men ikke i konsistent retning). Dette vil si at de høye vannføringene som forsinker oppvandring hos laksen vil være lik mellom de to reglementene. I følge undersøkelsene av vandring som er foretatt er det således ingen momenter som tilsier at dagens reglement er ugunstig for oppvandring av laks sammenlignet med fløtningsreglementet.

## 3 Produksjon av laks

Det er betydelige metodiske utfordringer med å kartlegge og beskrive eventuelle endringer i produksjon av laks i Numedalslågen etter innføring av det nye manøvreringsreglementet. Vassdraget er stort og dominert av dype og relativt stilleflytende områder, og tradisjonelle innsamlingsmetoder for bestandsdata kan bare delvis brukes. Fra starten av undersøkelsene var målet primært å bruke estimerer av smoltproduksjon ved merking og gjenfangst av smolt under utvandringen til å studere endringer i produksjon av laks i vassdraget. Som det vil framgå i neste kapittel (**kapittel 4**) ble dette, etter å ha prøvd å fange smolt i feller, vurdert som umulig å gjennomføre, og alternative tilnærminger måtte velges. Vurderingene av om produksjonen av laks har endret seg i perioden, og om dagens reglement er gunstig for lakseproduksjon, ble derfor basert på ungfiskundersøkelser ved hjelp av elektrisk fiske, garnfiske og drivnot, samt vurderinger av returnerende gytefisk (voksenfisk). For voksenfisken inngikk studier av bestandsstruktur og analyser av fangst og estimert innsig til vassdraget. I studiene inngikk også innsamling av data for andre, og potensielt konkurrerende, fiskearter (ved garnfiske og drivnot). For å kunne vurdere potensielle effekter av de viktigste konkurrentene presenterer vi også en litteraturoppsummering av kunnskap om forholdene mellom disse og laksefisk. Som et siste virkemiddel for å vurdere effekten av reguleringene og manøvreringsreglementene ble det gjennomført en vurdering av miljøendringene og deres effekt på laksebestanden ut fra generell kunnskap om lakseproduksjon i regulerte elver (**kapittel 5**).

### 3.1 Ungfiskundersøkelser

#### 3.1.1 Metode for elektrisk fiske

Elektrisk fiske ble utført i 2005, 2006 og 2009 på fire stasjoner i lakseførende del av Numedalslågen (**figur 8**). Arealene varierte mellom 125 og 150 m<sup>2</sup>, og ble avfisket tre ganger i henhold til standard metode (Bohlin mfl. 1989). All fisk ble artsbestemt og lengdemålt til nærmeste millimeter i felt, og all fisk ble konserveret og lagret for senere aldersbestemmelse. Det er beregnet tetthet av ungfisk på hver enkelt stasjon samt gjennomsnittlig tetthet for alle stasjonene basert på sum fangst i de tre respektive fiskeomgangene. Det er skilt mellom årsyngel (0+) og eldre ungfisk (≥1+). Alle tettheter er oppgitt som antall individer pr. 100 m<sup>2</sup>.

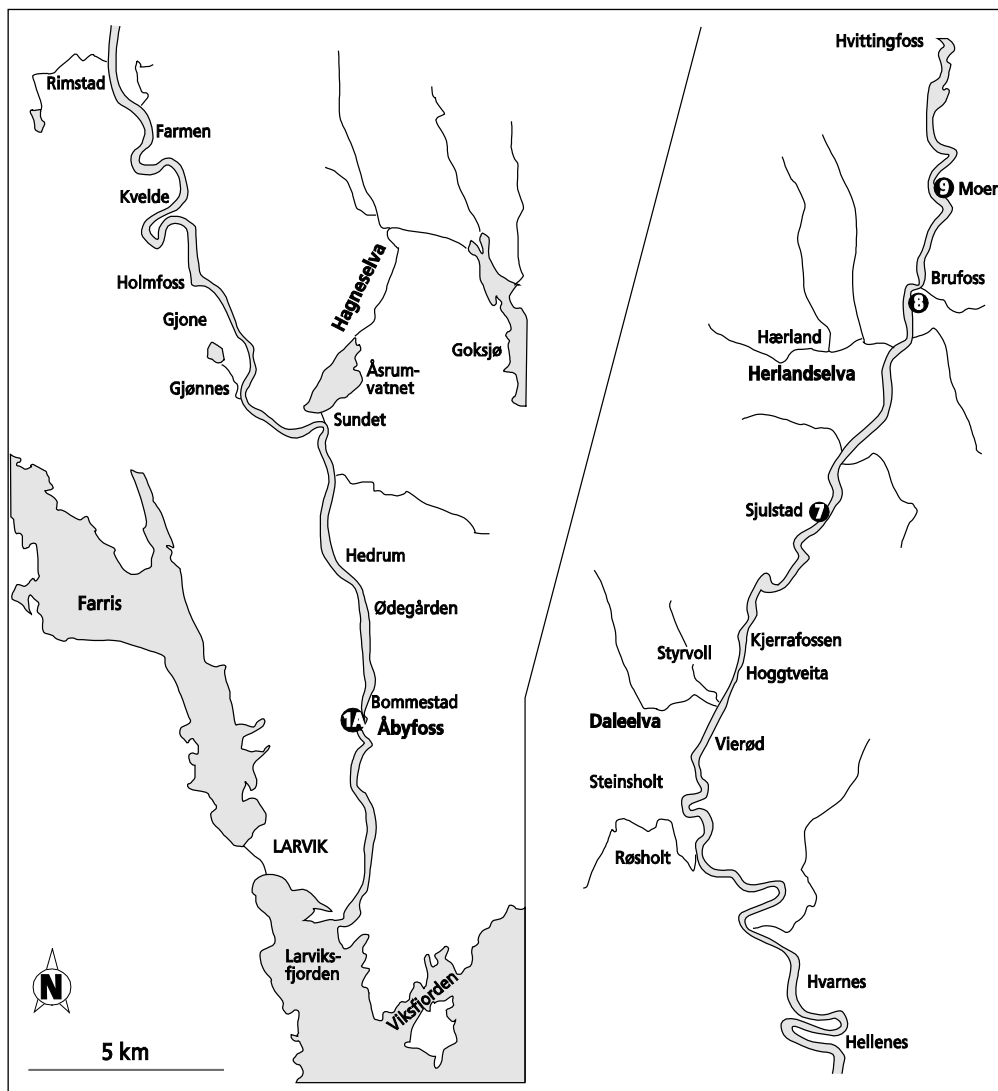
#### 3.1.2 Metode for drivnotfiske

Drivnotfiske ble utført i 2005, 2006 og i 2009. Det ble fisket med drivnot på én stasjon, ca. 500 meter opp for Hvåra bru i Hvarnes (se **figur 8**). Til disse undersøkelsene ble det utviklet en variant av ei not som benyttes i det tradisjonelle drivnotfisket etter voksen laks i Numedalslågen. Fisket ble gjennomført som gjentatt utfisking ved å dra nota medstrøms mellom to båter i hovedstrømmen gjentatte ganger

Dybden på lokaliteten varierte mellom 1,5 og 5 m. Det var et område på 5-10 meter langs begge breddene som hadde for liten strømhastighet til at nota kunne brukes der. I årene 2005 og 2006 ble det fisket over hele elvens bredde. I 2009 var fangsten større og fisket ble derfor konsentrert om en ca. 15 m bred stripe mot det østre landet. Målet var å fiske til området ble tomt. I 2005 og 2006 ble fisket gjentatt flere ganger inntil det ikke lenger ble fanget inn fisk fire ganger på rad. I 2009 ble fisket avsluttet etter fire timer for at fangstinnsatsen skulle bli den samme som tidligere år, selv om det fortsatt ble fanget fisk på hvert notdrag.

#### 3.1.3 Metode for garnfiske

Høsten 2004 ble det gjennomført forsøk med garnfiske på to stasjoner (Hvarnes og Vestrum). Garnfiske var ikke praktisk gjennomførbart i hovedstrømmen og garna ble derfor satt nærmere land og på mindre strømsterke områder. Det ble satt tre garn (nordiske oversiktsgarn) og fisket i to netter (16-19/9) ved Hvarnes, og fem garn i ei natt (23-24/9) ved Vestrum.

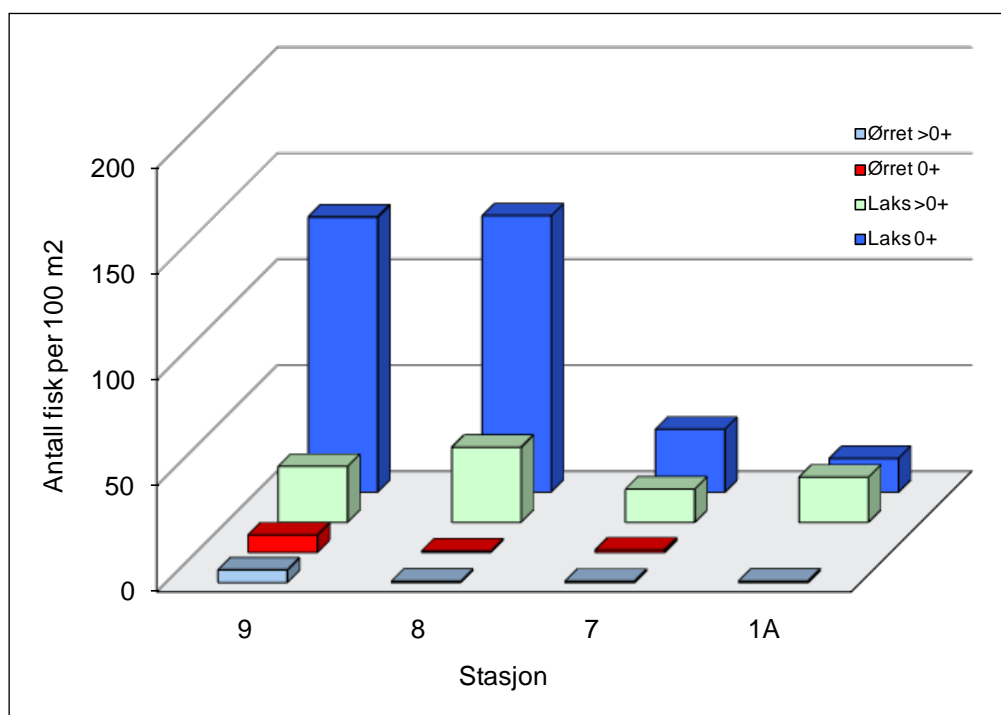


**Figur 8.** Lakseførende del av Numedalslågen med plassering av elfiskestasjonene (1A, 7, 8 og 9) som ble undersøkt i 2005, 2006 og 2009. Drivnotundersøkelsene ble gjennomført ved Hvarnes, nede på høyre del av kartet.

### 3.1.4 Ungfisktetthet estimert ved el-fiske

#### 3.1.4.1 Ungfisktetthet i forskjellige deler av elva

Tidligere undersøkelser i Numedalslågen viser at det er stor forskjell i tetthet av årsyngel (0+) av laks mellom øvre og nedre del. Resultater fra 2009 (**figur 9**) viste at det var høyest tetthet av årsyngel ved Brufoss og Moen, med henholdsvis 131 og 130 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. Til sammenligning var det ved Åbyfoss en tetthet av lakseyngel på 16 individ pr. 100 m<sup>2</sup> (Larsen mfl. 2010).



**Figur 9.** Tetthet pr. 100 m<sup>2</sup> elveareal av laks og ørret i lakseførende del av Numedalslågen i september 2009.

### 3.1.4.2 Tidsmessig utvikling i estimert tetthet

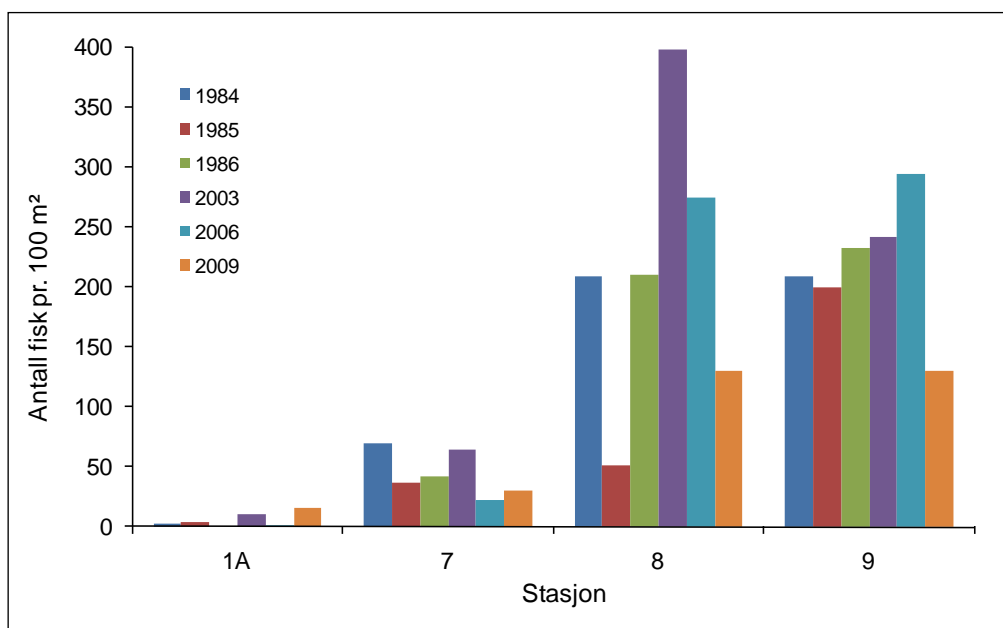
Den laveste tettheten av årsyngel av laks ble registrert i 1985 og den høyeste i 2003, med 173 lakseyngel pr. 100 m<sup>2</sup> (tabell 5).

Estimat av tetthet er påvirket av vannføringen på tidspunktet det elektriske fisket ble gjennomført. Vannføringen har variert mellom år, men i årene 1986, 2003 og 2006 var vannføringen relativt lik, noe som gjør at disse resultatene er direkte sammenlignbare. Det elektriske fisket ble gjennomført på høyere og mer variable vannføringer i 1984, 1985 og 2009. Dette gir erfaringsmessig lavere fangster, som igjen fører til større usikkerhet rundt de estimerte tetthetene (Forseth & Forsgren 2009). Til tross for dette har tettheten av lakseyngel vært relativt lik på stasjonene Åbyfoss, Sjulstadfoss og Moen i de seks årene undersøkelsene har blitt gjort (figur 10). Brufoss skiller seg ut som den stasjonen med størst variasjon mellom år, noe som trolig skyldes topografien i området. Stasjonen ligger på ei grusør, der det vanndekte arealet lett påvirkes av vannføring (Larsen mfl. 2010).

Tettheten av eldre laksunger ( $\geq 1+$ ) har også variert mellom år på de ulike stasjonene. I 2009 var tettheten av eldre laksunger 25 individ pr. 100 m<sup>2</sup> i gjennomsnitt (tabell 5). Tettheten var moderat på alle stasjonene, og varierte fra 16 til 36 eldre laksunger pr. 100 m<sup>2</sup> (figur 11). En del av denne variasjonen antas å være vannføringsavhengig. Tatt i betraktning vannføringsforhold, hadde 1985 høyest tetthet av eldre laksunger og 1984 var året med lavest tetthet. Det var lavest tetthet av eldre laksunger på alle stasjonene i 1984, og lavere enn forventet. Det var betydelig høyere tetthet ved Sjulstadfoss og Brufoss i 1986 og 2006 enn i de andre årene (figur 11). Dette viser at vi i enkelte år kan forvente høyere antall eldre laksunger enn det som ble funnet i 2003 og 2009.

**Tabell 5.** Gjennomsnittlig tetthet pr. 100 m<sup>2</sup> elveareal av laks- og ørretunger i Numedalslågen i 1984-1986, 2003, 2006 og 2009. Tetthetene for 1984-1986 er beregnet som gjennomsnitt av fangst på stasjon 1/1A, 7, 8 og 9 for direkte sammenligning med resultatet i 2003, 2006 og 2009. I parentes er det oppgitt gjennomsnittlig tetthet for fangst på de stasjonene som faktisk ble fisket det året.

År	Laks		Ørret		Vannføring
	0+	≥1+	0+	≥1+	
1984	109,3 (116,6)	13,6 (14,5)	5,1 (6,1)	0 (0)	Fallende: 85 → 58 m <sup>3</sup> /s
1985	62,9 (60,0)	21,2 (20,2)	2,4 (3,7)	1,2 (0,9)	Høy, variabel: 88-110 m <sup>3</sup> /s
1986	90,2 (79,9)	36,1 (30,7)	19,3 (13,7)	1,8 (1,5)	Lav, fallende: 57 → 39 m <sup>3</sup> /s
2003	172,9	31,8	4,3	1,1	Lav, fallende: ca. 42 m <sup>3</sup> /s
2006	141,4	40,6	8,3	2,5	Lav, stabil: ca. 50 m <sup>3</sup> /s
2009	73,7	25,3	2,7	1,8	Moderat, svakt økende: 63 → 66 m <sup>3</sup> /s

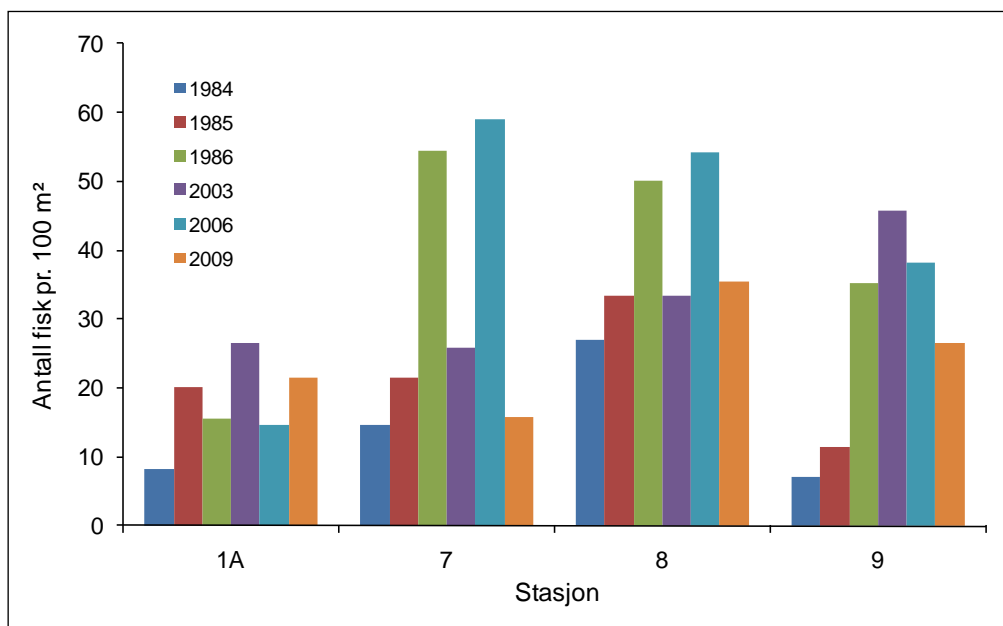


**Figur 10.** Tetthet av laksyngel (0+) pr. 100 m<sup>2</sup> elveareal på fire stasjoner i Numedalslågen undersøkt i 1984-1986 til sammenligning med resultatet i 2003, 2006 og 2009.

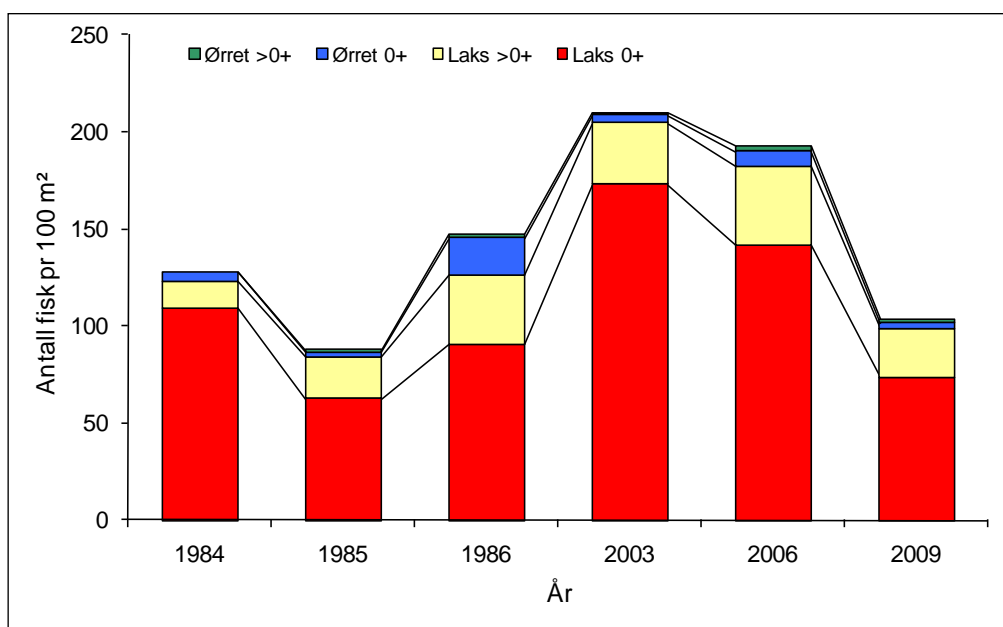
Ørretyngel er bare funnet i den øvre delen av vassdraget og tallene er gjennomgående lave, med den laveste tetthet registrert i 2009, med 3 individ pr. 100 m<sup>2</sup> (**figur 9**). Tettheten av eldre ørretunger har vært gjennomgående lave de seks årene undersøkelser har blitt gjennomført, og i 1984 ble det ikke funnet noen eldre ørretunger (**tabell 5**).

Det går klart fram av undersøkelsene som har blitt gjort i Numedalslågen at laks er den dominerende laksefisken og ørret utgjorde bare 3-14 % av den totale tettheten av laks og ørret til sammen på stasjonene (**figur 12**).





**Figur 11.** Tetthet av eldre laksunger ( $\geq 1+$ ) pr. 100 m<sup>2</sup> elveareal på fire stasjoner i Numedalslågen undersøkt i 1984-1986 sammenlignet med resultatet i 2003, 2006 og 2009.



**Figur 12.** Gjennomsnittlig tetthet av laks- og ørretunger pr. 100 m<sup>2</sup> elveareal i Numedalslågen i 1984-1986 sammenlignet med 2003, 2006 og 2009.

### 3.1.4.3 Vekst

Det har vært store variasjoner i vekst mellom år og veksten har i de fleste år (bortsett fra 2009) vært dårligst ved Brufoss. I 2009 varierte laksungene i størrelse fra 35 til 132 mm i slutten av september og årsyngelen var i gjennomsnitt 47 mm lang (**tabell 6, figur 13**). De observerte vekstforskjellen innad i Numedalslågen blir forsterket med alderen, og både ett og toårige laksunger ved Brufoss har dårligst vekst. Stasjonen Åbyfoss har best vekst. Hos ett og toårige laksunger tyder gjennomsnittslengden på at en stor del av laksungene må oppholde seg tre år i

vassdraget før smoltifisering. Den gjennomsnittlige smoltalderen basert på skjellanalyser fra voksen laks fanget i perioden 2003-2008 var 2,45 år  $\pm$  0,6 (sd).

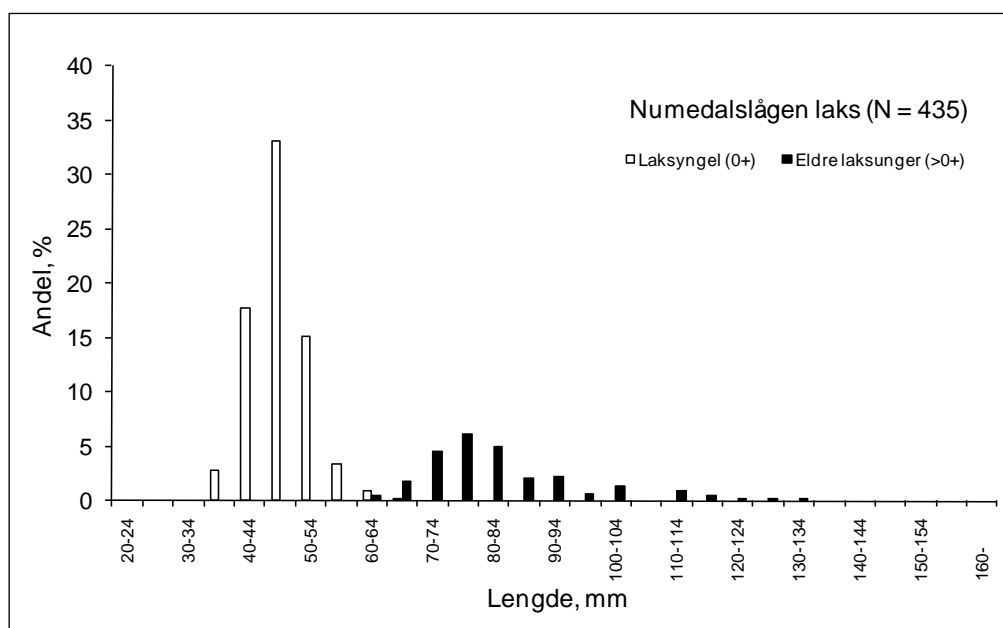
Ørretunger (0+) har variert i lengde fra 43-56 mm (**tabell 7**). Årsyngelen fra 2009 var noe større (56 mm) enn foregående år, men det elektriske fisket ble også utført noe senere i dette året. Eldre årsklasser omfatter bare én årsklasse, bortsett fra fangst av en toåring i 2006 (Larsen mfl. 2010).

Lakseyngelen (0+) vokste dårligst i 2003 både når vi sammenligner med 2006 og 2009 og undersøkelserne på 1980-tallet (**figur 14**). Årsyngelen i 2003 var henholdsvis 9 og 4 mm kortere i gjennomsnitt enn i 1986 og 2006. Dette kan være en effekt av at tettheten av laksyngel var høyest i 2003 og at dette kan ha ført til en større konkurranse om næring og skjul mellom lakseyngelen. I 2009 ble elfisket utført senere på høsten enn i de andre årene, og lengden av 0+ laks kan derfor ikke sammenlignes direkte med de andre årene. Lakseyngel fanget med drivnot i august 2009 var imidlertid 5 mm lenger i gjennomsnitt enn årsyngelen fra 2003. Alle disse årene ble lengden målt på ferskt materiale. Det var heller ingen stor forskjell på lengden av ett-årige laksunger mellom ulike år. At laksungene fanget på 1980-tallet var noe mindre skyldes at lengden er målt på spritfiksert materiale. En 70-80 mm lang laks avtar om lag 3-4 mm i lengde når de spritfikseres (Thorstad mfl. 2007).

Ørretungene varierte i størrelse fra 46 til 121 mm i lakseførende del av vassdraget i slutten av september 2009. I tillegg ble det fanget en gytemoden ørret på om lag 26 cm. Årsyngelen var i gjennomsnitt 56 mm lang, som er noe større enn i de foregående årene selv om vi tar hensyn til at det ble fisket seinere i 2009 enn i 2003 og 2006.

**Tabell 6.** Gjennomsnittslengder (mm) med standardavvik ( $x \pm sd$ ) for årsyngel av laks og ørret i ulike deler av Numedalslågen 21. september 2009. N er antall undersøkte individer.

Stasjon	Laks		Ørret	
	$x \pm sd$	N	$x \pm sd$	N
1A Åbyfoss	51 $\pm$ 7	18	46	1
7 Sjulstadfoss	50 $\pm$ 5	38	50 $\pm$ 0	2
8 Brufoss	46 $\pm$ 4	70	62	1
9 Moen	45 $\pm$ 4	70	58 $\pm$ 6	9
1-9 Numedalslågen anadrom del samlet	47 $\pm$ 5	196	56 $\pm$ 6	13

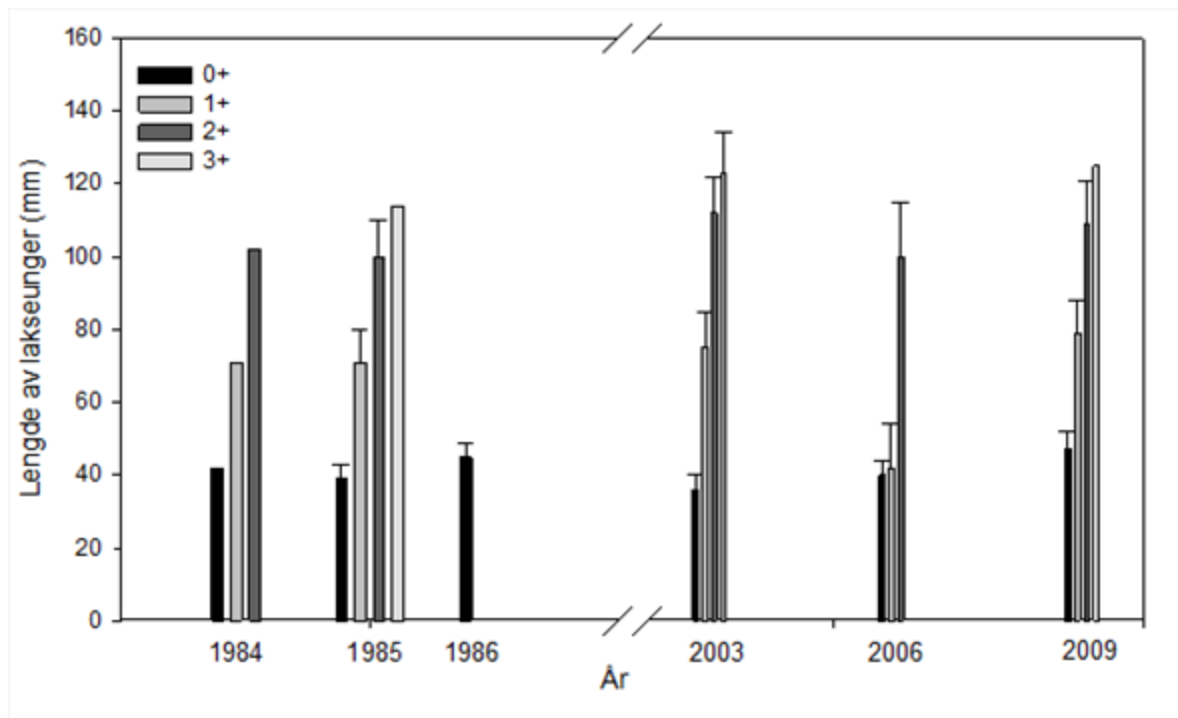


**Figur 13.** Lengdefordeling av laks fra lakseførende del av Numedalslågen i slutten av september 2009.

**Tabell 7.** Gjennomsnittslengder med standardavvik ( $\pm$  sd) hos ungfisk av laks og ørret i lakseførende del av Numedalslågen i 1984-1986, 2003, 2006 og 2009. N er antall undersøkte individ.

År	Referanse	0+ x $\pm$ sd	N	1+ x $\pm$ sd	N	2+ x $\pm$ sd	N	3+ x $\pm$ sd	N
<b>Laks</b>									
1984 <sup>1</sup>	Sigholt & Gunnerød 1984	42	539	71	69	102	11	-	0
1985 <sup>1</sup>	Larsen 1985; 1989	39 $\pm$ 4	357	71 $\pm$ 9	103	100 $\pm$ 10	22	114	1
1986 <sup>2</sup>	Larsen 1987; 1989	45 $\pm$ 4	526	*		*		*	
2003 <sup>2</sup>	Larsen 2004	36 $\pm$ 4	749	75 $\pm$ 10	130	112 $\pm$ 10	21	123 $\pm$ 11	2
2006 <sup>2</sup>	Larsen mfl. 2007	40 $\pm$ 4	575	72 $\pm$ 12	163	100 $\pm$ 15	23	-	0
2009 <sup>2</sup>	Elfiske 21.9.09	47 $\pm$ 5	196	79 $\pm$ 9	103	109 $\pm$ 12	12	125	1
<b>Ørret</b>									
1984 <sup>1</sup>	Sigholt & Gunnerød 1984	49	16	-	0	-	0	-	0
1985 <sup>1</sup>	Larsen 1985; 1989	43 $\pm$ 7	25	85 $\pm$ 11	5	-	0	-	0
1986 <sup>2</sup>	Larsen 1987; 1989	49 $\pm$ 5	84	*		*		*	
2003 <sup>2</sup>	Larsen 2004	46 $\pm$ 9	18	112 $\pm$ 22	4	-	0	-	0
2006 <sup>2</sup>	Larsen mfl. 2007	43 $\pm$ 7	38	103 $\pm$ 22	12	140	1	-	0
2009 <sup>2</sup>	Elfiske 21.9.09	56 $\pm$ 6	13	102 $\pm$ 12	8	-	0	-	0

\*Eldre fiskeunger ikke aldersbestemt, <sup>1</sup>Sprittfiksert materiale, <sup>2</sup>Ferskt materiale



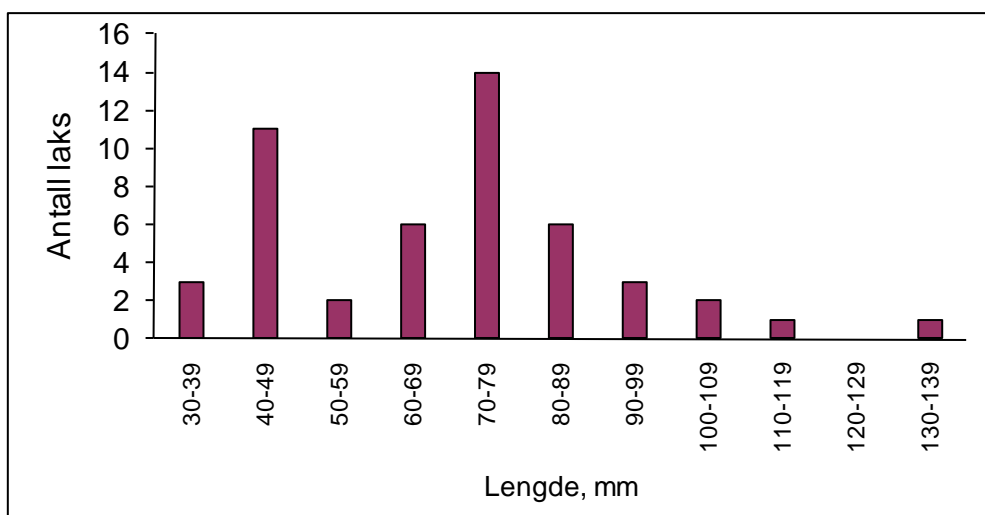
**Figur 14.** Gjennomsnittslengde (mm) ( $\pm$  standard avvik) av laksunger (0+, 1+, 2+ og 3+) fanget på elfiskestasjoner i Numedalslågen i årene 1984, 1985, 1986, 2003, 2006 og 2009.

#### 3.1.4.4 Tetthet og vekst av lakseyngel mot manøvreringsreglement

Tetthet av laks har variert mellom år og var lavest i 1985 og 2009, og høyest i 2003 og 2006. Sammenligner man tettheter av lakseyngel fra år før og etter 2001 er det ingen trend som tilsier at dagens reglement har ført til en forandring i tetthet av laksunger. Gjennomsnittslengden på årsyngel av laks har ikke forandret seg fra årene før og etter at dagens reglement ble innført ut i fra resultater fra elfisket på faste stasjoner i Numedalslågen (**figur 14**). Disse resultatene tyder på at det nye manøvreringsregime ikke er forskjellig fra det gamle når det gjelder vekst og overlevelse for lakseyngel, men det er opplagt at stasjonene ikke er representative for elva totalt sett.

#### 3.1.5 Fangster i drivnotfiske

Under drivnotfisket i 2005, 2006 og 2009 ble det i tillegg til laks fanget gullbust (*Leuciscus leuciscus*) og sandkryper (*Gobio gobio*) (**tabell 8**). I 2006 fant man ikke et markert skille i lengde mellom årsklassene av laksunger (heller ikke for sandkryper) (Larsen mfl. 2007). I 2009 (**figur 15**) og 2010 (Aasestad 2010) var det et tydelig skille i lengdefordelingen mellom årsyngel (0+) og eldre laksunger ( $\geq 1+$ ). For sandkryper ble det også fanget to årsklasser i årene 2009 (**figur 16**) og 2010.



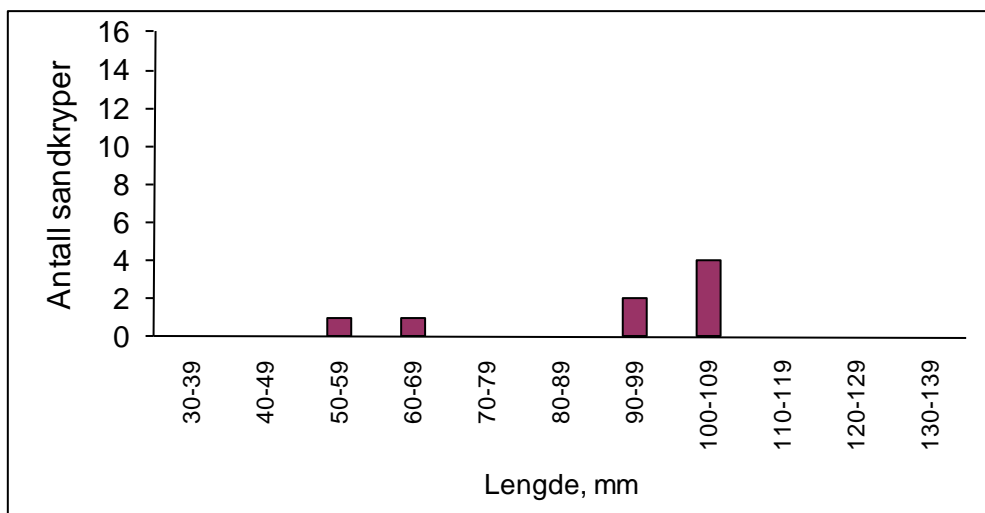
**Figur 15.** Lengdefordeling av laks fanget i drivnotfiske ved Hvarnes (ovenfor Hvåra bru) i 2009 (N = 49).

Drivnotfisket i 2009 og 2010 ble utført noe tidligere på høsten enn i 2005 og 2006 og lengden på laksungene kan derfor ikke sammenlignes direkte. Andelen årsyngel var lik i 2006 og 2009 og noe høyere i 2005 og 2010 (**tabell 9**).

**Tabell 8.** Antall laks, gullbust og sandkryper fanget ved Hvarnes (ovenfor Hvåra bru) i 2005, 2006 og 2009. Tallene fra 2010 er hentet fra rapport av Aasestad (2010) der fisket ble utført på samme lokalitet og med samme metode som i foregående år.

År	Antall laks	Antall gull- bust	Antall sand- kryper	Andel sandkryper i totalfangst (%)
2005	16	0	2	13
2006	21	5	30	54
2009	49	1	8	14
2010	57	0	13	21

Det ble ikke fanget gullbust i 2005 og 2010, og bare få individer i 2006 og 2009. Antall sandkryper fanget i 2006 var langt høyere enn andre år drivnotfisket har blitt utført, og det ble fisket flere sandkryper enn laks på stasjonen. Drivnotfisket fra årene 2005 og 2006 viste at laksunger ble fanget i områder dominert av grus og mindre steiner, samt noe langskuddsplanter. Det var dette området som ble avfisket i 2009 og 2010.



**Figur 16.** Lengdefordeling av sandkryper fanget i drivnotfiske ved Hvarnes (ovenfor Hvåra bru) i 2009 (N = 8).

Resultatene fra de fire årene drivnotfisket har blitt foretatt viser at tetthet av laksunger i dette området er generelt lav. Disse områdene er ikke optimale for produksjon av lakseyngel på grunn av mindre tilgjengelig skjul grunnet store områder med sandbunn/fin sediment bunn, noe som kan delvis forklare den lave produksjonen. Fordi slike sakteflytende områder i Numedalslågen er store vil allikevel den samlede produksjonen kunne utgjøre en betydelig andel av totalproduksjonen i elva (Larsen mfl. 2010). Undersøkelsen viser overlapp i habitatbruk mellom laks og sandkryper, mens gullbust i mindre grad ser ut til å bruke de samme områdene som laksunge.

**Tabell 9.** Antall og gjennomsnittlig lengde av lakseyngel fanget med drivnot ved Hvarnes (ovenfor Hvåra bru) i årene 2005, 2006, 2009 og 2010.

År	Antall laks	Andel 0+ (%)	Gj sn 0+ (mm)	Gj sn eldre (mm)	Fangsttinn-sats	Tidspunkt for fiske
2005 <sup>1</sup>	16	50	46	84	4 timer	12. september
2006 <sup>2</sup>	21	28	48	82	4 timer	19. september
2009	49	33	42	81	4 timer	10.-11.) august
2010 <sup>3</sup>	57	54	44	90	3 timer	9. august

<sup>1</sup> I forbindelse med metodeutvikling ble det i tillegg fisket 12. juli og 8. august i det samme området. Det ble fanget 19 laks, 6 sandkryper og 1 gullbust til sammen på de to dagene

<sup>2</sup> Fisket ble gjentatt på samme areal i to påfølgende dager. Bare 4 laks og 1 sandkryper ble fanget 20. september

<sup>3</sup> Tallene er hentet fra Aasestad (2010).

### 3.1.6 Fangster i garnfiske

Ved garnfisket på Hvarnes og Vestrum ble det fanget mest gullbust og abbor, noe sandkryper, men ingen laksunger (**tabell 10**). Det ble observert gjedde i garnene, men disse festet seg ikke. Garnfiske er ikke egnet til å anslå bestanden av laksunger i Numedalslågen, men kan gi noe informasjon om forekomsten av andre fiskearter som kan opptre som mulige konkurrenter og predatorer i forhold til laksunger. Undersøkelsen bekrefter resultatene fra drivnotfiske som antyder lite overlapp i habitatbruk mellom laks og gullbust/abbor.

**Tabell 10.** Oversikt over forskjellige arter, antall fisk fanget og fangst pr. innsatsenhet (CPUE; antall fisk pr garn og natt) ved garnfiske ved Hvarnes og Vestrum i Numedalslågen i 2004.

Lok	Art	Antall	CPUE
Hvarnes	Gullbust	41	6,8
	Abbor	18	3,0
	Sandkryper	10	1,7
Vestrum	Gullbust	48	9,6
	Abbor	43	8,6
	Sandkryper	3	0,6

## 3.2 Bestandssammensetning

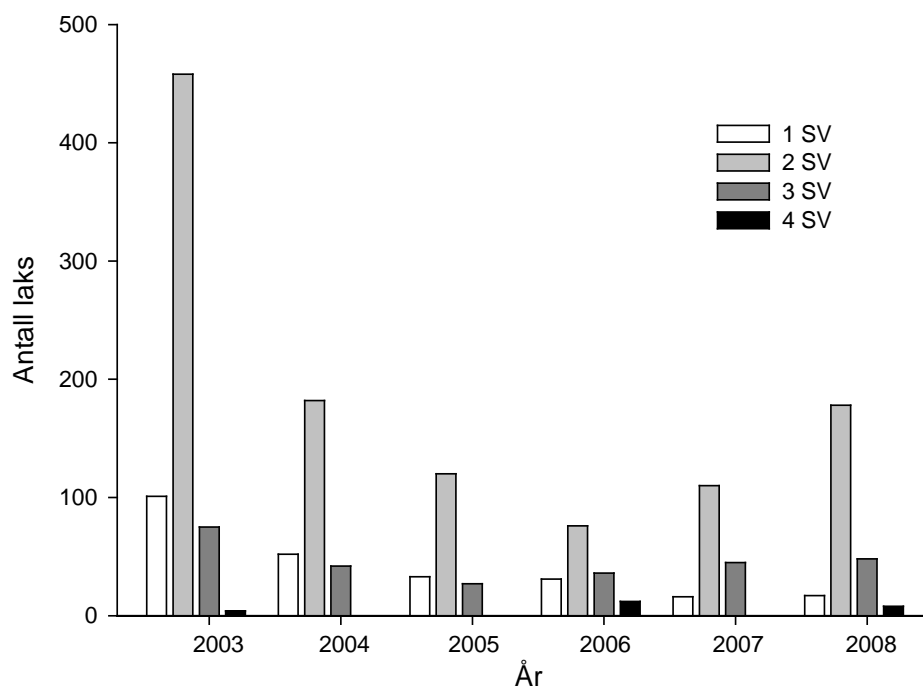
I skjellmateriale av laks samlet inn fra sportsfisket i årene 2003-2008 ble det totalt avlest skjell fra 1000 villaks og 28 sjøørret (Naturkonsult AS). Villaksen utgjorde 91,7 % av skjellmaterialet, mens 4,7 % var kultivert laks og 2,1 % var oppdrettslaks. I tillegg var det 15 individer der skjellmaterialet var for dårlig og som ble klassifisert som ukjent (**tabell 11**).

**Tabell 11.** Fordeling av villaks, kultivert laks og oppdrettslaks i skjellmaterialet fra Numedalslågen i perioden 2003-2008.

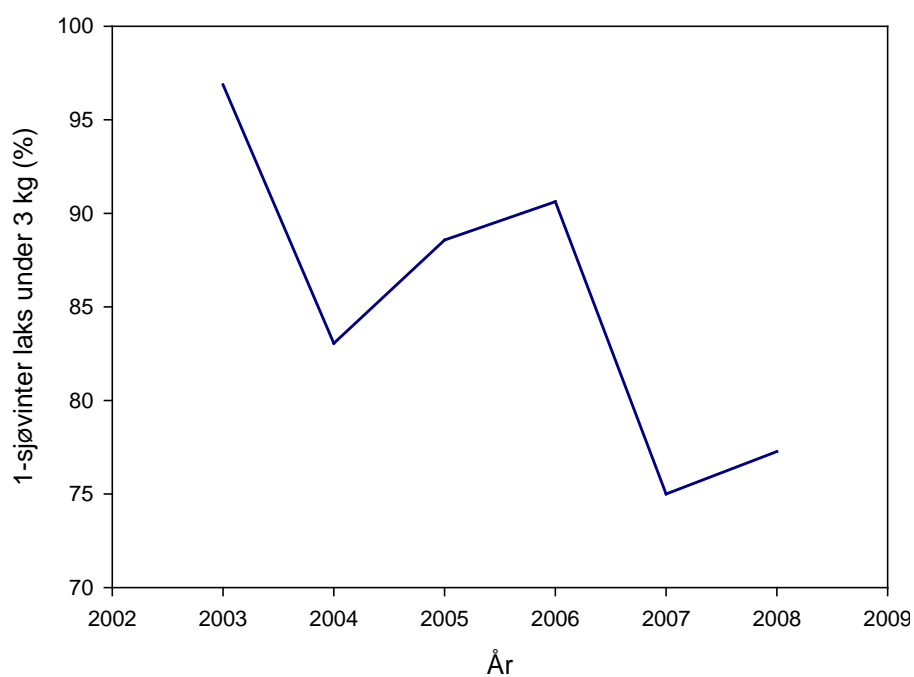
År	Vill		Kultivert		Oppdrett		Ukjent		Total
	n	%	n	%	n	%	n	%	
2003	364	92,9	13	3,3	9	2,3	6	1,5	392
2004	157	96,9	4	2,5		0,0	1	0,6	162
2005	102	87,2	13	11,1	1	0,9	1	0,9	117
2006	84	90,3	3	3,2	5	5,4	1	1,1	93
2007	86	89,6	4	4,2	4	4,2	2	2,1	96
2008	124	88,6	10	7,1	2	1,4	4	2,9	140
TOTAL	<b>917</b>	<b>91,7</b>	<b>47</b>	<b>4,7</b>	<b>21</b>	<b>2,1</b>	<b>15</b>	<b>1,5</b>	<b>1000</b>

### 3.2.1 Sjøalder

Sammensetningen av sjøalder i laksebestanden i Numedalslågen (basert på skjellmaterialet fra sportsfiskere) har i årene 2003-2008 forandret seg (**figur 17**), og det er spesielt antallet av ensjøvinter laks som har blitt lavere (**figur 18**). Denne trenden har også blitt observert på landsbasis der man har sett en nedgang i andelen av ensjøvinterlaks blant smålaks (fisk under 3 kg) (Anon. 2011a). Denne trenden har blitt forklart med endringer i miljøet i havet (for eksempel endret næringstilgang) som påvirker vekst og sjøoverlevelsen til laksen.



**Figur 17.** Sjøalder (SV) på laks i skjellmaterialet fra Numedalslågen i årene 2003-2008.

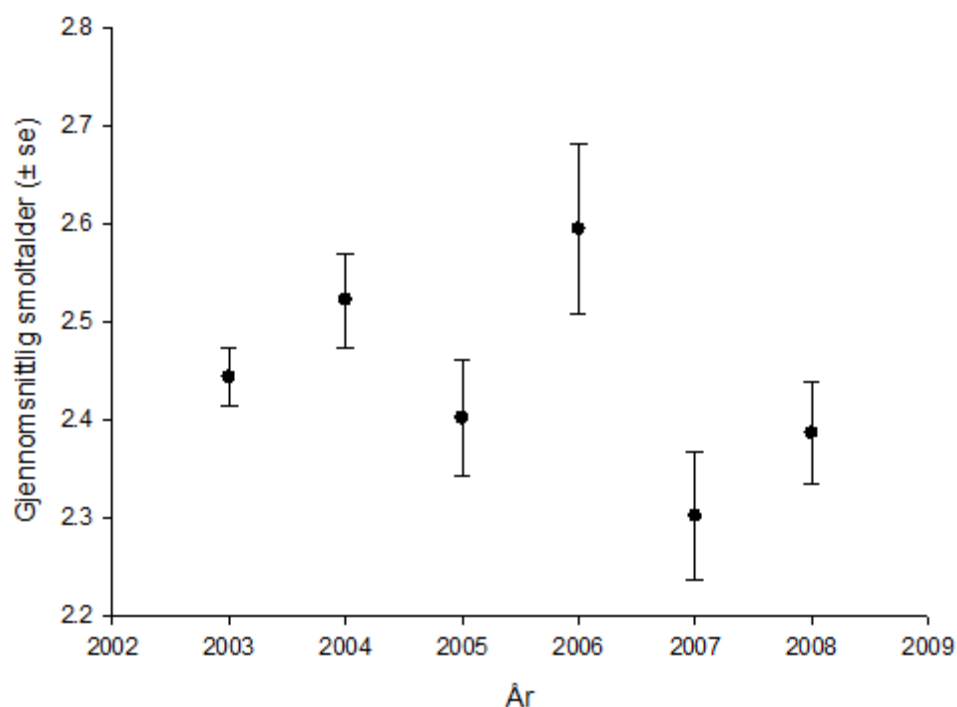


**Figur 18.** Prosentandel 1-sjøvinterlaks blant laks under 3 kg fanget i Numedalslågen i årene 2003-2008.



### 3.2.2 Smoltalder

Den avleste smoltalder for villaks basert på skjellprøver fra sportsfiske gav en gjennomsnittlig alder på 2,45 år  $\pm$  0,6 sd (standardavvik). Gjennomsnittlig smoltalder varierte i årene 2003-2008 mellom 2,3-2,6 år (**figur 19, tabell 12**), men det er ingen trender som tilsier at smoltalderen har forandret seg i denne perioden. Undersøkelser fra 1986-1988 (Larsen 1989) viste imidlertid en gjennomsnittlig smoltalder for laks på 2,6 år, og skiller seg dermed fra smoltalderen i perioden 2003-2008 ved at smolten gjennomgående har blitt yngre.



**Figur 19.** Gjennomsnittlig smoltalder ( $\pm$  standard feil) avlest fra skjellprøver av voksen laks fra Numedalslågen i årene 2003-2008.

**Tabell 12.** Gjennomsnittlig smoltalder avlest fra skjell hos laks fanget i Numedalslågen i perioden 2003-2008. *n* er antall individer, *sd* er standardavvik.

År	Villaks			Kultivert laks			Oppdrettslaks		
	Smoltalder	sd	n	Smoltalder	sd	n	Smoltalder	sd	n
2002	2,00	-	1	-	-	-	-	-	-
2003	2,45	0,54	363	2,15	0,38	13	2,67	0,50	9
2004	2,52	0,54	157	2,25	0,50	4	-	-	-
2005	2,40	0,57	102	2,23	0,44	13	3,00	-	1
2006	2,60	0,54	84	2,00	0,00	3	-	-	-
2007	2,30	0,55	86	2,00	0,00	4	-	-	-
2008	2,39	0,55	124	2,00	0,00	10	-	-	-
<b>Total</b>	<b>2,45</b>	<b>0,55</b>	<b>917</b>	<b>2,13</b>	<b>0,34</b>	<b>47</b>	<b>2,7</b>	<b>0,48</b>	<b>10</b>

### 3.2.3 Vekt

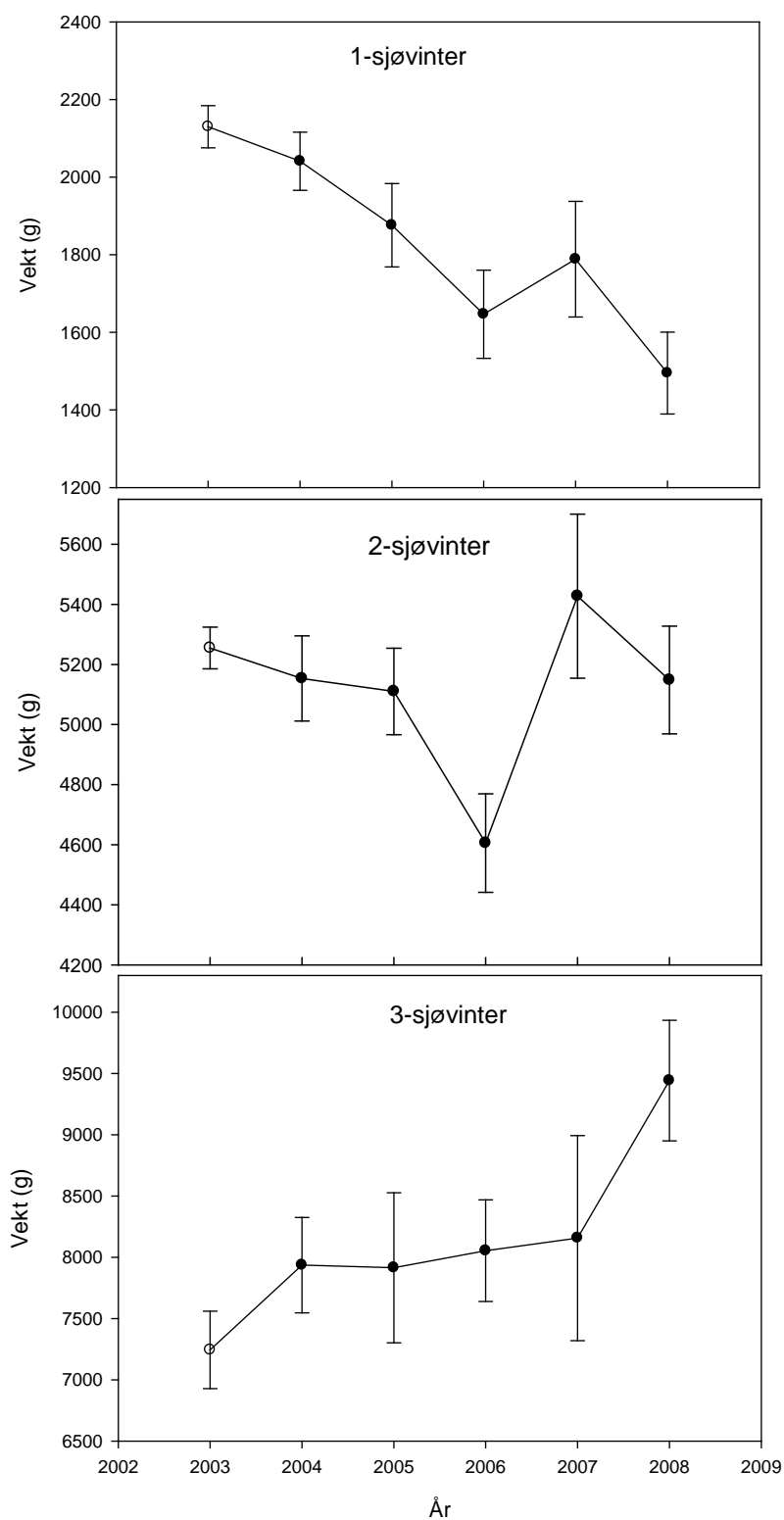
I skjellprøvematerialet fra sportsfisket var gjennomsnittsvekten for henholdsvis en-, to- og tresjøvinter laks på 1,95 kg, 5,18 kg og 8,07kg (**figur 20, tabell 13**). Størrelsen på ensjøvinter laks har avtatt i perioden 2003 til 2008, størrelsen på tosjøvinter laks har variert, men uten en trend, mens størrelsen på tresjøvinter laks økte fra 2003 til 2004 og fra 2007 til 2008. Trenden mot små ensjøvinterlaks er også en generell trend knyttet til endringer i forhold i havet (se **kapittel 3.2.1**).

**Tabell 13.** Gjennomsnittsvekt (V, g) ( $\pm$  standardavvik (sd)) av 1-sjøvinter, 2- sjøvinter og 3-sjøvinter villaks i årene 2003-2008. n = antall laks.

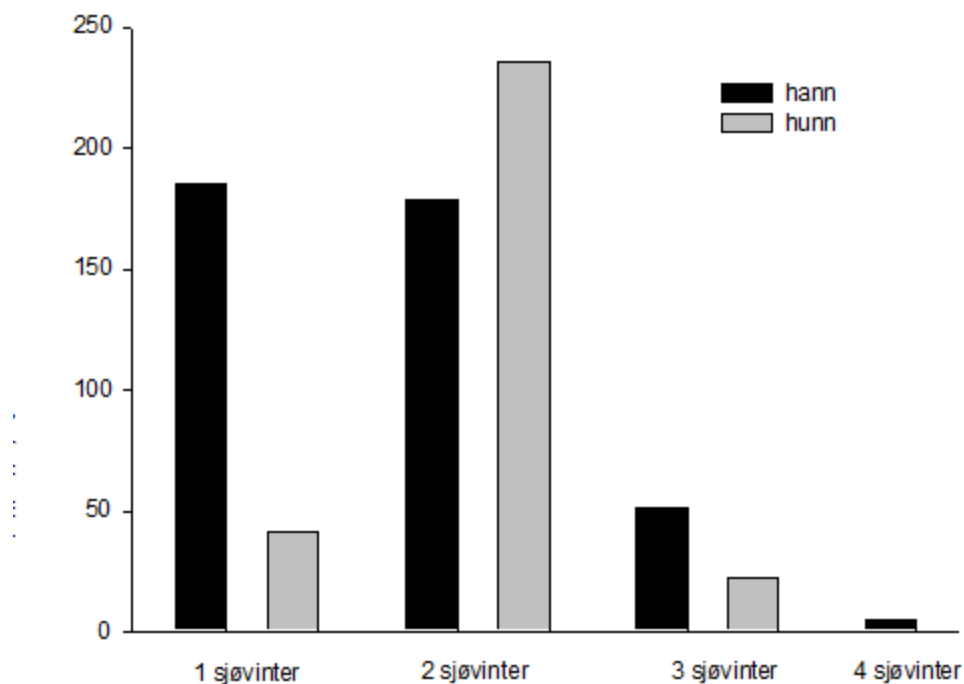
År	1-sjøvinter			2-sjøvinter			3-sjøvinter			4-sjøvinter		
	V	sd	n	V	sd	n	V	sd	n	V	sd	n
2003	2129,8	568,8	110	5254,8	1089,0	246	7243,9	1670,1	28	10400,0	-	1
2004	2041,0	545,5	53	5153,4	1375,4	94	7935,7	1455,8	14	-	-	-
2005	1875,9	687,4	41	5110,2	1161,8	65	7914,5	2031,1	11	-	-	-
2006	1646,6	643,4	32	4605,6	1086,9	44	8053,8	1494,8	13	12133,3	4100,4	3
2007	1788,4	649,1	19	5427,3	2115,9	60	8156,3	3346,4	16	-	-	-
2008	1495,0	447,3	18	5148,4	1783,7	99	9441,7	2085,0	18	12300,0	565,7	2

### 3.2.4 Kjønnssammensetning

Det er en betydelig forskjell i kjønnsfordelingen mellom de ulike sjøvinteraldrene som returnerer til Numedalslågen (**figur 21, tabell 14**). Hanner dominerer blant de som returnerer som ensjøvinter og utgjør i gjennomsnitt 81 % (sd  $\pm$  13). Av tosjøvinterlaks som returnerer utgjør hannene 45 % (sd  $\pm$  19 ). Undersøkelser gjort av Larsen (1989) viste også at det var en overvekt av hanner som returnerte etter ett år i sjøen, mens hunnene dominerte blant de som hadde vært to år i sjøen.



**Figur 20.** Gjennomsnittsvekt ( $\pm$  standard feil) fra skjellprøvematerialet 2003-2008 for 1-sjøvinner, 2-sjøvinner og 3-sjøvinner laks.



**Figur 21.** Kjønnssammensetning og sjøalder av villaks basert på skjellprøvematerialet fra 2003-2008.

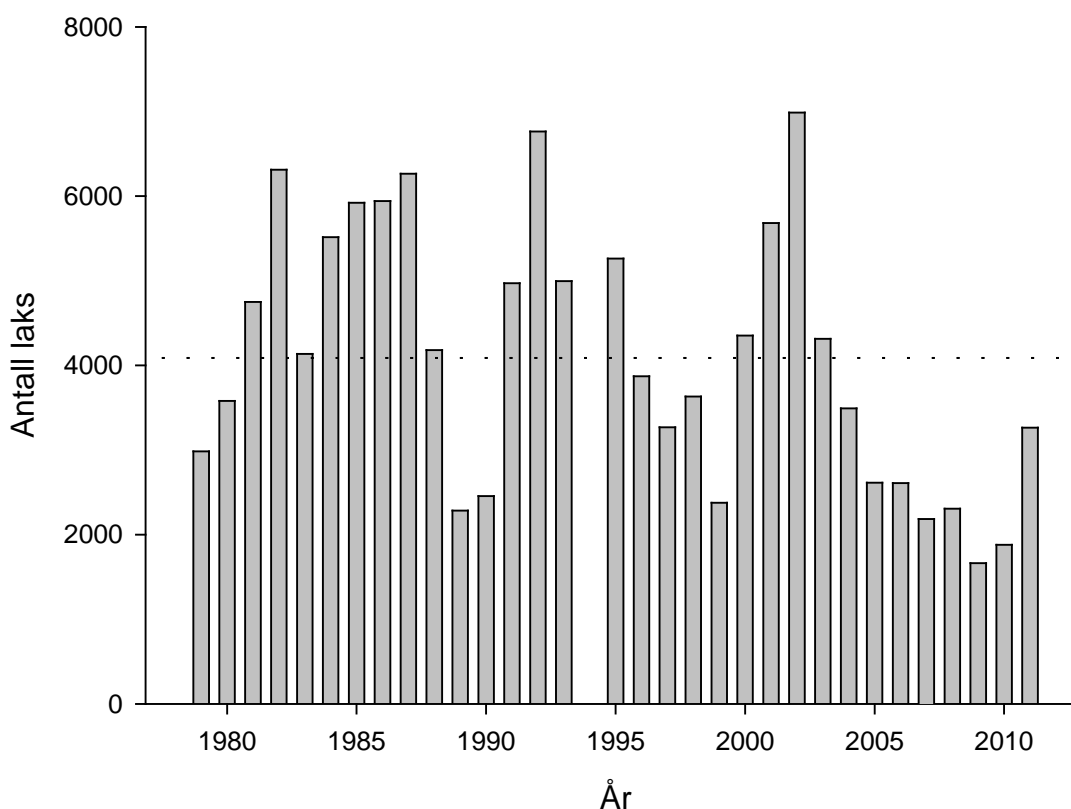
**Tabell 14.** Kjønnsfordeling (antall) og sjøalder på villaks og kultivert laks fanget i sportsfiske i Numedalslågen i årene 2003-2008.

År	Sjøalder	Hann	Hunn	Ikke oppgitt
2003	1	80	12	18
	2	35	77	128
	3	9	1	15
	4			1
2004	1	34	16	3
	2	23	52	19
	3	7	5	2
2005	1	30	9	
	2	16	49	
	3	6	4	
2006	1	28	2	
	2	21	20	
	3	5	6	
	4	3		
2007	1	7	5	
	2	37	18	
	3	13	3	
2008	1	17	1	
	2	61	32	
	3	15	3	
	4	2		

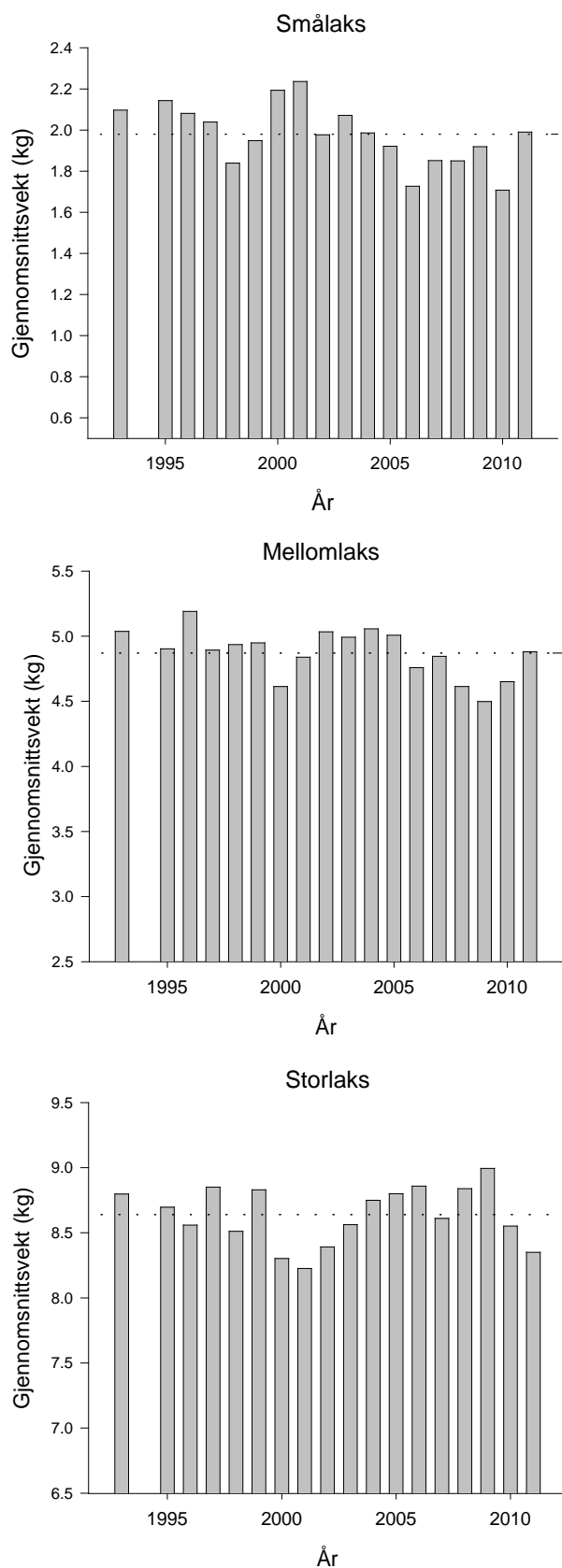
### 3.3 Fangsstatistikk og innsig

#### 3.3.1 Fangststatistikk

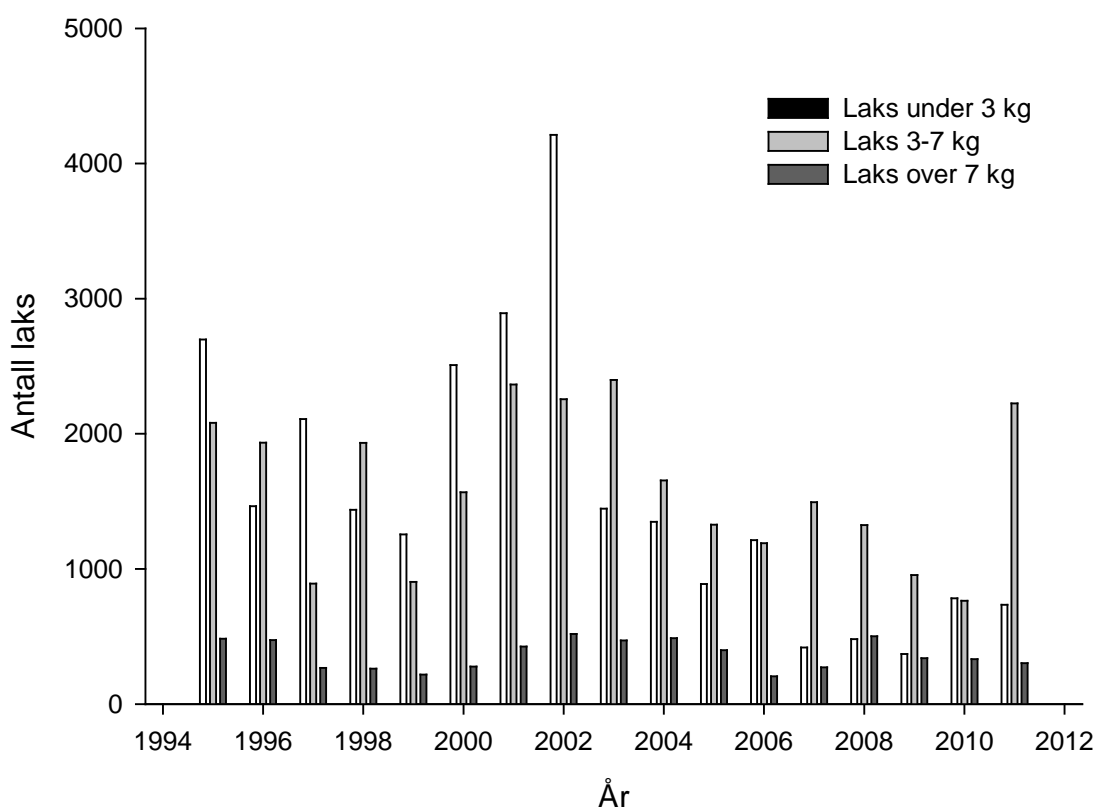
Sportsfiskefangstene av laks i Numedalslågen avtok fra 2002 til årene 2005 til 2010 da de var relativt stabilt lave, men viste en oppsving igjen i 2011 (**figur 22**). Fangstutbyttet har i disse årene med lave fangster allikevel vært innenfor de nivåer som har blitt rapportert i andre perioder med lave fangster (1979, 1989-1990, 1999). Antall storlaks som er rapportert fanget er lite endret i de siste 17 årene. Derimot har fangstutbytte av mellomlaks (3-7 kg) og smålaks (mindre enn 3 kg) hatt en jevn nedgang det siste årtiet, mens det i 2011 var en særlig økning i fangstutbytte av mellomlaks som bidro til en økning i det totale fangstutbyttet. Gjennomsnittsvekten hos smålaks og mellomlaks har også i de siste årene vært lavere enn det totale gjennomsnittet for perioden 1993-2011 (**figur 23**), mens gjennomsnittsvektene hos små- og mellomlaks økte i 2011 (**figur 23**). Selv om det totale fangstutbytte i 2011 steg i forhold til årene før, er fremdeles fangstutbyttet av smålaks lavt og har vist en negativ trend over flere år (**figur 24**). Dette er en også en generell trend for mange andre norske og europeiske lakseelver, der den negative trenden med redusert innsig av laks primært skyldes lave antall smålaks (fisk under 3 kg; Anon. 2011a). Årsakene til at innsiget av smålaks synker synes i hovedsak å være forhold i havet (Anon. 2011a).



**Figur 22.** Rapportert fangst i Numedalslågen i årene 1979-2011. Den stiplede linjen viser gjennomsnittet av innrapportert fangst i årene 1979-2011.



**Figur 23.** Gjennomsnittsvikt av rapportert fangst (1993-2011) av smålags (<3 kg), mellomlags (3-7 kg) og storlags (>7 kg) i Numedalslågen. De stiplede linjene viser gjennomsnittsvikt for henholdsvis smålags, mellomlags og storlags i årene 1993-2011.

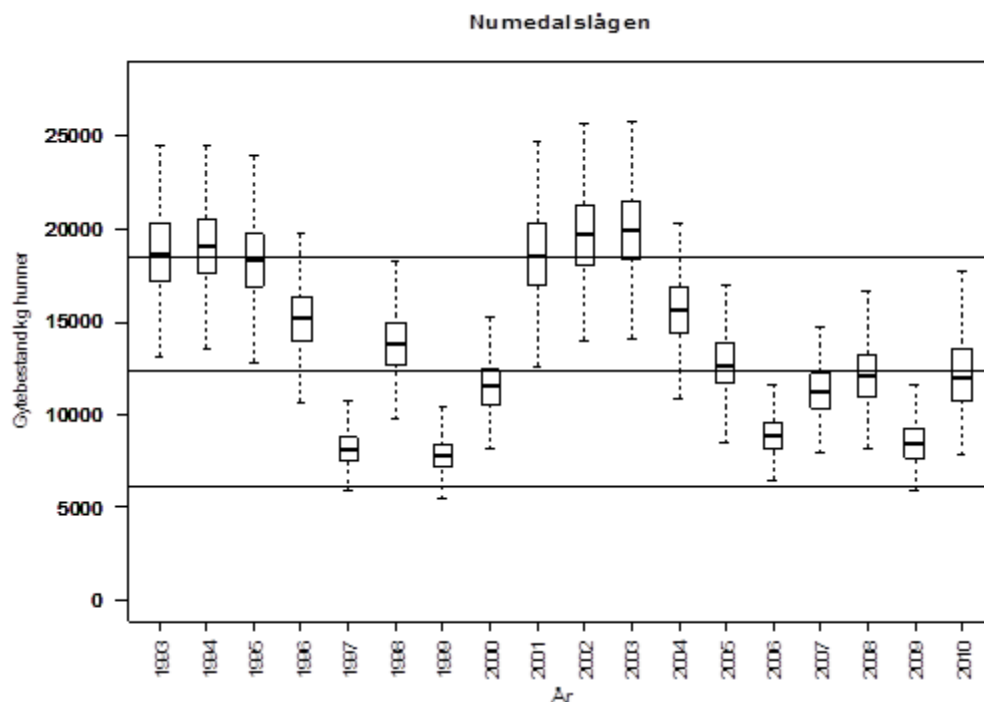


**Figur 24.** Fangststatistikk (antall) for Numedalslågen i årene 1995-2011 fordelt på størrelsesgrupper: smålaks (mindre enn 3 kg), mellomlaks (3-7 kg) og storlaks (større enn 7 kg).

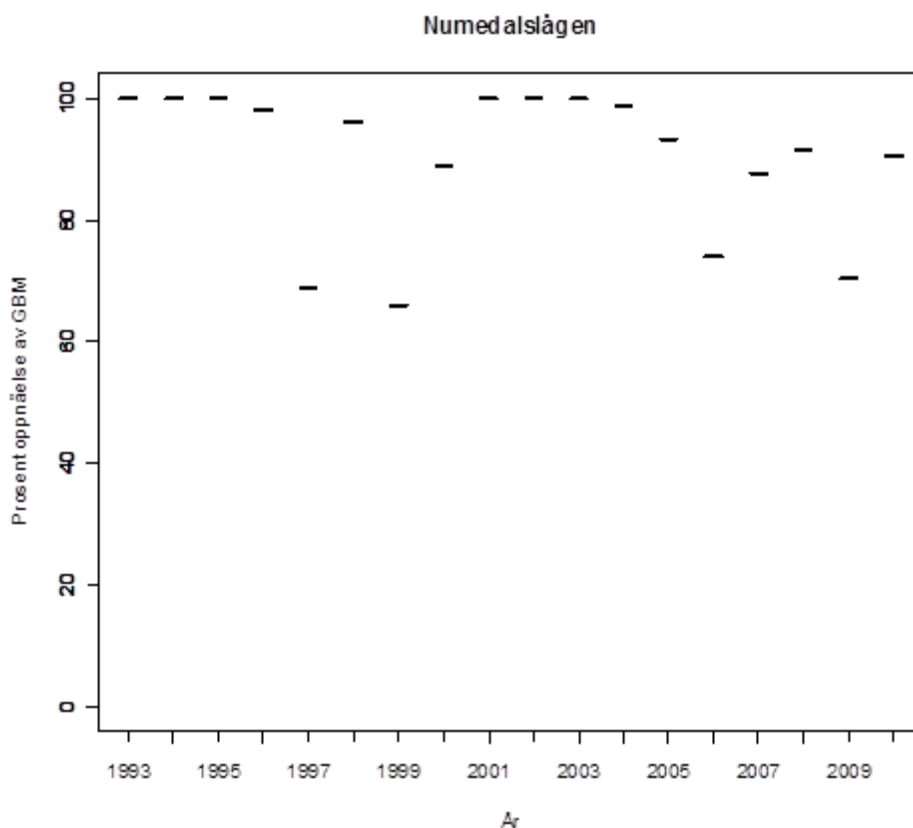
### 3.3.2 Oppnåelse av gytebestandsmål

Forvaltningen av laksebestander i Norge er nå basert på oppnåelse av gytebestandsmål. Fastsetting av gytebestandsmål og andre referansepunkter for gytebestanden bygger på en antagelse om at antallet rekrutter (R) i en fiskebestand på en eller annen måte er avhengig av antall gytefisk (S) (Hindar mfl. 2007). Med rekrutter menes produksjon av yngel, smolt eller fisk av høstbar størrelse eller antall gytefisk til neste generasjon.

I rapporten fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL) fra 2011 (Anon. 2011a) er gytebestandsmål (egg/m<sup>2</sup>) for Numedalslågen vurdert som ikke oppnådd (**figur 25**), men avviket fra måloppnåelse var ikke så stort (**figur 26**). Dersom vurderingene til VRL er korrekte (som i høy grad er avhengig av om de benyttede beskatningsratene er korrekte) har det i flere perioder, også i de senere år, vært underrekruttering i vassdraget, trolig primært fordi beskatningen ikke har vært tilstrekkelig nedjustert i takt med redusert innsig. Avviket fra måloppnåelse har imidlertid aldri vært spesielt stort, og i 2010 ble bestanden ikke vurdert som overbeskattet. Lokale vurderinger tilsier at gytebestandsmålet ble nådd i 2011 ([www.lagenlaks.no](http://www.lagenlaks.no)), men VRL har ikke vurdert måloppnåelsen ennå.



**Figur 25.** Estimert gytebestand i Numedalslågen i årene 1993 til 2010 sammenlignet med nedre, midtverdi og øvre grense for gytebestandsmål (horisontale linjer). Fra Anon. (2011).



**Figur 26.** Oppnåelse av gytebestandsmål i prosent i årene 1993 til 2010 i Numedalslågen. Fra Anon. (2011).



### 3.3.3 Innsig og analyser

Det estimerte innsiget av laks (slik det estimeres ved vurdering av oppnåelse av gytebestandsmål; se ovenfor) vurderes som en bedre indikator for lakseproduksjonen enn bare fangststatistikk. Dette forutsetter imidlertid at man har god kunnskap om beskatningsratene, og historisk finnes det lite informasjon om dette fra Numedalslågen. For Numedalslågen har det derfor vært benyttet samme beskatning (middels beskatning for store vassdrag) alle år fra 1983 til 2009, mens det ble brukt lav beskatning i 2010 (Anon. 2011a). Det estimerte innsiget er således en tilnærmet konstant faktor av fangstene fram til og med 2009. Noe variasjon i forholdet mellom fangst og innsig oppstår på grunn av variasjon i bestandssammensetning (fordi de ulike størrelsesgruppene er gitt forskjellig beskatning), og fordi beskatningene trekkes fra fordelinger av sannsynlige beskatninger.

De siste seks årene (fram til og med 2010) har det vært et relativt lavt beregnet innsig i Numedalslågen, men det har imidlertid vært på liknende nivå tidligere (innenfor perioden 1993-2010), blant annet i årene 1999 og 2000 (**figur 27**). Innsiget til Numedalslågen og til landet for øvrig er ikke beregnet for 2011 ennå, og dette året er derfor ikke med i analysene under.

Innsiget av laks til Numedalslågen ble sammenlignet med innsiget til Enningdalselva, smolt-overlevelse i Drammenselva og innsiget til forskjellige regioner i Norge (Sør-Norge, Vest-Norge, Midt-Norge og Nord-Norge) for å identifisere eventuelle trender i forhold til manøvreringsreglement. Dersom det nye manøvreringsreglementet har en effekt på lakseproduksjon, vil effekten målt som innsig av voksenlaks ha en forsinkelse på minimum tre år (toårig smolt og ensjøvinter gytefisk) og fire eller fem år for den dominerende livshistoriegruppa (to- og treårig smolt og tosjøvinter gytefisk). En eventuell endring i innsig bør derfor kunne registreres fra 2004.

For å kunne sammenligne innsig til Numedalslågen med innsig til andre områder ble verdiene standardisert ved å trekke fra gjennomsnittet og dele på standardavviket. Dette gjør at verdiene fra de ulike områdene varierer på samme skala, og utviklingen blir dermed direkte sammenlignbar. Deretter er de standardiserte verdiene trukket fra hverandre. Differansen mellom de standardiserte verdiene (for eksempel standardiserte verdier fra Numedalslågen minus standardiserte verdier fra Enningdalselva) er et mål på hvor bra Numedalslågen gjør det sammenlignet med andre områder, ved positive verdier gjør laksen i Numedalslågen det bedre, ved negative verdier gjør den det dårligere.

Innsiget av laks til Numedalslågen ble sammenlignet med det estimerte innsiget til region Sør-Norge (Anon. 2011a) for å kontrollere for variasjoner som kan skyldes endringer i sjøoverlevelse, fordi vi antar at laksen i denne regionen påvirkes av relativt like miljøforhold i sjøen. Eventuelle forskjeller kan tyde på endringer i ferskvannsstadiet eller overgangen mellom ferskvann og sjø-stadiet (smoltutvandring/smoltoverlevelse). I de siste seks årene har Numedalslågen et lavere innsig av laks sammenlignet med Sør-Norge totalt (**figur 28**). En tosidig *t*-test viste en signifikant forskjell ( $P = 0,007$ , **tabell 15**) i forholdet mellom Sør-Norge totalt og Numedalslågen i perioden 1993-2000 sammenlignet med perioden 2004-2010. En innvending mot å bruke innsiget for Sør-Norge som korrigering er at regionen inneholder mange elver på Sørlandet som tidligere har vært påvirket av sur nedbør (for eksempel Mandalselva og Tovdalselva), og som de siste ti årene har hatt et kraftig oppsving i laksebestanden på grunn av kalking og mindre sur nedbør. Dette vil kunne påvirke resultatet av sammenligningen, og bidra til å gi et misvisende bilde av utviklingen i Numedalslågen.

Det ble derfor også gjort en sammenligning av estimerte innsig av laks i Numedalslågen mot Enningdalselva der vannkvaliteten ikke har vært påvirket av sur nedbør. Denne elva ligger geografisk nært, og man kan anta at laks her og i Numedalslågen opplever relativt like miljøforhold i sjøfasen. Det har vært store svingninger i forholdet mellom Numedalslågen og Enningdalselva i perioden 1993-2010, men i de tre siste årene (fram til og med 2010) har det vært en mer negativ utvikling i Numedalslågen (**figur 29**) og Enningdalselva har hatt en jevn økning i innsig i samme periode. En sammenligning av periodene 1993-2000 og 2004-2010 viste en

signifikant forskjell ( $P = 0,043$ , **tabell 15**), noe som tyder på en ulik utvikling mellom de to vassdragene de siste seks årene.

Smoltoverlevelse fra Drammenselva ble også brukt som sammenligning for sjøoverlevelse i Numedalslågen, da laks fra denne elva også opplever like miljøforhold i sjøfasen som laks fra Numedalslågen (**figur 30**). Forholdet mellom innsiget til disse elvene har vært preget av svingninger, men har de siste årene hatt nokså lik i utvikling. Det var ingen signifikant forskjell i sammenligningen av periodene 1993-2000 og 2004-2010 (**tabell 15**). Svakheten med denne sammenligningen er at estimatene for overlevelse til laks fra Drammenselva er basert på utsatt kultiveringssmolt. Variasjon i smoltkvalitet mellom år hos den utsatte smolten i Drammenselva kan således også bidra til variasjon i overlevelse mellom år.

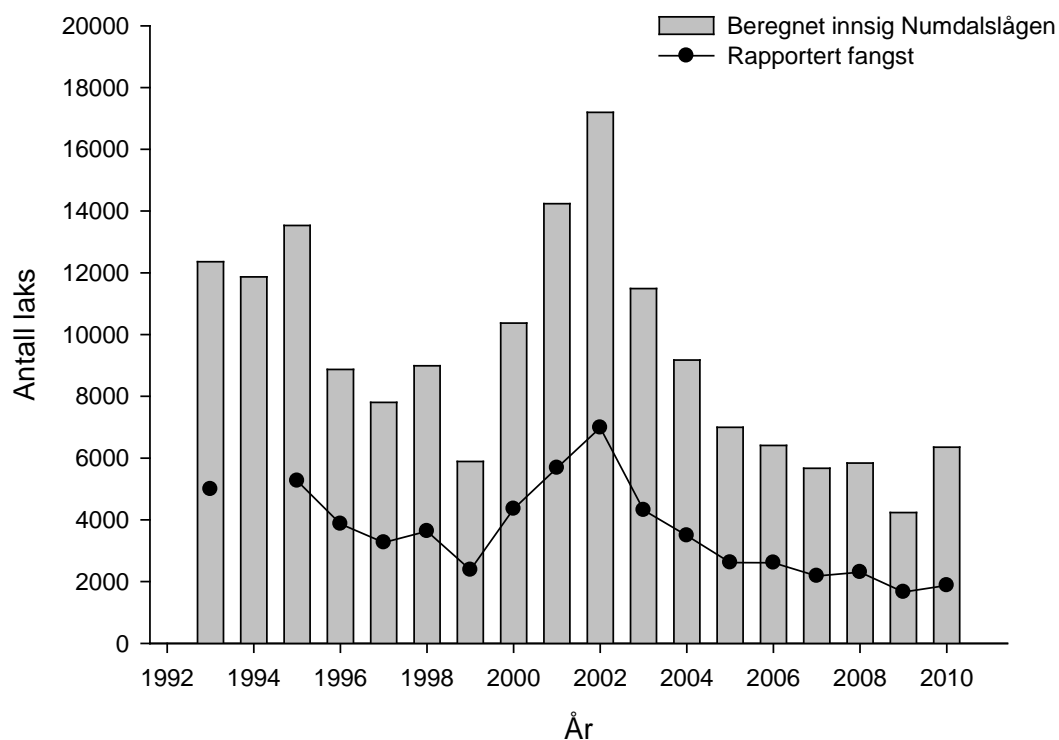
Region Vest-Norge har hatt store utfordringer med rømt oppdrettslaks og økt smittepress fra lakselus, og innsiget av laks har hatt avvikende (i nasjonal sammenheng) negativ utvikling de senere år (1985-2010) (Anon. 2011a). Vi forventet derfor at Numedalslågen skulle gjøre det bedre enn Vest-Norge, men resultatet viser at det har vært store svingninger i løpet av de siste ti årene (**figur 28**). Forholdet mellom denne regionen og Numedalslågen ved en sammenligning av perioden 1993-2000 med perioden 2004-2010 ga ingen signifikant forskjell (**tabell 15**).

Estimert innsiget til Midt-Norge (Anon. 2011a) kan også til å bruke for sammenligning med innsig av laks til Numedalslågen. Begrensningen ligger i den geografiske avstanden til Numedalslågen. Tidlig smoltoverlevelse i fjordsystemene kan være forskjellige, og det er ikke usannsynlig at fiskene bruker forskjellige oppvekstområder i havet. Det var ingen signifikant forskjell i forholdet mellom Numedalslågen og region Midt-Norge ved sammenligning av periodene 1993-2000 og 2004-2010 (**tabell 15**). Region Nord-Norge (uten Tana vassdraget) ble også tatt med i sammenligningen og forholdet mellom denne regionen og Numedalslågen har hatt store svingninger i perioden 1993-2010 (**figur 28**), ingen klare trender og ingen signifikant forskjell mellom perioden 1993-2000 og 2004-2010 (**tabell 15**).

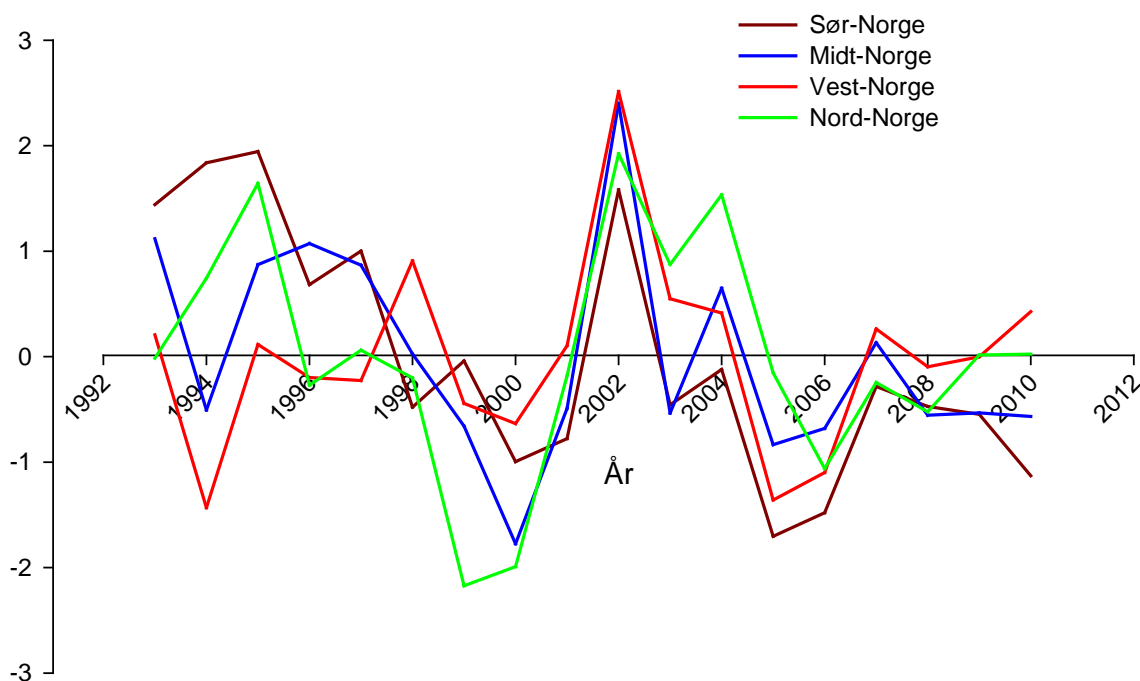
### 3.3.4 Diskusjon og konklusjon

Innsiget av laks til Numedalslågen viser en negativ trend i de senere år (fram til 2010) sammenlignet med innsiget til region Sør-Norge og innsiget til Enningdalselva, med signifikant forskjeller i korrigert innsig mellom periodene 1993-2000 (fløtningsreglementet) og 2004-2010 (nytt reglement). Sammenligningen basert på innsig til Sør-Norge er problematisk på grunn av de mange tidligere sur-nedbør påvirkede elvene i regionen, som de siste årene har hatt et oppsving i bestand grunnet kalking og mindre sur nedbør. Når miljøet i slike elver blir bedre vil forholdene være ekstra gunstige for de første generasjonene av laks på grunn av lavere konkurranse på ungfiskstadiet (Imre & Grant 2005). Sammenligningen med Enningdalselva har ikke samme problem, og postsmolten opplever sannsynligvis like forhold i havet. Imidlertid har utviklingen i Enningdalselva vært spesielt positiv i de senere år (Anon. 2011b), og det er usikkert om det er utviklingen i Numedalslågen som har vært spesielt dårlig etter 2004 eller om det er utviklingen i Enningdalselva som har vært spesielt positiv. Sammenlignet med overlevelsen i nærliggende Drammenselva, har ikke utviklingen i innsig til Numedalslågen vært avvikende dårlig etter 2004.

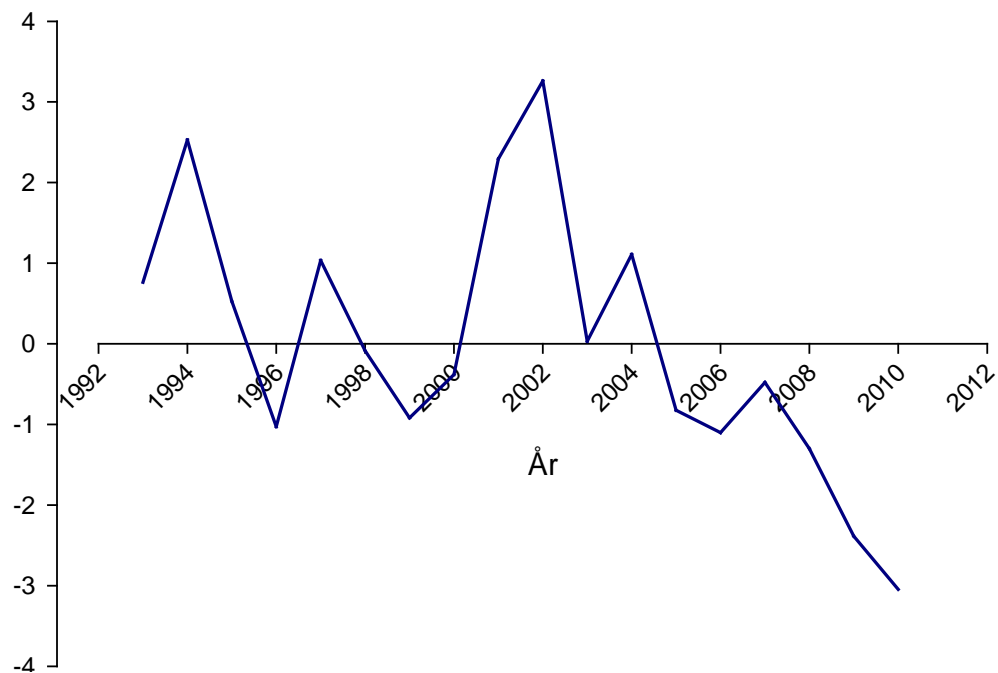
Sammenligningene av innsig av laks til Numedalslågen med innsig eller smoltoverlevelse i andre vassdrag og regioner er således ikke entydige i forhold til mulige effekter av det nye manøvreringsreglementet. Vi konkluderer at det finnes noen resultater som antyder avvikende dårlig utvikling i innsig av laks til Numedalslågen i de senere år, men at resultatene ikke er entydige nok til å konkludere at det nye reglementet har endret lakseproduksjon og innsig. Det vil være viktig å følge utviklingen i innsig videre.



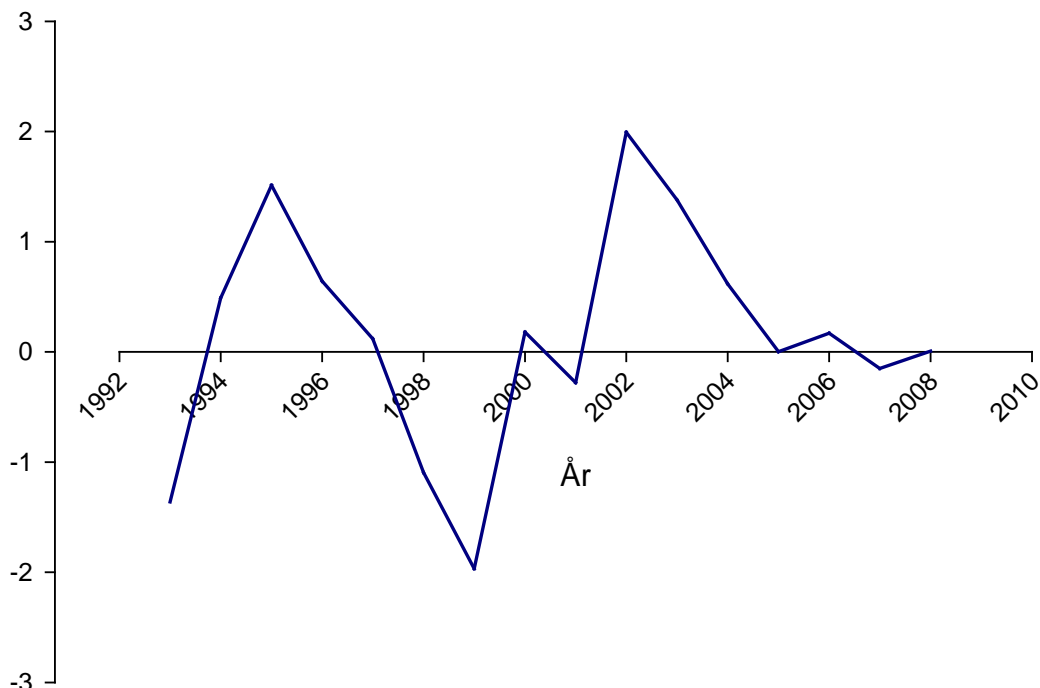
**Figur 27.** Beregnet innsig (antall laks) og rapportert fangst av laks i Numedalslågen i perioden 1993-2010.



**Figur 28.** Innsiget til Numedalslågen sammenlignet med innsiget til regionene Sør-Norge, Midt-Norge, Vest-Norge og Nord-Norge (eksl. Tanavassdraget) i årene 1993-2010. Sammenligningen er basert på standardiserte verdier. Når verdiene er positive (over null) gjør laksen i Numedalslågen det bedre, og når de er negative gjør den det dårligere.



**Figur 29.** Innsiget til Numedalslågen sammenlignet med innsiget til Enningdalsleva i årene 1993-2010. Sammenligningen er basert på standardiserte verdier. Når verdiene er positive (over null) gjør laksen i Numedalslågen det bedre enn laksen i Enningdalselva, og når de er negative gjør den det dårligere.



**Figur 30.** Innsiget til Numedalslågen sammenlignet med smoltoverlevelse i Drammenselva i årene 1993-2010. Sammenligningen er basert på standardiserte verdier. Når verdiene er positive (over null) gjør laksen i Numedalslågen det bedre enn laksen i Drammenselva, og når de er negative gjør den det dårligere.

**Tabell 15.** Oversikt over resultater fra tosidige t-tester (P-verdier og frihetsgrader, Df) der det ble testet for forskjeller i innsig av laks mellom perioden før (1993-2000) og etter at det nye manøvreringsreglement ble innført i Numedalslågen og kunne forventes å få effekt (2004-2010). Standardiserte verdier ble benyttet.

	Standardiserte verdier	
	P	Df
Enningdalselva	<b>0,043</b>	13
Drammenselva	0,575	11
Sør-Norge	<b>0,007</b>	13
Vest-Norge	0,989	13
Midt-Norge	0,305	13
Nord-Norge	0,706	13
Norge	0,522	13

### 3.4 Konkurrerende arter i Numedalslågen

Numedalslågen er for norske forhold en svært artsrik elv og det er totalt påvist 18 fiskearter der (Larsen mfl. 1988). Noen av de dokumenterte artene i Numedalslågen er: gullbust (*Leuciscus leuciscus*), abbor (*Perca fluviatilis*), ørekyt (*Phoxinus phoxinus*) og sandkryper (*Gobio gobio*).

Det finnes lite kunnskap om konkurranseforholdet mellom laksefisk og artene sandkryper og gullbust. Siden sandkryper er en introdusert art til Norge og Numedalslågen, har det blitt uttrykt bekymring for den potensielle effekten denne arten kan ha på laksefisk og særlig laksunger i vassdraget. Sandkryper er en liten karpefisk som ikke forekommer naturlig i norske vassdrag. Den ble først registrert i Numedalslågen og Norge i 1991 (Eken & Borgstrøm 1994). Nærmeste lokalitet for denne arten er i Sør-Sverige og Danmark, og den er sannsynligvis innført til Numedalslågen etter at den ble brakt til landet som levende agn til sportsfiske (NINA faktaark). Sandkryperen kan gyte minst fire ganger i året og foretrekker temperaturer mellom 15-18 °C. Sandkryperen er en porsjonsgyter, det vil si at den enkelte hunn vil kunne gyte porsjonsvis over en lengre periode. Gytestart er avhengig av vannets temperatur (Kestemont 1990) og, gytingen i Numedalslågen starter sent (juli) i forhold til andre lokaliteter i Europa (Pethon & Barstad 1998).

Gullbust er en annen art som har blitt nevnt som en potensiell konkurrent til laksefisk fordi den foretrekker samme habitat og har sammenfallende fødevalg med laksefisk. Gullbust eller hirsling som den også blir kalt, trives best i rennende vann, selv om den også forekommer i stillestående vann og innsjøer. Den er en typisk stimfisk som livnærer seg av insekter på overflaten og krepsdyr og planter på bunnen. Gytingen foregår på sand- og grusbunn i rennende vann i mai-juni måned når vanntemperaturen er på ca. 15 °C (Mann 1989). Den gyter kun én gang i løpet av sommeren (Nunn mfl. 2003).

#### 3.4.1 Forekomst i Numedalslågen

I forhold til laks og ørret, forekommer de andre artene i Numedalslågen i beskjedne antall. Det må poengteres at de fleste fiskeundersøkelser foretatt i elva har hatt som mål å undersøke laks- og ørretbestandene, og det er derfor stor usikkerhet knyttet til vurderingene av bestandsstørrelser av de fleste andre arter enn laks og ørret.

Resultatet fra drivnotfisket i 2005, 2006, 2009 (Larsen mfl. 2010) og 2010 (Aasestad 2010) viste at sandkryperen i Numedalslågen ble registrert på lokaliteter som varierte mye med hensyn til substrat, dybde og strømhastighet. Årsyngel ble bare funnet grunnere enn 0,5 m på sakteflytende partier med sand- og bløtbunn. Ettåringene ble delvis funnet på de samme områdene som årsyngelen, men også på områder med grus- og steinbunn med sterkere strøm (ca. 0,5

m/sek) og dybder på opp til 1 m. Eldre og kjønnsmodne fisk syntes å forekomme mest i de dypeste delene av Numedalslågen (Larsen mfl. 2010).

Sandkryperen oppholdt seg mest på områder som er mindre viktige for laks og ørret. Undersøkelsene i Numedalslågen viste at fjærmygglarver var dominerende i dietten, men at den tar litt av de fleste tilgjengelige grupper av næringsdyr. Det var liten forskjell i næringsvalg sommer og høst, med unntak av at vårfluelarver ble spist hyppigere om sommeren enn om høsten. Det ble også påvist detritus (dødt materiale) i magene hos sandkryper, noe som viser at arten er nært knyttet til bunnen i sitt næringssøk. Laks- og ørretunger fanget på de samme lokalitetene hadde en noe mer variert diett, med larver av fjærmygg, vårfluer og døgnfluer som dominerende grupper. Det er altså en viss overlapp i næringsvalget mellom laksefisk og sandkryper, noe som betyr at det kan være en viss konkurranse om næring mellom dem. Konkurransen mellom sandkryper og laksefisk er trolig likevel relativt svak ettersom de i stor grad ser ut til å oppholde seg i forskjellig habitat i elva (Larsen mfl. 2010).

### 3.4.2 Interaksjoner mellom arter

Generelt sett er det gjort få studier som ser på interaksjoner mellom sandkryper, gullbust, ørret og laks. Artene som eksisterer sammen i Numedalslågen finnes imidlertid også naturlig sammen i mange andre elver i Europa. Disse artene har blitt funnet i en rekke forskjellige habitat og under forskjellige miljøbetingelser (Lobón-Cervía mfl. 1991). En engelsk studie (Prenda mfl. 1997) undersøkte interaksjoner og habitatbruk mellom 12 ulike arter i to kalkrike elver. De ønsket å studere hvordan habitatkarakteristikk kunne påvirke strukturen på fiskesamfunnene. Av artene som ble studert i disse systemene var blant annet sandkryper, gullbust, ål, ørekyt, ørret og laks. Laks og ørret skilte seg ut med sterk preferanse for områder med sterkere strøm og unngikk sakteflytende områder. Sandkryperen viste en sterk preferanse for områder med sakteflytende områder av elvene og dette var områder som laksefisk (laks, ørret) unngikk (Prenda mfl. 1997). Gullbust foretrakk områder med sterkere strøm, noe som var sammenfallende med laksens preferanse i de to elvene i dette studiet (Prenda mfl. 1997). Det ble også undersøkt i hvilken grad skjul påvirket habitatpreferanse, og det ble funnet at sandkryper og gullbust foretrakk åpne områder og unngikk områder som var omgitt av strukturer som gav mye skjul (begroing av vannplanter og lignende) (Prenda mfl. 1997). De fleste artene i dette studiet ble fanget sammen med andre arter, i grupper på 3-6 arter, bortsett fra ørret som oftest ble fanget alene. Ørret ble oftest funnet alene, eller sammen med laks, ørekyt og hvitfinnet steinulke (*Cottus gobio*). De andre artene i de to systemene viste liten territoriell adferd, siden flere sameksisterte i de samme mikrohabitatene. Artenes posisjon i vannet ble også studert og selv om sandkryper foretrakk bunnområder, var den ikke i vesentlig grad avhengig av å være i tilknytning til bunn. Sandkryper er en habitatgeneralist og er ikke utpreget territoriell eller sosial (Lobón-Cervía mfl. 1991; Mann 1980; Zweimuller 1995; Prenda mfl. 1997b). Ørretunger kan derimot bli fordrevet fra sitt foretrukne habitat av hvitfinnet steinulke (Gaudin & Caillere 1990) som er en solitær og territoriell art.

Sandkryper som introdusert art har blitt studert i andre systemer i Europa. I Frankrike ble utbredelsen av sandkryper studert fra starten av en introduksjon til et nytt system (Rosecchi mfl. 2001). Sandkryperen klarte å etablere seg og spre seg videre til nye systemer. Ved overføring av en hvilken som helst art til et nytt miljø kan dette medføre forandringer i livshistorietrekk, spesielt hvis det innebærer en økt energetisk kostnad (f.eks. fysiologisk regulering, overlevelse, nye predatorer og næringssøk). Sandkryperen viser stor variasjon i livshistorie og har levealder fra 2-8 år, avhengig av området. I dette studiet ble fisken kjønnsmoden som ettåring (sammenfallende med en studie fra Spania; Lobón-Cervía mfl. 1991). Breddegrad påvirker lengden på gytesesongen, med senere gytestart i nord. Det franske studiet konkludert med at "invasjonsstyrken" til en ny art, i dette tilfellet sandkryper, avhenger av evnen til å tolerere miljøforandringer gjennom fenotypisk plastisitet mer enn av et spesielt livshistorietrekk (Rosecchi mfl. 2001).

Sandkryper har også blitt introdusert til spanske elver der den har etablert seg i en rekke elver. Ved en sammenligning av forskjellige bestander av sandkryper, fant man at disse hadde svært

forskjellig vekstmønster og reproduksjonsmønster avhengig av miljøbetingelsene i området de hadde etablert seg i (Lobón-Cervía mfl. 1991). Miljøbetingelsen i de spanske og franske elvene som sandkryper har etablert seg i skiller seg mye fra Norge, spesielt med hensyn på temperatur. Nyklekte karpefisker (cyprinider) er dårlige svømmere pga. liten størrelse (<10 mm) og dårlig utviklede finner (Mann 1995). Hos gullbust er det vist en negativ sammenheng mellom overlevelse og økt vannføring, mens det er funnet en positiv sammenheng mellom høy temperatur og overlevelse (Mann & Bass 1997). I studier i England ble de funnet i områder med vannhastigheter <2.0 cm/s (Mann & Bass 1997). På grunn av larvenes dårlige svømmeegenskaper det første leveåret blir de ofte funnet i sakteflytende områder langs elvebredden (Mann & Bass 1997). Gullbust kan ved høye tettheter danne stimer og kan da redusere mat tilgjengelig for andre arter (Kennedy 1967).

Generelt hos karpefisker (cyprinider) er sterke årsklasser ofte korrelert med høye vanntemperaturer i deres første sommer (Cowx 2000) og dette er også tilfellet for gullbust (Nunn mfl. 2003) og sandkryper (Lobón-Cervía mfl. 1991). Isolert sett kan en økning i temperatur øke overlevelse hos både sandkryper og gullbust i et vassdrag som Numedalslågen. En slik økning i temperatur vil kunne forlenge gyteperioden hos sandkryperen som er porsjonsgyter og gi muligheten til en betydelig økning i antall avkom. For gullbust, som gyter en gang, kan en slik temperaturøkning føre til høyere overlevelse og vekst, gitt at andre faktorer som påvirker overlevelse og vekst også er gunstige. Slike faktorer vil være lav vannføring, lav predasjon og god tilgang til næring (zooplankton; Nunn mfl. 2006).

Selv om temperatur påvirker vekst og overlevelse hos sandkryper og gullbust er det også andre viktige faktorer som påvirker hvor stor effekt disse fiskene vil ha på laksefiskunger. Studiene omtalt ovenfor viser at sandkryper delvis har forskjellige habitatpreferanser, noe som minsker konkurransen mellom den og laksefisk.

Gullbust foretrekker delvis samme habitat og strømførhold som laksefisk når den har blitt voksen. Dette kan muligens gjøre at den kommer i et konkurranseforhold med disse når det gjelder næring. På den andre siden er gullbust en stimfisk, en sosial og ikke-territoriell art, i motsetning til laksefisk. Vi har ikke funnet studier som undersøker konkurranseforhold mellom disse artene direkte, men ut fra generell kunnskap om begge artene og mye kunnskap om laksefisk, er det sannsynlig at laksefisk vil være en sterk konkurrent. De er territorielle og kan ha en aggressiv adferd i konkurranse om næring og territorium. Sandkryper er en ikke-territoriell art og fanges ofte sammen med andre arter (Prenda mfl. 1997, Larsen mfl. 2010). Det foreligger heller ikke studier som undersøker det direkte konkurranseforholdet mellom sandkryper og laksefisk. Ut fra det vi vet om begge artene vil sannsynligvis også laksefisk være en sterk konkurrent. Det finnes også flere studier som viser at ørreten har en dominerende adferd over andre arter av karpefisk (Grossman & Boule 1991; Facey & Grossman, 1992; Hill & Grossman 1993). Sanchez-Hernandez mfl. (2011) studerte interaksjon med ørret og flere karpefisker som naturlig finnes i samme område i Spania. Forfatterne av dette studiet konkluderte med at selv om det er et stort overlapp i diett, er det forskjeller i størrelse på byttedyr og når på døgnet næringsinntaket foregår, og dette er med på å redusere konkurransen mellom de ulike artene som lever i samme området.

Basert på det antallet av sandkryper og gullbust som ble fanget med drivnot (Larsen mfl. 2010, Aasestad 2010) utgjør de en svært liten andel av den totale biomassen av fisk i Numedalslågen, i forhold til laks og også ørret. Imidlertid er det knyttet en del usikkerhet til metoden av fangst av fisk i drivnot, og det er vanskelig å finne en metode som gir gode estimater av tetthet for de forskjellige fiskeartene og årsklassene. Dette gjør at man generelt sett vet lite om de dype områdene av Numedalslågen.

### 3.4.3 Vurdering av konkurrerende arter og manøvreringsreglement

Sandkryper og gullbust i Numedalslågen befinner seg i den nordligste delen av sin utbredelse, og selv om artene er svært tilpasningsdyktige er det særlig kalde vanntemperaturer som begrenser en videre utbredelse. Ifølge simuleringene av vanntemperatur ved Bommestad er det

svært liten forskjell i temperatur mellom de to manøvreringsreglementene. Arter som sandkryper og gullbust vil derfor ikke oppnå en konkurransefordel i forhold til temperatur ved dagens manøvreringsreglement. Simuleringer av vannføring med det nye og fløtningsreglementet viser at det er i månedene juli, august og første del av september at det er størst forskjell mellom de to reglementene. I de andre månedene er det ikke vesentlige forskjeller mellom de to vannføringsregimene. Redusert vannhastighet vil være en fordel for avkom av karpefisk generelt da de har dårlige svømmeegenskaper en laksefisk og ofte finnes i sakteflytende områder. Ved en redusert vannføring vil det kunne oppstå flere habitater med lav vannhastighet eller at habitatet de allerede er i blir større og dermed gi bedre forhold for vekst og overlevelse. Vi har ikke informasjon om forholdet mellom vannføring og vanndekt areal for Numedalslågen, men ut fra generell kunnskap om elvas topografi (mange dype områder) er det bare i enkelte områder (grunne) hvor arealet av elva vil endre seg vesentlig ved endret vannføring. Simuleringene viser at det bare er i enkelte år at dagens reglement gir lavere vannføring enn det gamle fløtningsreglementet. Ut i fra simuleringene av vannføring og temperatur vil derfor dagens reglement ikke bidra i vesentlig grad til at avkom av sandkryper og gullbust får en konkurransefordel.

### **3.5 Vurdering av om dagens reglement er gunstig for produksjon av laks**

Ungfisktettheten av laks ser ikke ut til å ha forandret seg på de fire stasjonene som har blitt elfisket i årene 1984, 1985, 1986, 2003, 2006 og 2009. Ungfiskundersøkelsene viste også at de høyeste tetthetene av laksunger forekom i de øvre deler av vassdraget. Fordelingen av ungfisk kan imidlertid ha sammenheng med at det er vanskelig å finne egnede stasjoner for innsamling av ungfisk i nedre deler av elva (Larsen 1989, 2004, Larsen mfl. 2007), fordi Numedalslågen her har mange dype områder som er utilgjengelige for elfiske med tradisjonelt utstyr, og det er derfor knyttet usikkerhet til estimatet av ungfisktetthet i Numedalslågen. Det er sannsynlig at mye av produksjonen av laks i Numedalslågen foregår utenom de få strykområder som har blitt elfisket (Larsen mfl. 2010). Ut fra undersøkelsene er det ikke tegn til endringer i ungfisktetthet på grunn av endret manøvreringsreglement.

Sandkryper og gullbust har blitt vurdert som potensielle konkurrerende arter til laks og ørret i Numedalslågen, men disse artene finnes i langt færre antall og ofte i annen type habitat enn hva laksefisk foretrekker. Voksen gullbust foretrekker delvis samme habitat og strømforhold som laksefisk, men den er en stimfisk som er sosial og ikke-territoriell, i motsetning til laksefisk. Sandkryper har delvis forskjellig habitatpreferanse fra laksefisk, noe som minsker den potensielle konkurransen dem imellom. Simuleringene av vannføring med det gamle fløtningsreglementet og dagens reglement viser at det bare er i enkelte år at dagens reglement gir lavere sommervannføring enn det gamle fløtningsreglementet. Simuleringen viser ingen forskjell i temperatur mellom de to reglementene. Ut i fra simuleringene av vannføring og temperatur vil derfor dagens reglement ikke bidra i vesentlig grad til at sandkryper og gullbust får en konkurransefordel.

Sammenligningene av innsig av laks til Numedalslågen med innsig eller smoltoverlevelse i andre vassdrag og regioner var ikke konklusive i forhold til mulige effekter av endret reglement. I noen sammenligninger er det en avvikende dårlig utvikling i innsig av laks til Numedalslågen i de senere år, men dette resultatet er ikke tydelig nok til å konkludere at det nye reglementet har hatt negativ effekt på lakseproduksjon og innsig. Det var ingen analyser som antydte en bedring i innsiget i Numedalslågen sammenlignet med andre vassdrag eller regioner.

På bakgrunn av de gjennomførte undersøkelsene rettet mot ungfisk, smolt og konkurrerende fiskearter i Numedalslågen er det ingen indikasjoner på at det nye manøvreringsreglementet har endret produksjonsforholdene for laks i vassdraget. Det er derfor vanskelig å bedømme om den negative trenden som er observert av innsig av laks i noen av sammenligningene eventuelt skyldes forhold i ferskvannsfasen som ikke er fanget opp av våre undersøkelser eller for-



hold knyttet til tidlig marin fase. I **kapittel 5** bruker vi generell kunnskap om reguleringseffekter i en videre vurdering av disse forholdene.

## 4 Smoltutvandring

Smoltproduksjon i en elv kan beregnes ved elektrofiske og/eller merking-gjenfangst. Vanndybden i store deler av Numedalslågen er imidlertid for stor for elektrofiske og fangstene i smolt-skruene ble for små til at merking-gjenfangst kunne benyttes som metode for å beregne antall smolt i bestanden. Ved å lage en modell for hvordan smoltens utvandring varierer med temperatur og vannføring, har vi imidlertid kunnet gi en vurdering av sannsynlig effekt av endringene i reglementet for utvandringens forløp.

### 4.1 Metode for gjennomføring av smoltundersøkelser i 2003-2005

Undersøkelser av smoltens utvandring i Numedalslågen foregikk i årene 2003, 2004 og 2005. Smolt ble fanget med to smoltskruer (feller). I de tre årene undersøkelsene ble foretatt, sto fellene utplassert rett ovenfor Holmfoss (**figur 1**), der vannhastigheten er tilstrekkelig for fangst av smolt i smoltskruene.

Fellene ble satt ut etter at isen var smeltet og at drivende is ikke lenger var en trussel for fangstredskap eller arbeidet i elva. Smoltfangsten startet 10.-21. april og ble avsluttet 4.-13. juni de ulike årene (**tabell 16**). Vannføringsdata ble hentet fra NVE sine målinger ved Holmfoss og vanntemperaturdata fra Vierødfoss.

**Tabell 16.** Start- og sluttdato for utsetting og opptak av to smoltskruer og antall smolt fanget i smoltskruene på Holmfoss i perioden 2003 til 2005.

År	Start	Slutt	Antall smolt	
			Laks	Ørret
2003	10. april	13. juni	160	24
2004	21. april	8. juni	157	23
2005	13. april	4. juni	126	30

Flom kombinert med mye driv førte til at felledriften måtte innstille i flere døgn i både 2003 og 2004. Tettere oppfølging og røkting av smoltskruene i 2004 gjorde det mulig å drive fellene på større vannføring enn i 2003. En stor flom i 2004 gjorde likevel fangsten umulig i en periode. I 2005 var vårfloppen mindre under smoltutgangen enn de to forgående årene, og smoltskruene var operative i hele perioden. Totalt ble det fanget 443 laksesmolt og 77 ørretsmolt i disse tre årene.

### 4.2 Smoltstørrelse og alder

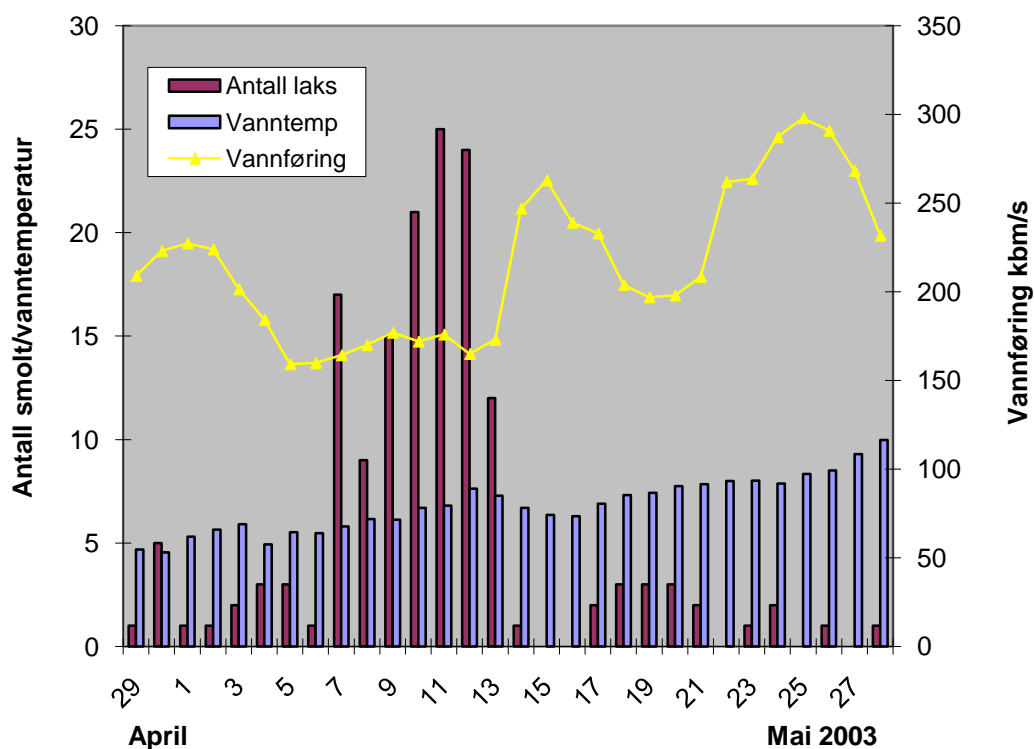
Laksesmolten var dominert av tre år gammel fisk, mens ørretsmolten besto av to og treåringer (**tabell 17**). Laksesmolten hadde en gjennomsnittslengde mellom 128 og 131 mm i de tre undersøkelsesårene. Molten er således stor i Numedalslågen (Forseth mfl. 2003). Den minste laksesmolten som ble fanget var 107 mm. Av innsamlet laksesmolt var 42 %, 44 % og 42 % hanner i henholdsvis 2003, 2004 og 2005.

**Tabell 17.** Alder lengde og vekt hos lakse- og ørretsmolt fanget ved Holmfoss i Numedalslågen i 2003-2005.

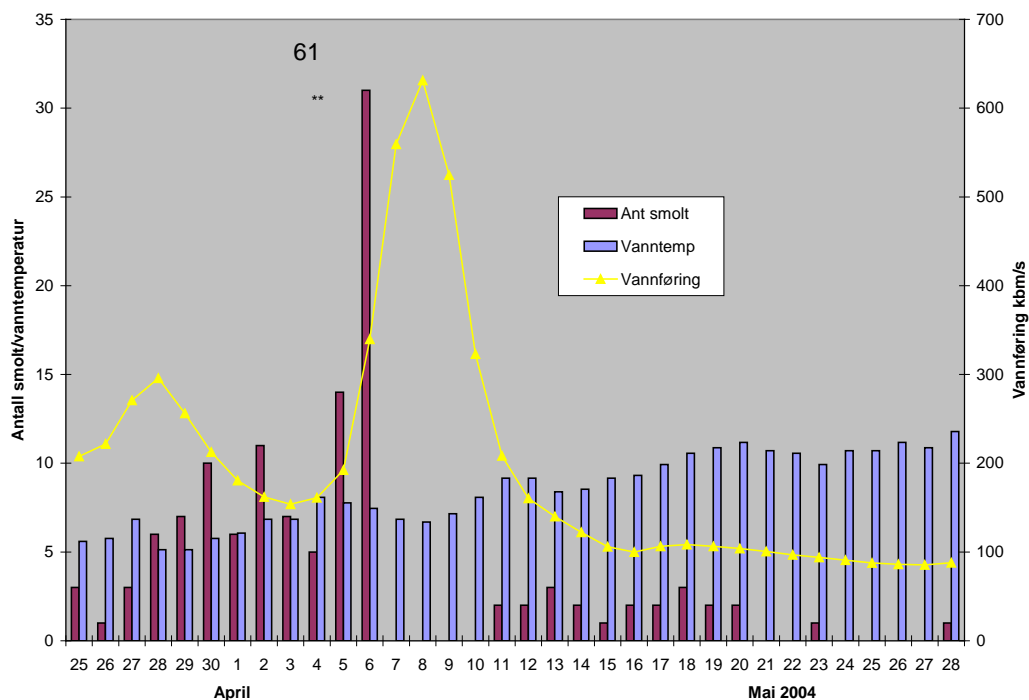
År	Antall	Alder	Lengde (mm)	Vekt (g)
<u>Laks</u>				
2003	115	3,0±0,2	131,0±1,9	18,1±1,0
2004	127	2,9±0,2	131,0±1,7	18,4±0,8
2005	125	2,9±0,1	128,4±1,6	15,9±0,6
<u>Ørret</u>				
2003	19	2,4±0,2	135,9±6,9	22,3±13,2
2004	21	2,5±0,3	136,3±11,8	25,6±7,8
2005	30	2,5±0,2	140,9±4,6	25,2±2,4

### 4.3 Utvandringsmønster

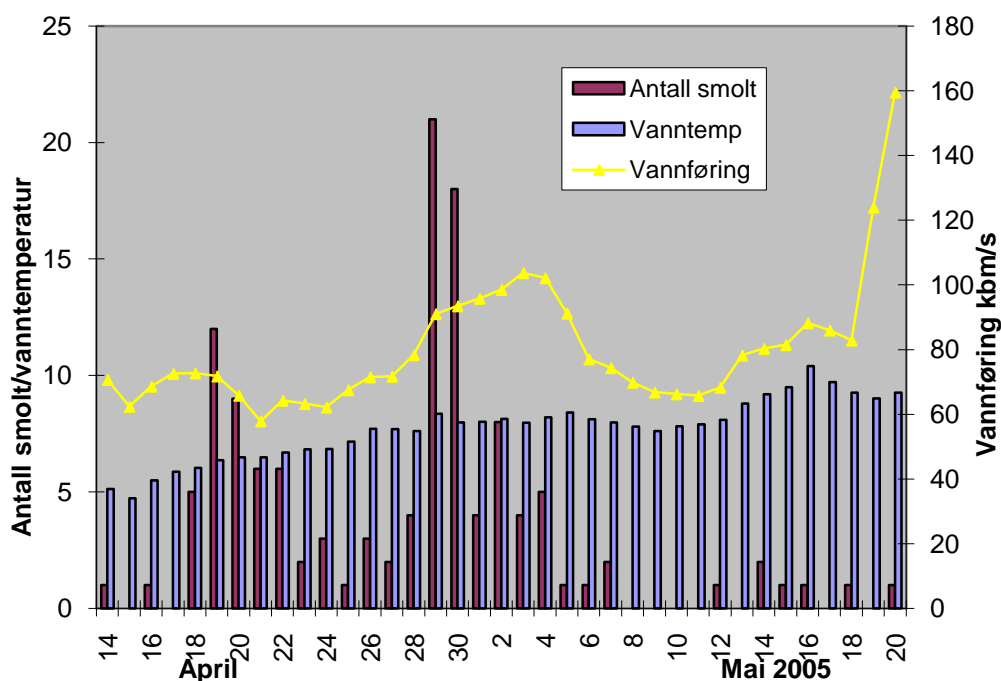
Den viktigste utvandringsperioden synes å være april og mai måned (**figur 31, 32 og 33**). På grunn av isforholdene ble ikke fellene satt ut før 21. april i 2004, mens fellene sto ute fra henholdsvis 10. og 13. april i 2003 og 2005.



**Figur 31.** Vannføring, vanntemperatur og smolt på utvandring (antall smolt fanget på de ulike dagene) fanget ved hjelp av smoltskruer i Numedalslågen i 2003. Vannføringen ble så stor midt i mai (15.-16. og 25. mai) at fellene ikke var operative.



**Figur 32.** Vannføring, vanntemperatur og fangst av smolt (antall smolt fanget på de ulike dagene) i smoltskruer i Numedalslågen i 2004. Vannføringen ble så stor 7.-10. mai at fellene ikke var operative. (Antall smolt den 6. mai er redusert fra 61 til 31 i figuren for å bedre lesbarheten).



**Figur 33.** Vannføring, vanntemperatur og fangst av smolt (antall smolt fanget på de ulike dagene) i smoltskruer i Numedalslågen i 2005.

I alle de tre årene var vanntemperaturen rundt 5 °C da smoltutvandringen startet (**tabell 18**), forutsatt at vi har fått med oss starten på utvandringen i alle år. Både i 2003 og 2004 var imidlertid vanntemperaturen like høy 10-12 dager før den første smolten ble registrert i fella. Vanntemperaturen synes å være mellom 6 og 8 °C når flest smolt går ut i Numedalslågen (**tabell 18**).

**Tabell 18.** Vanntemperatur i °C ved fangst av første smolt, ved fangst av 25 %, 50 %, 75 % av totalfangst og ved siste fanget smolt i fella ved Holmfoss.

År	1. smolt	25 %	50 %	75 %	Siste smolt
2003	4,7	6,3	7,4	7,6	10,0
2004	5,6	5,9	7,8	7,8	12,1
2005	5,1	6,5	8,4	8,0	9,3

Halvparten av smolten som ble fanget hadde gått ut den 10. mai, 6. mai og 29. april i henholdsvis 2003, 2004 og 2005. Under flomperiodene i 2003 og 2004 gikk det med rimelig sikkerhet ut smolt slik at tidspunktet for 50 % utvandring trolig var noen dager senere enn fangstene viser. Hele utvandringsperioden varte i henholdsvis 30, 34 og 37 dager i 2003, 2004 og 2005. Det var en stor utvandringstopp både i 2003 og 2004, mens det var to topper i 2005. Utvandringstoppene hadde en varighet på ca. én uke.

Smoltutvandringen synes å være avhengig av vannføringen, slik at flere smolt går på høy enn på lav vannføring (se modell i neste avsnitt). Starten av utvandringen synes å være regulert av vanntemperaturen slik at høyere temperatur i 2005 ga tidligere smoltutgang.

## 4.4 Modell for utvandring

Smoltutvandringen ble modellert med generaliserte lineære modeller (Poisson log-linære modeller; McCullagh & Nelder 1989). Den avhengige variabelen var antall smolt som vandret ut på de ulike dagene. Selve testene ble utført i IBM SPSS Statistics (versjon 19). I modelleringen ble det antatt at antall smolt som ble fanget i løpet av sesongen representerte hele utvandringen, og antall smolt igjen delt på antall dager som er igjen ble brukt som en "offset" i modellen. Dette vil si at antallet som kan vandre ut i følge modellen er avhengig av antallet 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. Valget mellom ulike modeller ble gjort ved Akaikes informasjonskriterium (AIC) (Akaike 1974). Siden bruk av AIC kan føre til at man får "overtilpassede" modeller (Venables & Ripley 2002), valgte vi å fjerne termer som ikke bidro signifikant til modellen. Dette ble gjort stegvis ved å fjerne den mist signifikante termen i hvert steg inntil alle termene i modellen bidro signifikant (ved  $\alpha = 0,05$ ).

### Modell tilpasset hele datasettet

En modell som er tilpasset hele datamaterialet (**tabell 19**) forklarte 69 % av variasjonen i antall smolt som ble fanget i smolthjulet. Vi endte opp med følgende generaliserte lineære modell:

$$\ln(\text{Forventet antall utvandrende smolt}) = \ln(\text{Antall gjenværende smolt} / \text{Antall gjenværende dager}) + \beta_1 * (\text{Vannføring}) + \beta_2 * \ln(\text{Vannføring}) + \beta_3 * (\text{Endring i vannføring}) + \beta_4 * (\text{Vanntemperatur}) + \beta_5 * \ln(\text{Vanntemperatur}) + \beta_6 * \text{Endring i vanntemperatur} + \beta_7 * \ln(\text{Antall smolt igjen}) + \text{konstant}.$$

Modellen beskriver at sannsynligheten for smoltutvandring øker med høy og økende vannføring og med høy, men avtagende vanntemperatur (**tabell 19**).

**Tabell 19.** Parameterestimer for modell for smoltutvandring i Numedalslågen i perioden 2003 – 2005.

Faktor	Parameterestimat	SE	Wald $X^2$	P
Konstant	-34,9	2,6	178,1	< 0,001
Vannføring	-0,019	0,003	29,4	< 0,001
ln(Vannføring)	3,56	0,46	60,3	< 0,001
Endring i vannføring	0,012	0,003	21,0	< 0,001
Vanntemperatur	-1,72	0,36	23,2	< 0,001
ln(Vanntemperatur)	15,9	2,3	46,1	< 0,001
Endring i vanntemperatur	-0,59	0,13	19,4	< 0,001
ln(Antall smolt igjen)	0,52	0,08	44,8	< 0,001

## 4.5 Metodiske begrensninger

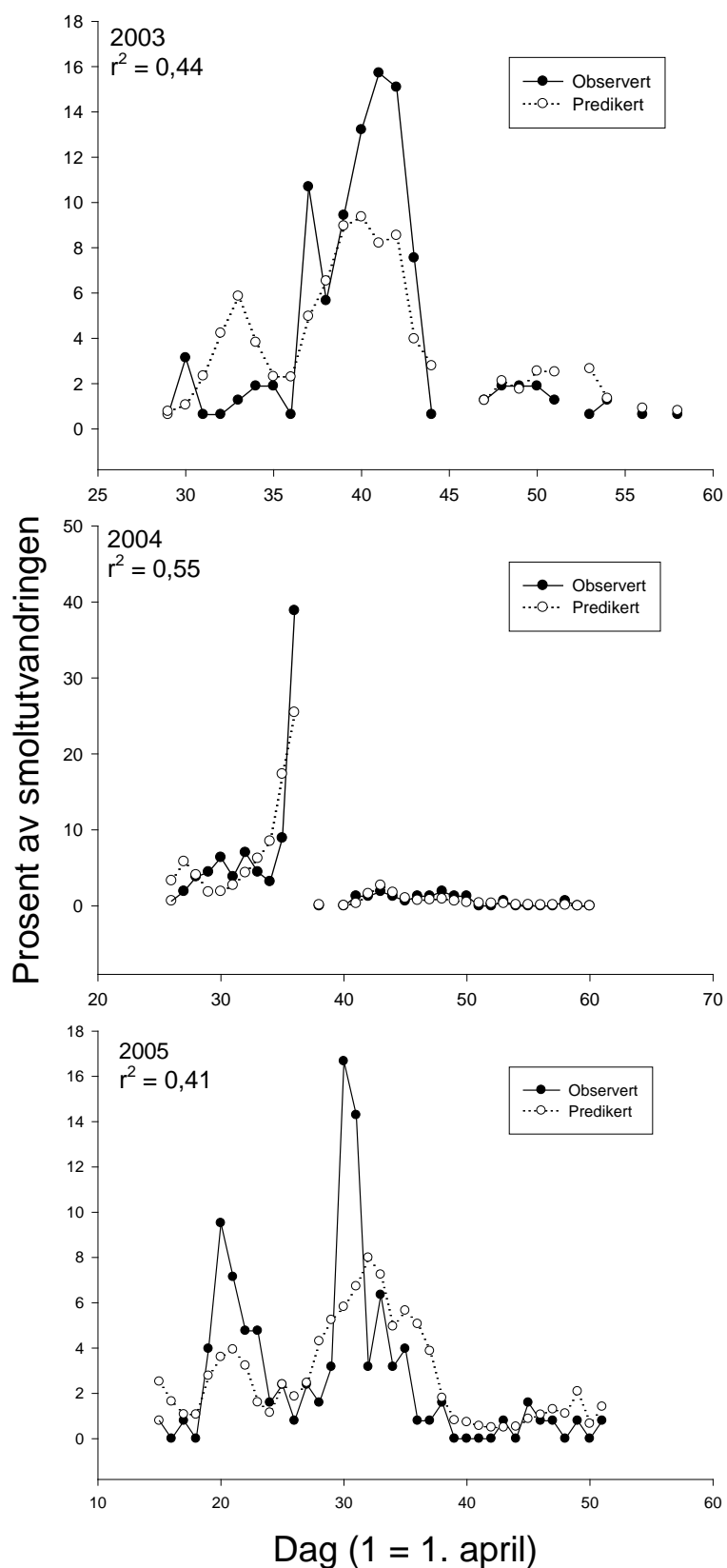
### Hvor godt kan vi forutsi smoltutvandringen med modellen?

Dette spørsmålet blir ikke tilfredsstillende besvart bare ved å se på forklaringsgraden til modellen, siden denne bare sier noe om hvor godt modellen er i stand til å tilpasse de aktuelle dataene. Det er mange parametre i modellen og det er derfor forventet at modellen gir god modelltilpasning og det trenger ikke bety at alle parameterne har biologisk relevans. Modellens forklaringsgrad blir derfor et for optimistisk anslag av hvor god modellen vil være til å predikere smoltutvandringen i andre år enn modellen er tilpasset for. Et bedre bilde på dette får vi ved å tilpasse nye modeller på en del av datamaterialet, og se hvor godt disse er i stand til å forklare variasjonen i resten av materialet. Dette har vi gjort ved å ta ut ett og ett år fra datamaterialet, gjøre en ny modelltilpasning, og så bruke den nye modellen til å forutsi utvandringen i året som er tatt ut. For hvert år startet vi modelleringen fra første dag fellene var i drift for å få prediksjoner som var sammenlignbare med observasjonene. Dager hvor fellene var ute av drift ble også tatt ut, av samme årsak.

Modeller tilpasset til andre år forklarte mellom 44 og 56 % av variasjonen i smoltutvandring i året som var tatt ut (**tabell 20**). Dette tyder på at modellen trolig vil være relativt godt i stand til å beskrive smoltutvandringen i et nytt år på bakgrunn av kjennskap til vannføring og vanntemperatur i det aktuelle året. Videre var modellene også godt i stand til å forutsi dato for 50 % smoltutvandring i det året som ble tatt ut når modellene ble tilpasset (**tabell 20**).

**Tabell 20.** Observert og predikert dag (dag nummer etter 1. april) for når 25, 50 og 75 % av smolten har vandret ut. Predikerte verdier er fra modell som er tilpasset data fra de andre årene.

År	25 %		50 %		75 %	
	Observert	Predikert	Observert	Predikert	Observert	Predikert
2003	38	37	40	40	42	44
2004	32	32	36	35	36	36
2005	22	25	30	31	31	35



**Figur 34.** Forventet smoltutvandring beskrevet av modeller tilpasset fra de andre årene plottet sammen med observert smoltutvandring i året som ikke ble brukt til å lage modellen.

### Smoltfangster vs utvandring

En mer fundamental utfordring enn modellbeskrivelsen er om fordelingen av de relativt lave fangstene (443 laksesmolt i løpet av tre år) faktisk representerer utvandringen på en god måte. En antakelse for beregningene som er gjort er at smoltskruen fanger et representativt utvalg av den utvandrende smolten. Hvis fangsteffektiviteten derimot varierer med temperatur, vannføring og/eller tid, vil det påvirke estimatene i modellen. Noen undersøkelser finner at fangsteffektiviteten til smoltskurer påvirkes av miljøparametre som vannføring og vannstand (Cheng & Gallinat 2004) og sikt (Eskelin 2004). Hvis økt vannføring har gitt økte fangster, så kan dette ha gitt en overestimert av hvor stor effekt vannføring har. Det motsatte kan imidlertid også være tilfelle. Effektiviteten til smoltfella er trolig avhengig av hvor i elva den plasseres i forhold til hovedvannstrømmen og hovedstrømmen kan endre posisjon med endring i vannføring. I den grad det var praktisk mulig ble dette korrigert ved å endre posisjonen til fellene i Numedalslågen (som var montert på løpestreng) etter hovedstrømmen. Variasjon i smoltens utvandringsskoleadferd kan også påvirke resultatene. Flere studier finner at andelen smolt som vandrer om dagen er større i slutten av smoltutvandningsperioden (Thorstad mfl. 2011). Fella er mer synlig for smolten om dagen og fisken kan i større grad svømme utenom fella. Noe av den negative effekten av økt temperatur på smoltutvandring kan derfor skyldes mer dagvandring og lavere fangsteffektivitet med økende utvandningsdato.

Selv om det er noe usikkerhet knyttet til fangsteffektiviteten i smoltskruene, så støttes modellen av undersøkelser fra andre vassdrag som også finner at smoltutvandringen stimuleres av vannføring og/eller temperatur (oppsummert i Klemetsen mfl. 2003 og Thorstad mfl. 2011). I Halselva, hvor det er en permanent felle som dekker hele elvetverrsnittet, er daglig variasjon i utvandring av laksesmolt som i Numedalslågen avhengig av vannføring og endring i vannføring (Jensen mfl. under publisering).

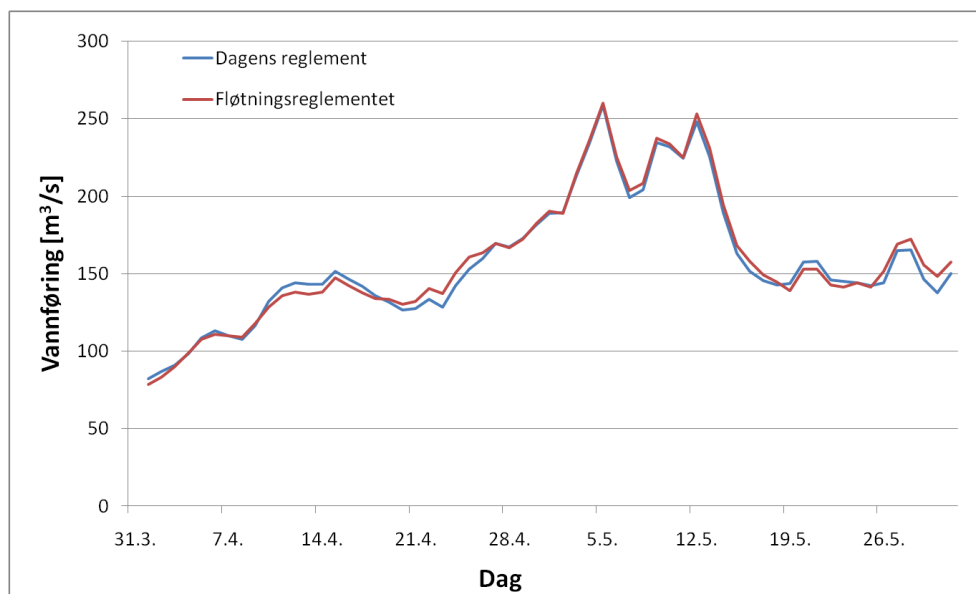
## **4.6 Smoltutvandring i Numedalslågen med dagens reglement og fløtningsreglementet**

### **4.6.1 Simulerte dataserier for vannføring og vanntemperatur**

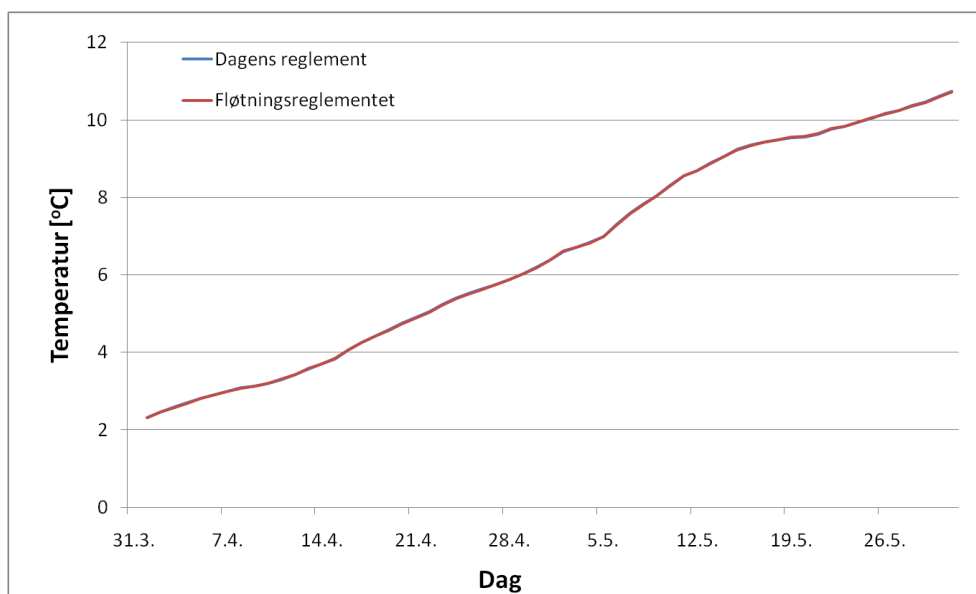
Sweco Norge og Statkraft har i samarbeid med Geir Warland fra SINTEF Energi utført simuleringer av daglige vannføringer og vanntemperaturer på lakseførende strekning i Numedalslågen med dagens reglement og det tidligere fløtningsreglementet for årene 2001-2009 (se **vedlegg 1**).

Både vannføring og temperatur er relativt like mellom de to reglementene (se figurer i **vedlegg 1**). I smoltutvandningsperioden (april og mai) er differansen minimal både for vannføring (**figur 35**) og temperatur (**figur 36**).





**Figur 35.** Simulerte døgnbaserte vannføringer ved Hvittingfoss gitt som gjennomsnittlige verdier for årene 2001-2009.



**Figur 36.** Simulerte døgnbaserte vanntemperaturer ved Bommestad gitt som gjennomsnittlige verdier for årene 2001-2009.

#### 4.6.2 Modellering av smoltutvandring ved dagens reglement og fløtningsreglementet

Modellen for smoltutvandring, basert på smoltfelledata fra 2003, 2004 og 2005, viser at antall smolt som vandrer ut det enkelte døgn er avhengig av vannføring og vanntemperatur og endringer i disse parametrene fra døgnet før (**kapittel 4.4**). Med utgangspunkt i denne modellen og simulerte dataserier for vannføring og vanntemperatur i perioden 2001-2009, kan vi da beregne hvor mye det nye reglementet har påvirket tidspunktet for utvandring. I beregningene har vi antatt at smoltutvandringen foregår i perioden 10. april til 28. mai i alle år.

Siden simulert vannføring og vanntemperatur i stor grad er lik for de to reglementene (**kapittel 4.6.1**), blir beregnet utvandringstidspunkt også svært likt for de to reglementene (**tabell 21**).

**Tabell 21.** Predikert dag for når 25, 50 og 75 % av smolten har vandret forbi Holmfoss under dagens reglement, samt antall dagers avvik ved regulering etter fløtningsreglementet sammenlignet med dagens reglement. Midlere vannføring i perioden mellom 25 og 75 % av utvandringen for de to reglementene er også oppgitt.

År	<u>Dagens reglement</u>			<u>Fløtningsreglementet</u>				
	Vannføring (m <sup>3</sup> /s) 25 % - 75 %	Dato for utvandring			Vannføring (m <sup>3</sup> /s) 25 % - 75 %	Antall dagers avvik		
		25 %	50 %	75 %		25 %	50 %	75 %
2001	282	9.5.	11.5.	14.5.	280	0	0	0
2002	160	30.4.	3.5.	7.5.	160	0	0	0
2003	199	27.4.	3.5.	9.5.	212	-1	0	0
2004	238	25.4.	30.4.	4.5.	242	0	0	0
2005	99	5.5.	7.5.	15.5.	116	0	0	-2
2006	311	8.5.	9.5.	12.5.	310	0	0	0
2007	153	19.4.	26.4.	30.4.	147	+1	+1	+1
2008	390	3.5.	8.5.	10.5.	399	0	0	0
2009	219	27.4.	1.5.	4.5.	218	0	0	0

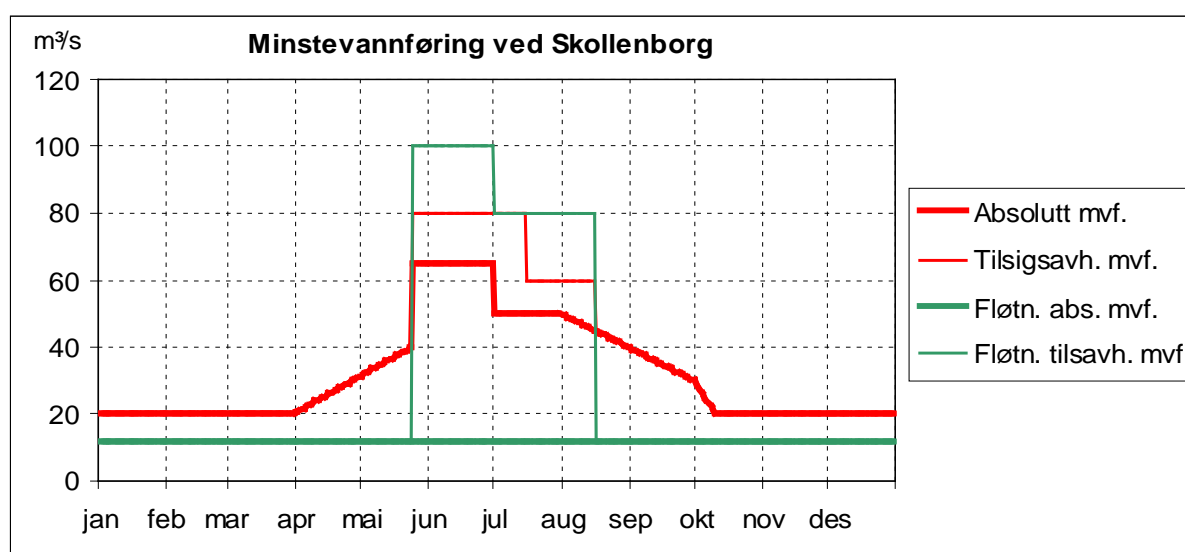
## 4.7 Vurdering av om dagens reglement er gunstig for utvandring av smolt?

Resultatet av simuleringene viser at vannføring og vanntemperatur gitt ved dagens reglement avviker svært lite fra det en ville forvente ved regulering etter det tidligere fløtningsreglementet. Vannføring, og dermed også temperatur, på lakseførende strekning er i vårmånedene hovedsakelig gitt av naturlig tilsig og snøsmelting i restfeltet. Det er derfor lite sannsynlig at overgangen til dagens reglement har hatt betydning for smoltens utvandring.

Finnes det et annet reglement som vil være mer gunstig for smolten? Reguleringen av Nume-dalslågen gjør at flommene om våren er mindre enn den ville vært uten regulering (Asvall 1993). Synkron utvandring i elva og ut i fjorden kan redusere sannsynligheten for å bli tatt av predatorer (Hvidsten & Johnsen 1993). Høy vannføring under smoltutvandringen har også vist å ha en positiv effekt på antall fisk som vender tilbake (Hvidsten & Hansen 1988, Forseth mfl. 2003, Jensen mfl. 2011). Et reglement som gjør at flere smolt vandrer under større og mer definerte flomtopper vil derfor kunne virke positivt. Se for øvrig diskusjonen i **kapittel 5**.

## 5 Samlet vurdering av reguleringseffekter og reglement

Det er gjennomført en rekke studier i Numedalslågen i perioden 2003-2011 for å kunne svare på den overordnede utfordringen: "Å gjennomføre undersøkelser innenfor de vannføringer som er fastsatt i manøvreringsreglementet over laksens oppvandring til - og utvandring fra – vassdraget samt laksens overlevelse, som grunnlag for eventuelle endringer av reglementet etter 10 år". Resultatene fra disse undersøkelsene er gjengitt ovenfor. Det har imidlertid vært betydelige metodiske utfordringer med å skaffe gode data til en slik vurdering i ei så stor elv som Numedalslågen, og særlig for temaet "laksens overlevelse". I dette kapitlet kombinerer vi derfor beskrivelser av hvordan reguleringen har påvirket miljøforholdene i vassdraget med generell kunnskap om hvordan slike endringer påvirker laksebestander. Kombinert med de gjennomførte undersøkelsene og analysene som er gjengitt tidligere i rapporten, danner denne gjennomgangen grunnlag for en samlet vurdering av om dagens reglement er gunstig for laks, og forskjellen (**figur 37**) mellom dagens reglement (fra 2001) og fløtningsreglementet (fram til 2001).



**Figur 37.** Minstevannføringsbestemmelser for Numedalslågen under dagens (2001-dd) og fløtningsreglementet (fram til 2001). Fra Jan-Petter Magnell, Sweco Norge AS. Figuren er også presentert som **figur 3** i **kapittel 1.2**.

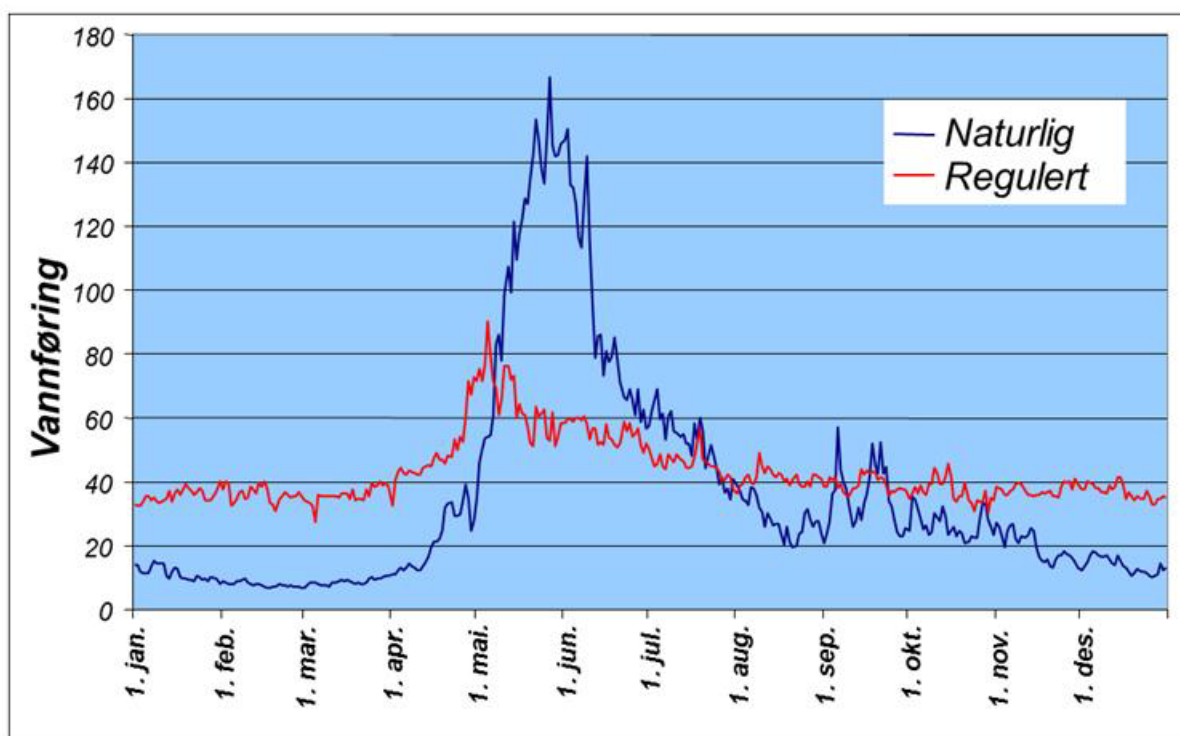
Gjennomgangen bygger på kunnskap om reguleringseffekter på laks i Norge og internasjonalt slik den blant annet er oppsummert i en nylig publisert rapport på norsk (Johnsen mfl. 2010) og i et bokkapittel (Johnsen mfl. 2011) i den internasjonale boka *Atlantic Salmon Ecology* (Aas mfl. 2011). I tillegg benyttes kunnskap framskaffet gjennom forskningsprosjektet EnviDORR ([www.cedren.no](http://www.cedren.no)) som avsluttes i år. Mye av den grunnleggende kunnskapen fra dette prosjektet er samlet i to doktorgradsavhandlinger (Teichert 2011; Skoglund 2011) som inkluderer internasjonale publikasjoner og manuskripter. Vi bruker også resultater fra et arbeid i prosjektet, som er under slutføring, hvor det utvikles kriteriesett for miljødesign av regulerte vassdrag. I kriteriesettet beskrives både tiltak knyttet til vannføring og vanntemperatur, samt fysiske tiltak i vassdragene som kan bedre forholdene for laks (oppvandring, gyting, oppvekst og utvandring).

Numedalsvassdraget er sterkt regulert, selv om den lakseførende delen av vassdraget har et stort uregulert felt som gir betydelig naturlig variasjon i miljøforhold. Vassdraget er regulert med flere relativt store magasiner og nedstrøms effekt på vannføring følger et typisk mønster for denne type reguleringer (se **figur 38** for en illustrasjon). Vårflommen dempes ved at vannet magasineres, vannføringen er lavere enn naturlig utover forsommeren, blir mer lik naturlig for-

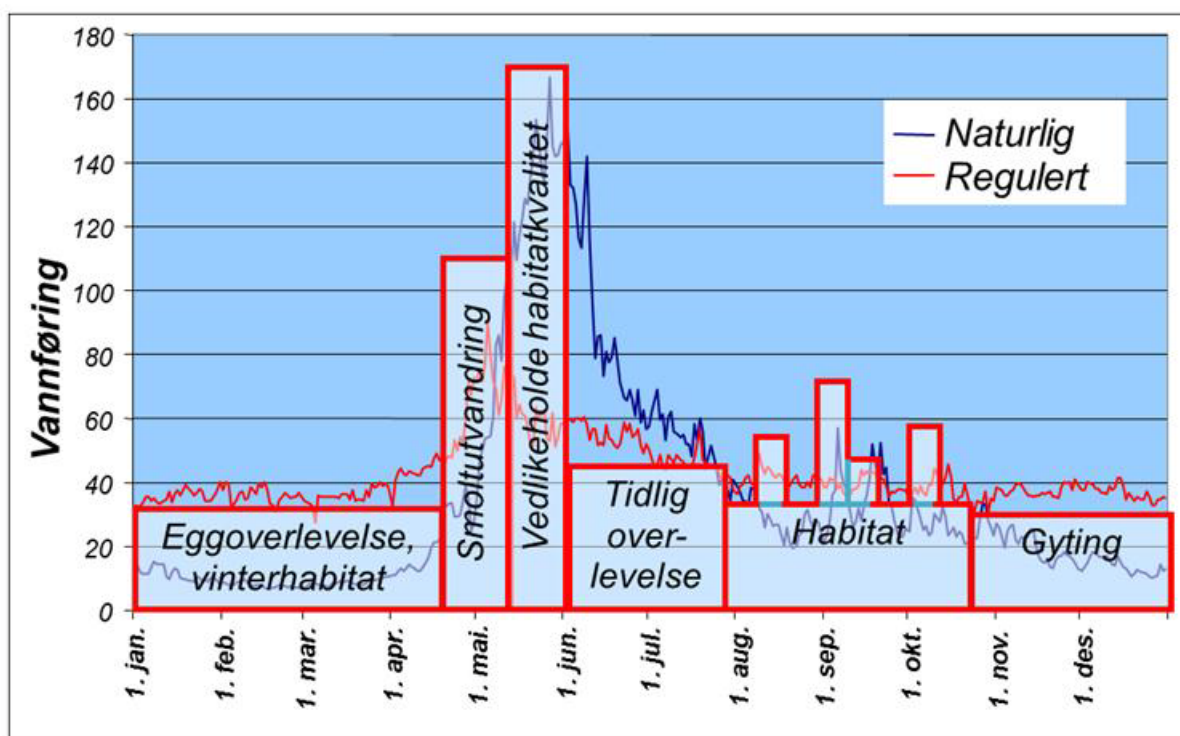
hold om sensommeren (men ofte med demping av høstflommer) og vannføringen er høyere enn i uregulert tilstand om vinteren.

En tilnærming for å vurdere hvordan man kan skape vannføringsforhold som er gunstige for laks er byggeklossmetoden (Building Block Methodology; Tharme & King 1998), hvor man kan definere gunstige vannføringsforhold ut fra laksens miljøkrav i ulike livsstadier (klossene) til ulike tider av året (se **figur 39** for en illustrasjon). Mer generelt er metoden en tilnærming for optimal bruk av vannressurser til ulike interesser (kraft, fisk, vanning osv), og har fått økende anvendelse internasjonalt (se <http://www.sintef.no/home/SINTEF-Energy-Research/>). Byggeklossmetoden brukt på laks skiller seg fra mer tradisjonelle tilnærminger basert på ulike former for nedskaleringer av naturlige forhold og skranker, ved at den tar hensyn til og prøver å tilfredsstille laksens spesifikke krav i ulike faser. Nedenfor presenterer vi en gjennomgang av de ulike "klossene" slik de er gitt i **figur 39** (starter med gyting), presenterer noen analyser av miljøforholdene og diskuterer hvordan miljøforholdene tilfredsstiller de ulike krav basert på dagens kunnskap, sammenlignet med uregulert tilstand og under de to reglementene.

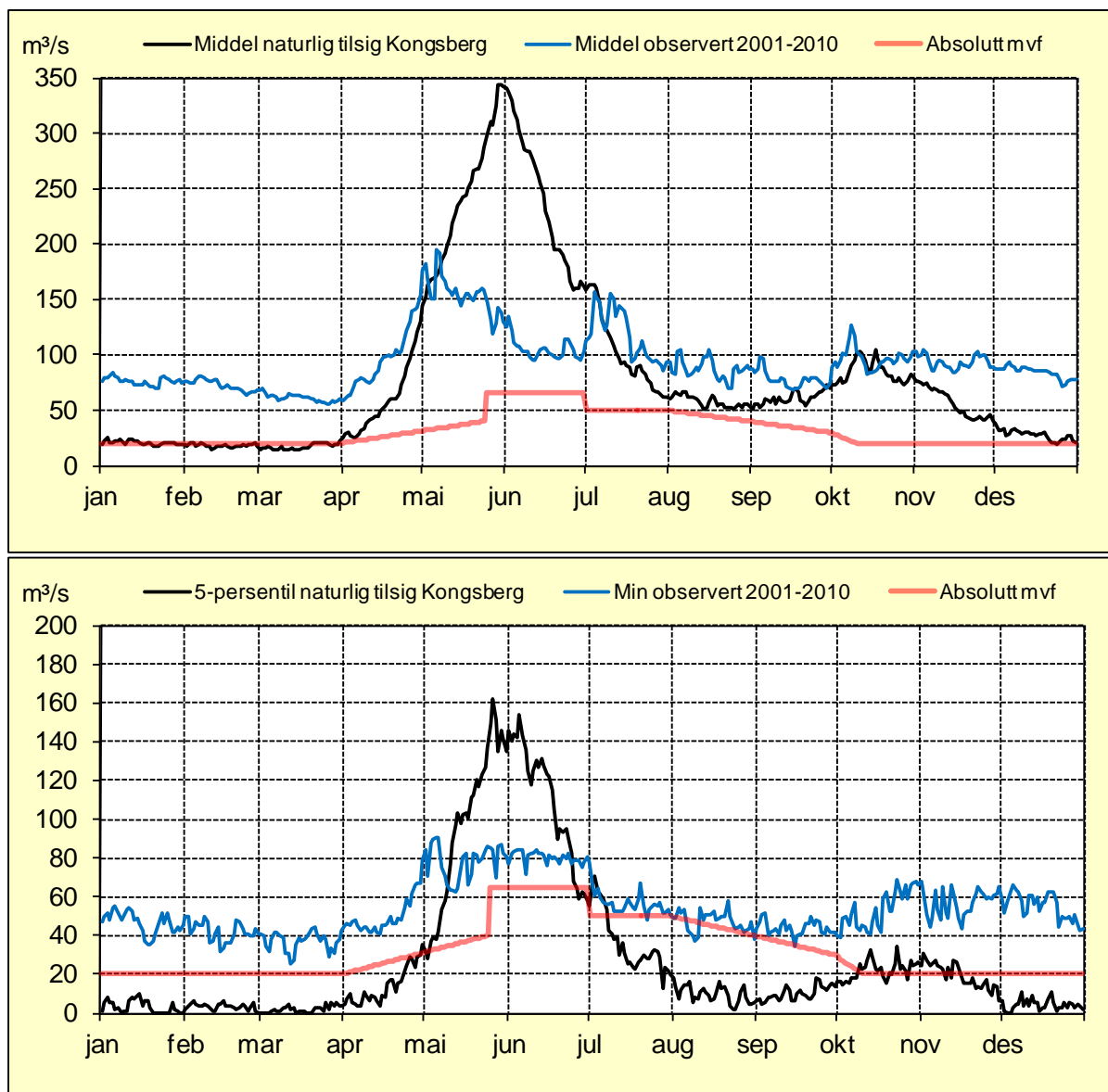
Sammenligner vi beregnet naturlig tilsig (1971-2000) med regulert vannføring i Numedalslågen ved Hvitvingfoss for perioden 2001-2010 (**figur 40**) ser vi at vannføringsendringene følger mønsteret som ble beskrevet ovenfor. Det er ikke gjennomført beregninger av naturlig tilsig for perioden 2001-2010 og vannføringene er derfor ikke direkte sammenlignbare (ikke overlappende periode), men det er usannsynlig at dette vil endre det generelle mønstret.



**Figur 38.** Typisk vannføringsmønster i ei naturlig elv og mønsteret etter ei magasinbasert regulering.



**Figur 39.** En illustrasjon av hvordan man kan bruke byggeklosser til å vurdere eller fastsette vannføringsforhold som tar hensyn til miljøkrav til laks i ulike livsfaser. Høyden og bredden på klossene (vannføringsnivå og varighet) er ment som illustrasjoner på tilnærmingen. Klossen «Vedlikeholde habitatkvalitet» illustrerer en flom for å transportere finsediment ut av vassdraget. Klossen «Habitat» kan inkludere habitatforhold for oppvekst og flommer som stimulerer oppvandring.

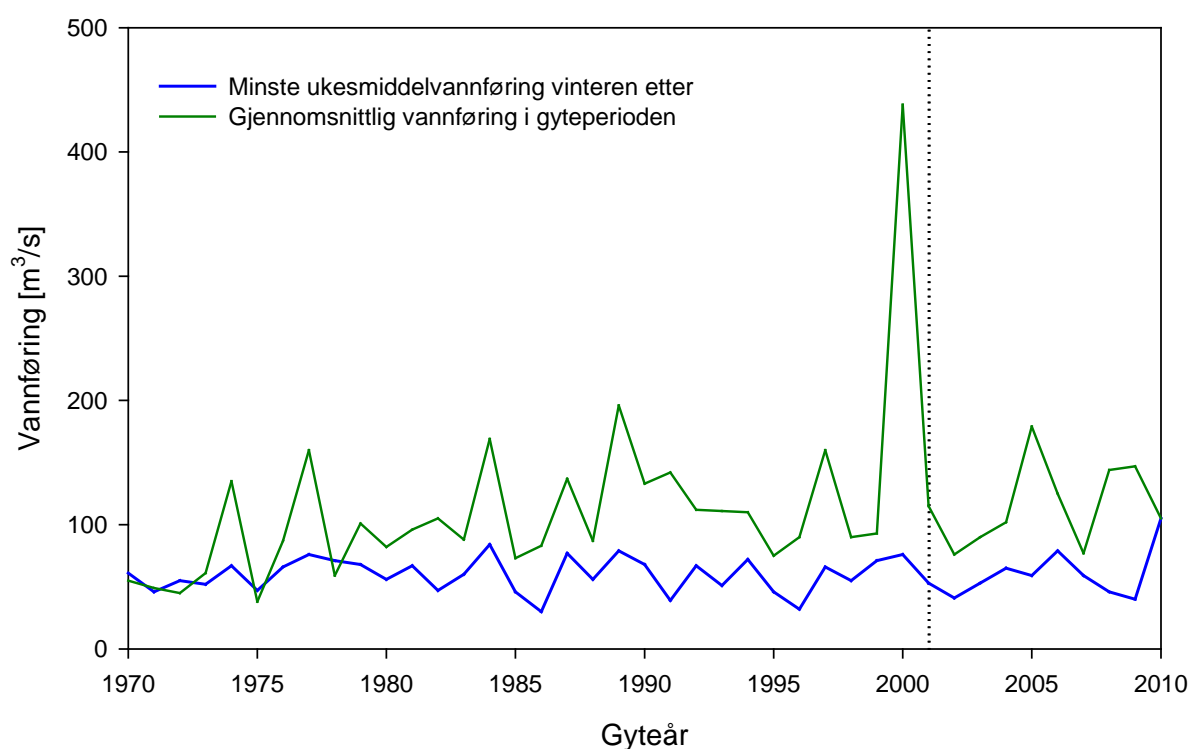


**Figur 40.** Simulert naturlig tilsig (1971-2000) i Numedalslågen sammenlignet med observert vannføring for perioden 2001-2010 uttrykt som gjennomsnittverdier (middel; øvre figur) og henholdsvis 5 % persentilen for tilsig og laveste vannføringsobservasjon for perioden 2001-10 (nedre figur). Absolutt minstevannføringskrav i dagens reglement (2001-dd) er også inntegnet. Fra Jan-Petter Magnell, Sweco Norge AS.

## 5.1 Gyting og eggoverlevelse

Vannføringen under gytingen må være tilstrekkelig høy til at gyteområdene har høye nok vannhastigheter til at fisk vil gyte (Johnsen mfl. 2011). I tillegg kan forholdet mellom vannføringen under gytingen og vannføringen den påfølgende vinteren være viktig for eggoverlevelse (Johnsen mfl. 2011). Laksen i klekkeriet i Numedalslågen strykes i perioden 10.-15. november (Heggberget 1988 og Ingar Aasestad pers. med.), og gyteperioden varer i ca. 18 dager (Heggberget 1988). Naturlig gyting i ei elv starter vanligvis litt tidligere enn tidspunktet for stryking i klekkeriene (Heggberget 1988). Vi har derfor antatt at hovedgytingen i Numedalslågen foregår mellom 1. og 15. november. Ut fra dette gyter laksen i Numedalslågen nå i de fleste år på en noe høyere vannføring enn den ville ha gjort i uregulert tilstand. Det er etter vår vurdering usannsynlig at noe høyere vannføring påvirker fiskens vilje til å gyte og gytesuksessen. En ut-

fordring i noen regulerte vassdrag er imidlertid at fisken kan gyte på områder som tørregges i løpet av etterfølgende vinter slik at eggoverlevelsen blir dårlig. En minste vannføring på  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  sikrer mot de laveste vannføringene som i uregulert tilstand trolig kunne gi tørrlegging av gytegrøper i tørre år (**figur 40**), men viktigere er det at regulert vannføring generelt er betydelig høyere gjennom vinteren enn i uregulert tilstand (fordi det produseres kraft om vinteren på magasinert vann). Vi analyserte forholdet mellom vannføring under gytinga og etterfølgende vintervannføring ved å sammenligne gjennomsnittlig vannføring i oktober med laveste ukemiddel vannføring påfølgende vinter (**figur 41**). Vi brukte laveste ukemiddel fordi det er rimelig å anta at vannføringen må være lav i en viss tid om gytegrøpene skal tørke ut eller fryse slik at eggene dør. I de aller fleste år siden 1970 har laveste ukemiddel vannføring om vinteren vært lavere enn gjennomsnittlig vannføring i gyteperioden, og dersom fisken gyter på grunt vann kan dette gi tørrlegging av gytegrøper. Bortsett fra at det var mindre forskjeller mellom de to vannføringsmålene i starten av perioden (på 1970-tallet), er det ingen trend og de periodene med de to reglementene skiller seg ikke vesentlig fra hverandre (bortsett fra at gytevannføringen var svært høy i 2000). Det gamle reglementet hadde en lavere minste vannføring i gytetida ( $12 \text{ m}^3/\text{s}$ ) enn dagens reglement (nedtrapping fra 30 til  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ), noe som kan framstå som fordelaktig (gitt at vannføringen fortsatt er høy nok til å gi gode vannhastigheter og dyp på alle gyteområdene), men det nye reglementet har en høyere minste vannføring gjennom vinteren, noe som kan være fordelaktig for eggoverlevelsen i tørre år. De to reglementene framstår derfor som like i forhold til gyting og eggoverlevelse, både i teorien og i praksis.



**Figur 41.** Gjennomsnittlig vannføring i gyteperioden (1. – 15. november) og laveste ukemiddel vannføring den påfølgende vinteren for årene 1971 til 2010. Den stiplede linjen angir overgangen fra fløtningsreglementet til det nye reglementet i 2001.

## 5.2 Vinterhabitat

Dokumentasjonen for at lav vintervannføring kan redusere vinteroverlevelse til laksunger er nå relativt god (Chadwick 1982, Gibson & Myers 1988, Cunjak mfl. 1998), og i Altaelva (Næsje mfl. 2005) og Orkla (Hvidsten mfl. 2004) er det funnet positive sammenhenger mellom høy minste ukemiddel eller døgnmiddel vintervannføring og henholdsvis ungfisketthet og smoltproduksjon. Dette innebærer at høyere vintervannføring generelt kan virke positivt på overlevelse til laksunger. Vannføringen om vinteren har økt betydelig etter regulering (**figur 40**). Selv om det ikke er slik at overlevelsen til laksunger øker med økende vintervannføring uten grenser, og at vannføringen også kan bli for høy, framstår den høye minste vannføringen om vinteren i Numedalslågen som positivt for lakseproduksjonen. Minste vannføringskravet er høyere i dagens reglement (20 m<sup>3</sup>/s) enn i fløtningsreglementet (12 m<sup>3</sup>/s), og framstår således som bedre for smoltproduksjonen. Imidlertid er ønsket om kraftproduksjon om vinteren (som gir høy vintervannføring) trolig viktigere enn reglementsbestemmelsene for vintervannføringene, og det er ingen klare forskjeller i laveste ukemiddel vannføring før og etter innføring av dagens reglement (**figur 41**).

## 5.3 Smoltutvandring

Vannføring under smoltutvandringen kan være viktig både for å sikre synkron utvandring til rett tid (Hvidsten mfl. 1995, Forseth mfl. 2003) og trolig for smoltens overlevelse både i elva og i sjøen utenfor (Hvidsten & Hansen 1988, Forseth mfl. 2003, Jensen mfl. 2011). Undersøkelsene av smoltutvandring i Numedalslågen har bekreftet at vannføring og øking i vannføring er viktige stimuli for utvandring. Vi vet ikke når smolten vandret ut før regulering av vassdraget. Dersom vi antar at smolten før regulering vandret ut under vårflommen (slik den gjør i noen vassdrag), er regulert vannføring om våren under smoltutvandringen betydelig lavere i Numedalslågen enn den ville ha vært i uregulert tilstand (**figur 40**), med unntak av de tørreste åra når minste vannføringene sikrer en høyere vårvannføring. Utvandring under vårflommen kan ha blitt selektert i bestanden på grunn av bedre overlevelse når smolten vandrer på høy enn lav vannføring (Hvidsten & Hansen 1988, Forseth mfl. 2003, Jensen mfl. 2011). Alternativt kan seleksjonen ha favorisert individer som når sjøen til riktig tid og under gunstige vanntemperaturer, slik Hvidsten mfl. (1998) viste i en studie av utvandringsmønstre i en rekke bestander i en nord-sør gradient. I så fall kan smolten før regulering (som nå) ha vandret tidligere og før flomtoppen, som respons på vannføringsøkningen tidlig i april. Under denne antagelsen er forskjellene i vannføring under smoltutvandringen før og etter regulering mindre (se **Figur 40**). Uansett er vårflommen imidlertid fortsatt markant på lakseførende strekning.

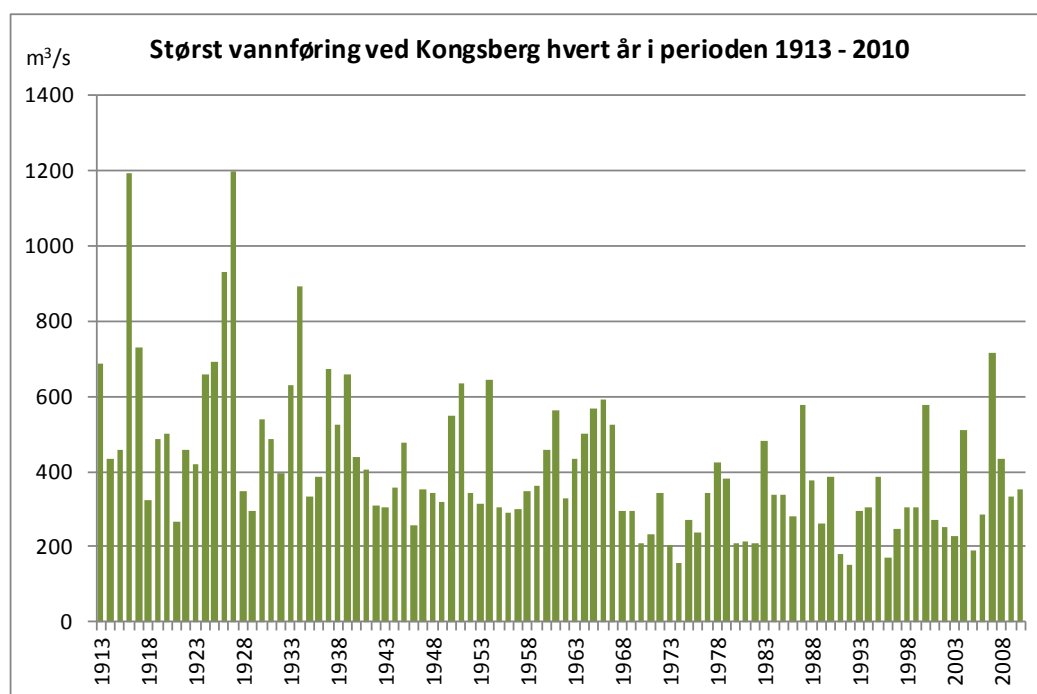
Absolutt og tilsigsavhengig minste vannføring er på sitt maksimale (henholdsvis 65 og 80 m<sup>3</sup>/s) om våren fra 25. mai til 1. juli (når absolutt minste vannføring reduseres fra 65 til 50 m<sup>3</sup>/s). Basert på resultatene fra smoltundersøkelsene (tre år) framstår de høyeste minste vannføringene å komme noe sent (25. mai) sammenlignet med når hovedutvandringen fant sted (50 % utvandring mellom 1. og 12. mai). Fløtningsreglementet hadde ingen økning i minste vannføring før 25. mai, men hadde fra denne datoen en høyere tilsigsavhengig minste vannføring enn dagens reglement. Dagens minste vannføringskrav om våren ser således bare delvis ut til å samsvare med smoltens krav. Isolert sett burde økningen i minste vannføring kommet i starten av mai. Observerte vannføringer etter 2001 (**figur 40**) og simulert vannføring i smoltutvandningsperioden (26. mars til 20. mai) under dagens reglement for perioden 1931 til 2003 (**vedlegg 2**) viser imidlertid at selv de laveste ukemiddel vannføringene aldri har vært så lave som dagens minste vannføringskrav, og gjennomsnittsvannføringene (over alle år) ligger høyt over kravet. Liknende simuleringer basert på fløtningsreglementet (**vedlegg 2**), viser at middel vannføringene ville ha vært noe lavere i starten av utvandningsperioden men relativt lik under vandringstoppen. Bare i de tørreste årene (mindre enn 5 % av årene) ville vannføringen om våren kommet under dagens minste vannføring. Dette betyr at minste vannføringskravet om våren i dagens reglement er bedre enn i fløtningsreglementet men har, basert på vurderinger av historiske vannføringsdata, i liten grad noen praktisk betydning for vannføringen under smoltutvand-



ringen. I de aller tørreste åra vil dagens reglement sikre en høyere vannføring under smoltutvandringen enn fløtningsreglementet.

## 5.4 Vedlikehold av habitatkvalitet

Demping av flommer i regulerte vassdrag kan gi akkumulasjon av finsedimenter og gjengroing (alger og moser) av både gytehabitat (stein og grov grus med god vanngjennomstrømming) og oppveksthabitat (skjul i hulrom mellom steiner). Det best dokumenterte eksemplet i Norge er fra Suldalslågen (Johansen & Lindstrøm 2004, Bogen mfl. 2004). Der flomdempingen er sterk og restfeltet utgjør en liten del av vannføringen på lakseførende strekning, kan man slippe kunstige flommer for å hindre redusert habitatkvalitet eller å bedre habitatkvalitet, slik det nå gjøres i Suldalslågen. I Numedalslågen er det et betydelig restfelt (47 %) som gir naturlig variasjon i vannføring på lakseførende strekning. Kapasiteten til flomdemping er også begrenset, og det forekommer derfor fortsatt regulært store flommer i vassdraget. Det framstår således ikke som nødvendig å sende ekstra flommer for å vedlikeholde habitatkvalitet (**figur 42**).



**Figur 42.** Største døgnmiddelvannføring ved Kongsberg hvert år for perioden 1912-2010.

## 5.5 Tidlig overlevelse

Store flommer i perioden fra yngelen har klekket til den kommer opp av grusen kan gi redusert overlevelse (Jensen & Johnsen 1999), og det har lenge vært antatt at lave temperaturer når yngelen kommer opp av grusen kan påvirke overlevelsen (f.eks. Sægrov & Hellen 2004). I hele perioden som bestemmer tidlig overlevelse (vår og forsommer) er regulert vannføring i Numedalslågen lavere enn uregulert, og demping av vårfloppen bidrar trolig til at ekstra dødelighet i denne fasen har blitt sjeldnere enn før regulering. Redusert vannføring om våren gir også raskere oppvarming og vanntemperaturforhold er således neppe et problem for yngelen i Numedalslågen. Nyere forskning viser også at det ikke er sannsynlig at vanntemperatur når yngelen kommer opp av grusen i seg selv er styrende for overlevelsen (Skoglund 2011). Både dagens

reglement og fløtningsreglementet framstår således som gunstige for yngelens tidlige overlevelse.

## 5.6 Sommerhabitat

Utover sommeren må yngelen og laksungene ha gode habitatforhold for vekst og overlevelse. Mens yngelen kan være begrenset av arealet med gunstige vannhastigheter (Nislow mfl. 2000), er laksungene trolig primært begrenset av antall skjulplasser, som bestemmes av vanndekt areal og forekomsten av skjulplasser på dette arealet. Den relative betydningen av disse to faktorene for totalproduksjonen av smolt i vassdragene vil være avhengig av tidspunktet for flaskehalser, som varierer mellom bestander (Teichert 2011). Laksebestander er sterkt tetthetsregulert i ferskvann (Einum & Nislow 2011). Dersom reguleringen primært foregår på yngelstadiet vil miljøforhold som påvirker tidlig overlevelse og vekst være viktig, mens der det (også) er tetthetsregulering i senere stadier vil habitat for eldre laksunger være viktigere. Det finnes ikke data som kan avdekke hvor de viktigste flaksehalsene ligger for lakseproduksjon i Numedalslågen, og man må derfor anta at alle stadiene kan være viktige.

I gjennomsnitt øker vanntemperaturen i Numedalslågen slik at den passerer nedre temperatur for vekst hos laks (5-7 °C; Jonsson mfl. 2001) i starten av mai (**figur 43**). Det er således sannsynlig at mye av laksungenes vekst, på grunn av generelle sesongmessige mønstre påvist i en rekke studier (se Forseth mfl 2011), foregår i mai og juni. I denne perioden er regulert vannføring betydelig redusert i forhold til uregulert tilstand i alle år. Mens vannføringen før regulering i gjennomsnitt var mellom ca. 150 og 350 m<sup>3</sup>/s har den med det nye reglementet vært mellom ca. 100 og 150 m<sup>3</sup>/s (**figur 40**). Det er dessverre ikke etablert en sammenheng mellom vanndekt areal og vannføring for den lakseførende strekningen av Numedalslågen. Vi har imidlertid estimert vanndekt areal ved tre vannføringer basert på flyfoto over Numedalslågen fra "Norge i bilder" ([www.norgeibilder.no](http://www.norgeibilder.no)). Bildene ble lastet inn i ArcMap hvor vanndekt areal ble beregnet. Det ble funnet tre bildeserier som kunne benyttes i beregningene med relativt ulike vannføringer (Vestfold og Østfold 2002, Vestfold og Østfold 2007 og Andebu og Lardal 2009), og bildene dekket strekningen fra Hvitvingfoss til Bårnes. Det totale vanndekte arealet beregnet for strekningen var henholdsvis 2 550 000 m<sup>2</sup>, 2 729 000 m<sup>2</sup> og 2 474 000 m<sup>2</sup> for de tre bildeseriene. Den estimerte økningen i vanndekt areal fra minste vannføring (94 m<sup>3</sup>/s, i 2009) til høyeste (275 m<sup>3</sup>/s, i 2007) vannføring var på 10 %. Endringen i vannføring fra 94 til 138 m<sup>3</sup>/s (i 2002) gav en økning på 3 % i vanndekt areal. I de aller fleste år er det derfor sannsynlig at vanndekt areal med skjulplasser for laksunger i mai og juni er lite endret etter regulering. På grunn av at det er en sammenheng mellom vannføring og oppvarming av elvevannet er det på den annen side sannsynlig at vanntemperaturen etter regulering er noe høyere enn den ville ha vært i uregulert tilstand. Denne effekten ble imidlertid ikke registrert i simuleringene av vanntemperatur under de to reglementene (se **vedlegg 1**). Fordi vanntemperaturen i mai og juni sjelden (**figur 43**) blir høyere enn optimaltemperaturen for vekst hos laks (16-20 °C, Jonsson mfl. 2001) er det sannsynlig at økt vanntemperatur på grunn av redusert vannføring (om dette forekommer) gir økt vekst i denne viktige vekstperioden. Vi vet ikke hvor stor denne eventuelle effekten er.

Videre utover sommeren (juli og august) prioriterer trolig laksungene overlevelse over vekst (Forseth mfl. 2011), og veksten reduseres selv om temperaturforholdene kan være gunstige. Regulert vannføringen i Numedalslågen i denne perioden er i gjennomsnitt høyere enn i uregulert tilstand (**figur 40**), og betydelig høyere i tørre år (på grunn av minstevannføringsbestemmelsene). Absoluttkravet til minstevannføring reduseres fra 65 m<sup>3</sup>/s til 50 m<sup>3</sup>/s fra 1. juli, mens det tilsigsavhengige kravet (80 m<sup>3</sup>/s) opprettholdes fram til 16. juli. Vi har ikke vanndekt areal ved lave vannføringer, men særlig i tørre år er det sannsynlig at den økte vannføringen sammenlignet med uregulerte forhold bidrar vesentlig til økt habitattilgang (vanndekt areal avtar vanligvis mest ved lave vannføringer). I denne perioden blir vanntemperaturene høye i Numedalslågen, med gjennomsnittstemperaturer opp mot 17-18 °C, og maksimumstemperaturer over 20 °C (**figur 43**). Dette kan påvirke fiskens vekst og overlevelse. I varme år (for eksempel

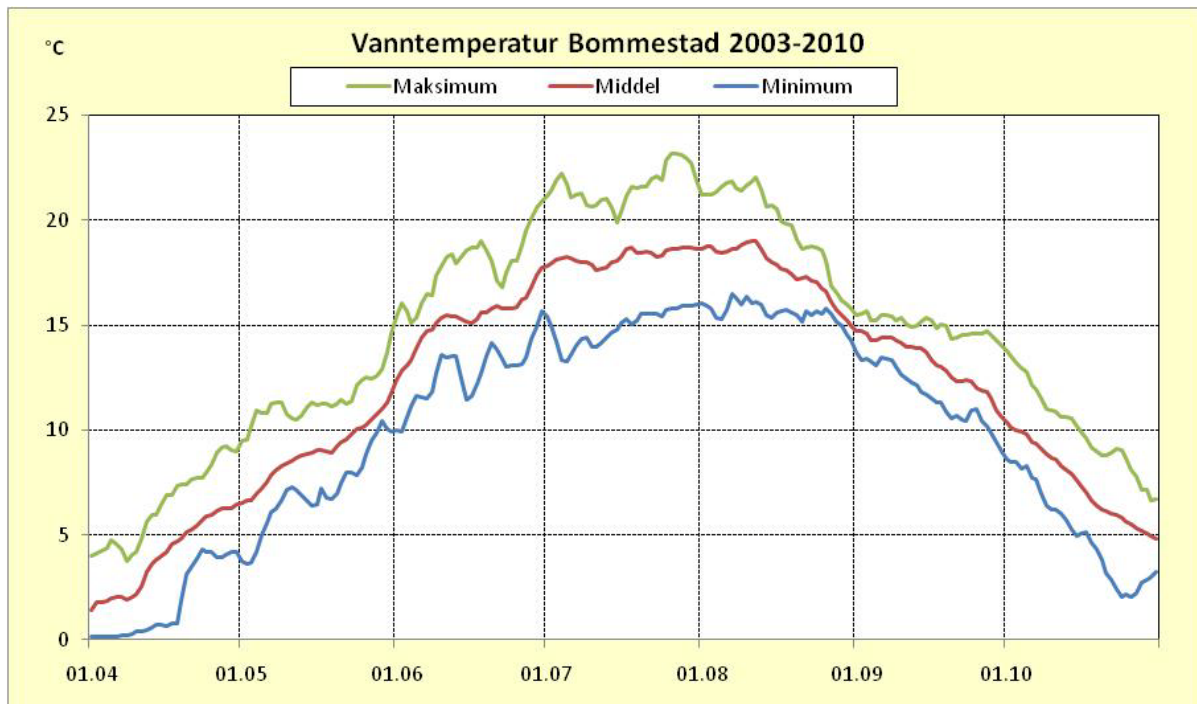
2006) kan det bli mange dager med døgnmiddeltemperaturer over 20 °C (**tabell 22**), og antall timer med temperatur over 20 °C varierte fra ingen i 2007 til 56 % av det totale timeantallet i juli og august 2006, med et gjennomsnitt (2003-2010) på 19 %. I samme periode ble det imidlertid aldri observert timesverdier høyere enn ca. 24 °C, og det ser således ikke ut til at det oppstår temperaturer nær dødelig grense for laks (nesten 28 °C; Jonsson & Jonsson 2009). Veksten stopper imidlertid på 24-26 °C. Alle disse grensene er avhengig av andre miljøforhold, og særlig vannets oksygeninnhold. Kombinasjonen redusert oksygeninnhold og høye temperaturer kan således skape problemer også på temperaturer lavere enn grensen for dødelig høy temperatur (se diskusjon i Finstad mfl. 2010). Viktigere er det kanskje at de høyeste temperaturene kan øke risikoen for sykdomsutbrudd, men her er kunnskapsgrunnlaget dårligere. Noen sykdommer (som proliferativ nyresyke, PKD) er imidlertid vurdert å være klimasensitive (Sterud mfl. 2007, Anon. 2011c). For å redusere risikoen for mulige effekter av de høyeste temperaturer kunne det være en mulighet å ha et høyere minste vannføringsslipp også i juli og starten av august (temperaturen begynner å avta fra om lag midten av august). Selv om det ikke er utredet spesielt, er det imidlertid lite sannsynlig at økt minste vannføring i juli og august vil gi særlig bidrag til å redusere de høye temperaturene, fordi vannet i oppstrøms magasiner allerede er oppvarmet eller vil bli det på elvestrekningene ned til lakseførende del.

I arbeidet med ny konsesjon ble det lagt vekt på at det nye reglementet skulle sikre høyere minste vannføring enn fløtningsreglementet fra i august og september (St. prp. 37, 2000-2001). Motivasjonen var særlig knyttet til forekomst av fiskesykdommen furunkulose (utbrudd i 1990 og truende periode høsten 1999), men også andre sykdommer og soppinfeksjoner (også UDN som er en sykdom assosiert med soppangrep) var nevnt. Furunkulose skyldes en bakterie som er innført til Norge og spredt særlig med rømt oppdrettslaks og flytting av fisk (Anon. 2011d), og den er vurdert som etablert i Numedalslågen (St. prp. 37, 2000-2001). Utbrudd av furunkulose og smittepresset i bestanden er ofte relatert til lav vannføring, høy vanntemperatur og høy fisketetthet. Sykdommen kan gi høy dødelighet på gytefisk. Som et svar på denne utfordringen ble reglementet utformet slik at minste vannføringen trappes gradvis ned fra 50 til 20 m<sup>3</sup>/s fra 1. august til 11. oktober (**figur 37**). I tørre år gir dette til dels betydelig høyere vannføring med dagens reglement enn med fløtningsreglementet hvor minste vannføringskravet gikk direkte fra 80 m<sup>3</sup>/s (tilsigsavhengig) til 12 m<sup>3</sup>/s 15. august. Basert på simuleringer med fløtningsreglementet for perioden 1931 til 2003, ville dette reglementet ha gitt vannføringer lavere enn dagens minste vannføringsbestemmelser i deler eller hele perioden 15. august til 10. oktober i de 25 % tørreste årene (25 persentilen; **vedlegg 2**). Tilsvarende simuleringer med dagens reglement viser at vannføringene om sensommeren i gjennomsnitt er betydelig høyere enn minste vannføringskravet, men at minste vannføringsbestemmelsen sikrer høyere vannføringer i de 10 % tørreste årene (**vedlegg 2**). Det er vanskelig å vurdere om dette er tilstrekkelig for å unngå utbrudd av furunkulose, men det er ikke rapportert om utbrudd etter innføring av det nye reglementet.

Angrep av sopp (*Saprolegnia* spp.) ga delvis stor dødelighet på gytefisk (ørret, laks og andre arter) i ulike deler av landet på slutten av 1980-tallet og starten av 1990-tallet (Johnsen & Ugedal 2001), og ble også dokumentert i Numedalslågen. Angrepene ser ut til å kunne være stressrelatert og knyttet til gyting, mens de ikke er knyttet til høye temperaturer. Risikoen for soppinfeksjoner framstår således ikke som en problemstilling knyttet til manøvrering av Numedalslågen.

Samlet sett framstår dagens reglement for minste vannføring om sommeren som gunstig for vekst og overlevelse for yngel og laksunger, og vi ser ikke alternative strategier som vil bidra til økt fiskeproduksjon. Økt minste vannføring om sensommeren med det nye reglementet bidrar trolig til å redusere risikoen for utbrudd av furunkulose i tørre år sammenlignet med fløtningsreglementet. En komplikasjon er virkningen av reglementet på rekruttering og vekst hos konkurrerende fiskearter (se **kapittel 3.4**). Redusert vannføring (i forhold til det naturlige) og raske temperaturøkning om våren kan, sammen med temperaturøkning som følge av klimaendringer, bidra til økt rekruttering hos noen av de konkurrerende fiskeartene. Kunnskapen om disse forholdene er dårlige, og det vil være svært viktig å overvåke utvikling i disse fiskebestandene i tiden som kommer. Pr. i dag har vi ikke kunnskap som tilsier at konkurranse fra de

andre fiskeartene i vassdraget gir grunnlag for å foreslå endringer i minstevannføring i vassdraget.



**Figur 43.** Gjennomsnittlig (middel), maksimum og minimum døgnmiddel vanntemperatur i Numedalslågen ved Bommestad basert på målinger i perioden 2003-2010. Fra Jan-Petter Magnell, Sweco Norge AS.

**Tabell 22.** Antall dager med døgnmiddeltemperaturer over 20°C i Numedalslågen ved Bommestad for årene 2003 til 2010. Fra Jan-Petter Magnell, Sweco Norge AS.

Antall dager med døgnmiddeltemperatur over 20 °C							
2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
26	21	9	43	0	8	11	26

## 5.7 Oppvandring

En siste viktig faktor er oppvandringsforholdene for laks. Undersøkelsene gjort på oppvandring av laks i Numedalslågen i 2003 og 2007 (se **kapittel 2**) viste at det var ved svært høye vannføringer at laksen ble ekstra forsinket i oppvandringen. Det er imidlertid ukjent om en forsinkelse har en biologisk betydning for laksen, fordi fiskene ser ut til å nå gyteplassene i tide (Thorstad mfl. 2008b). Sammenligning av simulert vannføring med dagens reglement og det gamle fløtningsreglementet viser at den største forskjellen mellom de to reglementene er ved lavere vannføringer i slutten av mai og hele juni (og ikke i konsistent retning). Dette vil si at de høye vannføringene som forsinket oppvandring av laksen vil være lik mellom de to reglementene. I følge undersøkelsene av vandring som er foretatt er det således ingen momenter som tilsier at det nye reglementet er ugunstig for oppvandring av laks sammenlignet med fløtningsreglementet. Sammenlignet med uregulert tilstand er det sannsynlig at oppvandringen tidlig i sesongen

(mai og juni) har blitt lettere (lavere vannføringer og raskere oppvarming av vannet), mens det trolig er mindre forskjeller utover i oppvandringssesongen i de fleste år. I tørre år kunne imidlertid vannføringene før regulering bli lave (se **figur 40**), og lavere enn det som *kan* være laveste vannføring for passering av noen av fossene. Dersom målet er at laksen raskt skal passere alle vandringshindrene for å bli tilgjengelig for fiske i hele vassdraget, framstår dagens reglement som gunstig.

## 6 Er det grunnlag for å anbefale at dagens reglement bør endres av hensyn til laks?

Basert på de gjennomførte undersøkelsene (**kapitlene 2-4**) og gjennomgangen av generelle regulerings effekter, sett i lys av de fysiske endringene i Numedalslågen (**kapittel 5**), framstår det som lite sannsynlig at det nye reglementet har hatt betydelig effekt på oppvandring, produksjon eller utvandring av laks i Numedalslågen. Den mest markante endringen fra det forrige reglementet (ut fra laksens miljøkrav) er den økte minste vannføringen om vinteren (fra 12 til 20 m<sup>3</sup>/s). Det er relativt godt dokumentert at en slik økning kan være positivt for smoltproduksjonen. Imidlertid har laveste ukemiddel vannføring endret seg lite om vinteren i perioden 1971 til 2010 under ulike minste vannføringsbestemmelser, og den positive effekten av økt vintervannføring ser primært ut til å være en effekt av selve reguleringen av vassdraget (kraftproduksjon om vinteren). Reglementsbestemmelsen bidrar imidlertid til å sikre en relativt høy minste vannføring om vinteren dersom forutsetningene for kraftproduksjon i vassdraget skulle endre seg.

Økt minste vannføring om sensommeren i det nye reglementet sammenlignet med fløtningsreglementet sikrer en høyere vannføring i tørre år, og dette kan redusere risikoen for sykdomsutbrudd (spesielt furunkulose). Kunnskapen om slike forhold er imidlertid dårlig. Minste vannføringskravet om våren i dagens reglement er også bedre enn i fløtningsreglementet for å skape gunstige utvandringsforhold for smolt, ved at det sikrer en høyere vannføring under smoltutvandringen i de tørreste åra. Reglementsbestemmelsene framstår likevel ikke som ideelle, fordi den høyeste vannføringen trolig kommer for sent sammenlignet med hovedtyngden av utvandringen. Analyser av historiske data og simuleringer (for 1931-2003) viser imidlertid at dagens reglement gir vannføringer som i praksis ligger betydelig over minste vannføringsbestemmelsene om våren i nesten alle år.

De lave fangstene og det reduserte innsiget fra 2004 til 2010 kan trolig forklares med dårlige oppvekstforhold i havet, som har rammet laks fra store deler av Norge. En avvikende dårlig utvikling i innsig av laks sammenlignet med innsiget i Enningdalselva gir grunnlag for å anbefale videre overvåking av innsiget. Usikkerhet knyttet til forekomst og effekt av viktige konkurrerende fiskearter i vassdraget (primært gullbust og sandkryper) tilsier at disse også bør følges opp.

Vi konkluderer at dagens reglement framstår som bedre enn fløtningsreglementet og generelt ivaretar det hensynet til laks på en god måte. Vi har påpekt at det er rom for forbedring i reglementsbestemmelsene om våren av hensyn til smoltutvandringen, men de faktiske vannføringsforholdene om våren er slik at vi samlet sett ikke finner grunnlag for å anbefale at reglementet endres av hensyn til laks.

## 7 Referanser

- Alabaster, J.S. 1990. The temperature requirements of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., during their upstream migration in the River Dee. - J. Fish Biol. 37: 659-661.
- Anon. 1999. 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. - NOU 1999:9, 297 s.
- Anon. 2011a. Status for norske laksebestander i 2010. - Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 3, 285 s.
- Anon. 2011b. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. - Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 3b, 566 s.
- Anon. 2011c. Prognoser for lakseinnsig, regnbueørret og klimaendringer: utfordringer for forvaltningen. - Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 2, 45 s.
- Anon. 2011d. Kvalitetsnormer for laks – anbefalinger til system for klassifisering av villaksbestander. - Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 1, 105 s.
- Asvall, R.P. 1993. Nytt manøvreringsreglement for Noreverkene. Virkninger på vanntemperatur- og isforhold. - Rapport 05 1993, Norges vassdrags- og energiverk.
- Baglinière, J.L., Maisse, G. & Nihouarn, A. 1990. Migratory and reproductive behaviour of fe-male adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a spawning stream. - J. Fish Biol. 36: 511-520.
- Banks, J.W. 1969. A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. - J. Fish Biol. 1: 85-136.
- Berdal A/S, Ingeniør A.B. & Hydroconsult A/S 1983. Numedalslågen. Fase IIA. - Delrapport vannbruksplan - omdisponering av fløtningsvann. Del 2: 62 s. + 6 bilag.
- Bogen, J., Bremnes, T., Bønsnes, T., Heggenes, J., Johansen, S.W. & Salveit, S.J. 2004. Fiskehabitat i Suldalslågen: et studium av sedimentasjonsdynamikk, begroing, habitattilbud og habitatbruk hos fisk. Sluttrapport. Suldalslågen - Miljørapport nr. 46.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. (1989). Electrofishing - Theory and practice with special emphasis on salmonids. - Hydrobiologia 173: 9-43.
- Chadwick, E.M.P. 1982. Stock-recruitment relationship for Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Newfoundland rivers. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 1496-1501.
- Cheng, Y.W. & Gallinat, M.P. 2004. Statistical analysis of the relationship among environmental variables, inter-annual variability and smolt trap efficiency of salmonids in the Tucannon River. - Fish Res 70(2-3): 229-238.
- Cowx, I.G. 2000. Potential impact of groundwater augmentation of river flows on fisheries: a case study from the River Ouse, Yorkshire, UK. - Fisheries Management and Ecology 7: 85-96.
- Cunjak, R.A., Prowse, T.D. & Parrish, D.L. 1998. Atlantic salmon (*Salmo salar*) in winter: "the season of parr discontent"? - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 55, 161-180.
- Dunkley, D.A. & Shearer, W.M. 1982. An assessment of the performance of a resistivity fish counter. - J. Fish Biol. 20: 717-737.
- Einum, S. & Nislow, K.H. 2011. Variation in population size through time and space: Theory and recent empirical advances from Atlantic salmon. - Kapittel 11 i Atlantic Salmon Ecology (red. Ø. Aas, S. Einum, A. Klemetsen & J. Skurdal) s. 277-299. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Eken, M. & Borgstrøm, R. 1994. Sandkryper - ny fiskeart for Norge. - Fauna 47: 120-123.
- Erkinaro, J., Økland, F., Moen, K., Niemelä, E. & Rahiala, M. 1999. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: the role of environmental factors. - J. Fish Biol. 55: 506-516.
- Eskelin, A. A. 2004. An assessment of trap efficiency to estimate coho salmon smolt abundance in a small Alaskan stream. - Master's Thesis, University of Alaska-Fairbanks, Fairbanks, Alaska.

- Facey, D.E. & Grossman, G.D. 1992. The relationship between water velocity, energetic costs, and microhabitat use in 4 North-American stream fishes. - *Hydrobiologia*, 239: 1-6.
- Finstad, A.G., Økland, F., Thorstad, E.B. & Heggberget, T.G. 2005. Comparing upriver spawning migration of Atlantic salmon *Salmo salar* and sea trout *Salmo trutta*. - *J. Fish Biol.* 67: 919-930.
- Finstad, A.G., Hedger, R., Jonsson, B., Kvambekk, Å.S., Ekker, R., Forseth, T., Ugedal, O., Sundt-Hansen, L. & Diserud, O.H. 2010. Laks i framtidens klima: Kunnskapsoppsummering og scenario med vekt på temperatur og vannføring. - NINA Rapport 646. 99 s.
- 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. 59 s.
- Forseth, T. & Forsgren, E. (red.) 2009. El-fiskemetodikk. Gamle problemer og nye utfordringer. - NINA Rapport 488.
- Forseth, T., Letcher, B.H. & Johansen, M. 2011. The behavioural flexibility of salmon growth. - Chapter 6 in *Atlantic Salmon Ecology* (eds Ø. Aas, S. Einum, A. Klemetsen & J. Skurdal) pp. 145-161. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Gibson, R.J. & Myers, R.A. 1988. Influence of seasonal river discharge on survival of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 344-348.
- Grossman, G.D. & Boule, V. 1991. Effects of rosyside dace (*Clinostomus funduloides*) on microhabitat use of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48: 1235-1243.
- Gunnerød, T.B. & Sigholt, T. 1982. Behov for vannføring i Numedalslågen for opprettholdelse av laksefisket. - Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, Reguleringsundersøkelsene, rapport nr. 10-1982: 1-38.
- Hayes, F.R. 1953. Artificial freshets and other factors controlling the ascent and population of Atlantic salmon in the LaHave River, Nova Scotia. - *Bull. Biol. Board Can.* 99: 1-47.
- Heggberget, T.G. 1988. Timing of spawning in Norwegian Atlantic salmon (*Salmo salar*). - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 845-849.
- Heggberget, T.G. 1989. The population structure and migration system of Atlantic salmon *Salmo salar*, in the River Alta, North Norway. A summary of the studies 1981-86. - *Proceedings of the salmonid migration and distribution symposium* (Brannon, E.L. & Jonsson, B., red.). University of Washington, Seattle, s. 124-139.
- Heggberget, T.G., Lund, R.A., Ryman, N. & Ståhl, G. 1986. Growth and genetic variation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from different sections of the River Alta, North Norway. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 1828-1835.
- Heggberget, T.G., Hansen, L.P. & Næsje, T.F. 1988. Within-river spawning migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*). - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1691-1698.
- Hill, J. & Grossman, G.D. 1993. An energetic model of microhabitat use for rainbow-trout and rosyside dace. - *Ecology* 74: 685-698.
- Huntsman, A.G. 1948. Freshets and fish. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 75: 257-266.
- 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. & Johnsen, B.O. 1993. Increased recapture rate of adult Atlantic salmon released as smolts into shoals of wild smolts in the River Orkla, Norway. - *North Am. J. Fish. Mgmt.* 13 (2): 272-276.
- 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. - *J. Fish. Biol.* 33: 121-126.
- Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G. & Jensen, A.J. 1998. Sea water temperatures at Atlantic salmon smolt entrance. - *Nordic J. Fresh. Res.* 74: 79-86.



- 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 J. Freshw. Res.* 70: 38-48.
- 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 referanseverk for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. Samlerapport for perioden 1979-2002. - NINA Fagrapport 79. 96 s.
- Imre, I., Grant, J.W.A. & Cunjak, R.A. 2005. Density-dependent growth of young-of-the-year atlantic salmon *Salmo salar* in Catamaran Brook, New Brunswick. - *Journal of Animal Ecology*, 74: 508-516.
- Jensen, A.J., Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. 1998. Effects of temperature and flow on the upstream migration of adult Atlantic salmon in two Norwegian rivers. - I: M. Jungwirth, S. Schmutz & S. Weiss (red.) *Fish Migration and Fish Bypasses*. Oxford: Fishing News Books, s. 45-54.
- Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. 1999. The functional relationship between peak spring floods and survival and growth of juvenile Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Brown Trout (*Salmo trutta*). - *Functional Ecology* 13: 778-785.
- Jensen, A.J., Johnson, B.O. & Forseth, T. 2005. Oppvandring av laks i Vefsna. - NINA Rapport 59. 58 s.
- Jensen, A.J., Berg, M., Bremset, G., Eide, O., Finstad, B., Hvidsten, N.A., Jensås, J.G., Johnsen, B.O. & Lund, E. 2011. Fiskebiologiske undersøkelser i Auravassdraget. Rapport for perioden 2008-2010. - NINA Rapport 659. 77 s.
- Jensen, A.J., Finstad, B., Fiske, P., Hvidsten, N.A., Rikardsen, A. & Saksgård, L. *Under publisering*. Timing of smolt migration in sympatric populations of Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.
- Johansen, S.W. & Lindstrøm, E-A. 2004. Begroingsundersøkelse i forbindelse med prøvereglement og kalkingsovervåkning i perioden 1998-2003. Sluttrapport. Suldalslågen – Miljørapport nr 41.
- Johnsen, B.O. & Ugedal, O. 2001. Soppinfeksjoner (*Saprolegnia* spp.) på laksefisk i Norge – statusrapport. - NINA Oppdragsmelding 716. 34 s.
- Johnsen, B.O., Arnekleiv, J.V., Asplin, L., Barlaup, B.T., Næsje, T.F., Rosseland, B.O. & Saltveit, S.J. 2010. Effekter av vassdragsregulering på villaks. - Kunnskapsserien for laks og vannmiljø 3.116 s.
- Johnsen, B.O., Arnekleiv, J.V., Asplin, L., Barlaup, B.T., Næsje, T.F., Rosseland, B.O., Saltveit, S.J. & Tvede, A. 2011. Hydropower developments - ecological effects. - I: *Atlantic Salmon Ecology* (Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J. red). Wiley-Blackwell, Oxford, UK, s. 351-386.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. (2009). A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. - *Journal of Fish Biology* 75, 2381-2447.
- Jonsson, B., Forseth, T., Jensen A.J. & Næsje, T.F. 2001. Thermal performance of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. - *Functional Ecology* 15: 701-711.
- Kennedy, M. 1969. Spawning and early development of the dace (*Leuciscus leuciscus* L.). - *Journal of Fish Biology*, 1: 249-259.
- Kestemont, P. 1990. Dynamic aspects of oogenesis in an asynchronous fish, the gudgeon (*Gobio gobio* L.) (Teleostei, Cyprinidae), under controlled temperature and photoperiod conditions. - *Aquat. Living Resour.*, 1990, 3, 61-74.
- Klemetsen, A., Amundsen, P.-A., Dempson, J.B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M.F., & Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. - *Ecology of Freshwater Fish* 12(1): 1-59.
- Larsen, P. A., Andersen, R. & Garnås, E. 1988. Utbredelse og biologi hos fiskearter i Numedalslågen. - NTNF, MVU-rapport B37: 1-42.

- Larsen, B. M. 1989. Forsknings- og referansevassdrag - Numedalslågen. Vandring, fangst, vekst og tetthet hos laks og ørret sett i relasjon til vannføring. - NTNf, MVU-rapport B61. 45 s.
- Larsen, B.M. 2004. Ungfiskundersøkelser i Numedalslågen. Årsrapport 2003. – Upublisert rapport til Numedals-Laugens Brugseierforening. NINA, Trondheim. 12 s.
- Larsen, B.M., Aasestad, I. & Forseth, T. 2007. Ungfiskundersøkelser i Numedalslågen. Årsrapport 2006. - NINA Minirapport 177. 21 s.
- Larsen, B.M., Aasestad, I. & Forseth, T. 2010. Ungfiskundersøkelser i Numedalslågen. Årsrapport 2009. - NINA Minirapport 281. 23 s.
- Laughton, R. 1989. The movements of adult salmon within the River Spey. - Scott. Fish. Res. Rep. 41: 1-19.
- Lobón-Cerviá, J., Montañés, C. & de Sostoa, A. 1991. Influence of environment upon the life history of gudgeon *Gobio gobio* (L.): a recent and successful colonizer of the Iberian Peninsula. - Journal of Fish Biology 39, 285–300.
- Mann, R.H.K. 1996. Environmental requirements of European non-salmonid fish in rivers. - Hydrobiologia, 323, 223-235.
- Mann, R. H. K. 1989. Fish population dynamics in the river Frome, Dorset. - Regulated Rivers, Research and Management, 4, 165-177.
- Mann, R.H.K. & Bass, J.A.B. 1997. The critical water velocities of larval roach (*Rutilus rutilus*) and dace (*Leuciscus leuciscus*) and implications for river management. Regulated Rivers-Research & Management, 13, 295-301.
- Nislow, K.H., Folt, C.L. & Parrish, D.L. 2000. Spatially explicit bioenergetic analysis of habitat quality for age-0 Atlantic salmon. - Transactions of the American Fisheries Society 129: 1067-1081.
- Nislow, K.H., Einum, S. & Folt, C.L. 2004. Testing predictions of the critical period for survival concept using experiments with stocked Atlantic salmon. - Journal of Fish Biology 65: 188-200.
- Nunn, A.D., Cowx, I.G., Frear, P.A. & Harvey, J.P. 2003. Is water temperature an adequate predictor of recruitment success in cyprinid fish populations in lowland rivers? - Freshwater Biology 48: 579-588.
- Næsje, T.F., Fiske, P., Forseth, T., Thorstad, E.B., Ugedal, O., Finstad, A.G., Hvidsten, N.A., Jensen, A.J. & Saksgård, L. 2005. Biologiske undersøkelser i Altaelva: Faglig oppsummering og kommentarer til forslag om varig manøvreringsreglement. - NINA Rapport 80:1-99.
- Pethon, P. & Barstad, G. 1998. Grundling (*Gobio gobio*) i Numedalsvassdraget - utbredelse, habitatpreferanse og næringsvalg. Resultatrapport 1997. - Rapport fra Zoologisk Museum, Universitetet i Oslo. 21 s.
- Prenda, J., Rossomanno, S. & Armitage, P.D. 1997. Species interactions and substrate preferences in three small benthic fishes. - Limnetica, 13: 47-53.
- Robertsen, G., Plaisance, L. & Bakke, T.A. 2006. *Gyrodactylus salaris* og røye, ørret, regn-bueørret og bekkerøye: Utbredelse og potensiell overføring av laks. - Sluttrapport 2006. Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, 25 s.
- Rosecchi, E., Thomas, F. & Crivelli, A.J. 2001. Can life-history traits predict the fate of introduced species? A case study on two cyprinid fish in southern France. - Freshwater Biology, 46: 845-853.
- Sanchez-Hernandez, J., Vieira-Lanero, R., Servia, M.J. & Cobo, F. 2011. Feeding habits of four sympatric fish species in the Iberian Peninsula: keys to understanding coexistence using prey traits. - Hydrobiologia, 667: 119-132.
- Simonsen, L. 2005. Forslag til miljømål for Numedalslågen. - Hovedrapport. Rapportdato 01.03.2005. 42 s.
- Skarbøvik, E., Simonsen L. & Glover, B. 2006. Forenklet tiltaksanalyse for Numedalslågen.- NIVA rapport 5267-2006, 61 s.

- Skoglund, H. 2011. Seasonal timing of emergence from nests. Effects of temperature and competition on offspring performance in Salmonid fishes. - Dissertation for the degree of philosophiae doctor (PhD), University of Bergen, Norway.
- Sterud, E., Forseth, T., Ugedal, O., Poppe T.T., Jørgensen A., Bruheim, T., Fjeldstad, H-P. & Mo, T.A. 2007. Severe mortality in wild Atlantic salmon *Salmo salar* due to proliferative kidney disease (PKD) caused by *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa). - Diseases of Aquatic Organisms, 77: 191-198
- St. prp. Nr. 37 (200-2001). Numedals-Laugens Brugseierforening. Ny konsesjon for fortsatt regulering av Numedalslågen.
- Sægvog, H & Hellen, B.A. 2004. Bestandsutvikling og produksjonspotensiale for laks i Suldalslågen. Sluttrapport for undersøkingar i perioden 1995-2004. Suldalslågen - Miljørapport Nr. 43.
- Teichert, M.A.K. 2011. Regulation in Atlantic salmon (*Salmo salar*): The interaction between habitat and density. - Doctoral theses at NTNU, 2011:138.
- Tharme, R.E. & King, J.M. 1998. Development of the Building Block Methodology for instream flow assessments, and supporting research on the effects of different magnitude flows on riverine ecosystems. - Water Research Commission Report No. 576/1/98. 452 s.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Hvidsten, N.A., Fiske, P. & Aarestrup, K. 2003. Oppvandring av laks i forhold til redusert vannføring og lokkeflommer i regulerede vassdrag. - Rapport nr. 1-2003, Miljøbasert vannføring, Norges vassdrags- og energidirektorat, 52 s.
- Thorstad, E.B., Forseth, T., Økland, F., Aasestad, I. & Johnsen, B.O. 2004. Oppvandring av radio-merket laks i Numedalslågen i 2003. - NINA Oppdragsmelding 835, 37 s.
- Thorstad, E.B., Finstad, A.G., Jensen, A.J., Museth, J., Næsje, T.F. & Saksgård, L.M. 2007. To what extent does ethanol and freezing preservation cause shrinkage of juvenile Atlantic salmon and European minnow? - Fish. Manag. Ecol. 14: 295-298.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Aarestrup, K. & Heggberget, T.G. 2008a. Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts. - Rev. Fish Biol. Fish.18: 345-371.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Aasestad, I., Diserud O. & Forseth, T. 2008b. Oppvandring av laks i Numedalslågen. - NINA rapport 360, 46 s.
- Webb, J.H. & Hawkins, A.D. 1989. The movements and spawning behaviour of adult salmon in the Girnock Burn, a tributary of the Aberdeenshire Dee, 1986. - Scott. Fish. Res. Rep. 40: 1-42.
- Økland, F., Erkinaro, J., Moen, K., Niemelä, E., Fiske, P., McKinley, R.S. & Thorstad, E.B. 2001. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: phases of migratory behaviour. - J. Fish Biol. 59: 862-874.
- Aasestad, I. 2010. Registrering av sandkryper (*Gobio gobio*) i Numedalslågen 2010.

# Vedlegg

## Vedlegg 1 Simulerte daglige vannføringer og vanntemperaturer 2001-2009



### NOTAT

Ny konsesjon Numedalslågen

Notat nr.:  
130391-1-2011

Dato  
15.02.2011

Til:

Nils Runar Sporan

Numedals-Laogens Brugseierforening

Fra:

Jan-Petter Magnell  
Kristian Aune

Sweco Norge AS  
Statkraft Energi AS

### Simuleringer av daglige vannføringer og vanntemperaturer på lakseførende strekning i Numedalslågen med to alternative manøvreringsreglementer

#### Innledning

Numedals-Laogens Brugseierforening har bedt Sweco og Statkraft, i samarbeid med Geir Warland fra SINTEF Energi, å utføre simuleringer av daglige vannføringer og vanntemperaturer på lakseførende strekning i Numedalslågen med dagens reglement og det tidligere "fløtningsreglementet". Bakgrunnen for forespørselen er at NINA skal bruke simuleringresultatene i sluttrapporten for lakseundersøkelsene i vassdraget som har pågått i tiden etter at nytt manøvreringsreglement ble gitt i 2001. NINA har ønsket simuleringer for årene 2001-2010.

Det viste seg ikke mulig å simulere vannføringer for 2010, grunnet noe manglende inputverdier til modellen. Det er derfor i dette notatet beskrevet resultater for årene 2001-2009.

Vannføring blir registrert på lakseførende strekning ved Holmfoss, og vanntemperatur har i noen år nå vært registrert ved Brufoss, Vierødfossen og Bommestad. I oktober i fjor ble målingene ved Vierødfossen og Bommestad avsluttet, mens Brufoss opprettholdes inntil videre. Målingene har vist at vanntemperaturene varierer veldig likt nedover på lakseførende strekning.

#### Simulerte manøvreringsreglementer

Det er gjort simuleringer med tidligere reglement fram til 2001 (fløtningsreglementet), slik det ble praktisert i årene før nytt reglement ble fastsatt, og med dagens manøvreringsreglement. Minstevannføringsbestemmelsene i selve Numedalslågen i de to reglementene er i korthet gjengitt under. I tillegg er det restriksjoner knyttet til slipp av minstevannføringer ved andre lokaliteter i direkte tilknytning til Nore-reguleringene, samt til magasinifylling og flomdemping, som ikke er beskrevet her.

pmd01n 2009-05-16

Sweco Norge  
Fornebuveien 11  
Postboks 400, 1327 Lysaker  
Telefon 67 12 80 00  
Telefaks 67 12 58 40

1 (6)  
Oppdrag 130391: jpm  
m:\mhw\130391 ny konsesjon nore-reguleringen\lg-beregninger\lakseundersimuleringer av  
vannføring og vanntemperatur.docx



### *Fløtningsreglementet*

Følgende krav til vannføring i Numedalslågen:

100 m<sup>3</sup>/s ved Skagsoset (Mykstufoss) i perioden 25.05 – 30.06

80 m<sup>3</sup>/s ved Kongsberg i perioden 01.07 – 15.08

Ovennevnte vannføringer er tilsigsavhengige, med absolutt minstevannføring lik 12 m<sup>3</sup>/s ved Labro gjennom hele året.

### *Dagens reglement*

Følgende vannføringer skal opprettholdes ved Skollenborg:

1.1 – 31.3	min. 20 m <sup>3</sup> /s
1.4 – 24.5 jevn opptapping til	min. 40 m <sup>3</sup> /s
25.5 – 30.6	min. 65 m <sup>3</sup> /s
1.7 – 31.7	min. 50 m <sup>3</sup> /s
1.8 – 31.8 jevn nedtrapping til	min. 40 m <sup>3</sup> /s
1.9 – 30.9 jevn nedtrapping til	min. 30 m <sup>3</sup> /s
1.10 – 10.10 jevn nedtrapping til	min. 20 m <sup>3</sup> /s
11.10 – 31.12	min. 20 m <sup>3</sup> /s

Dersom naturlig tilsig til Skollenborg i periodene 25.5 til 15.7 og 16.7 til 15.8 er større enn minstevannføringen, slippes tilsiget, begrenset oppad til hhv. 80 m<sup>3</sup>/s og 60 m<sup>3</sup>/s.

De viktigste endringene i minstevannføringsbestemmelsene i Numedalslågen var en økning av den absolutte minstevannføringen i vinterhalvåret, en økt minstevannføring fra 1. april og fram til slutten av mai, noe reduserte krav til minstevannføring gjennom sommeren og en økt minstevannføring fra midten av august og til begynnelsen av oktober. Spesielt rundt midten av august hadde en med fløtningsreglementet i flere år opplevd brå dropp i vannføringen, noe som ble ansett som uheldig for laks og sjørøret. Dagens reglement skulle sikre en mer jevnt avtakende minstevannføring fra august og utover på høsten.

### Vannføringssimuleringer

Vannføringer er simulert ved å benytte produksjonssimuleringsverktøy i Statkraft Energi og SINTEF Energi. Det er simulert vannføringsserier med døgnoppløsning for en lokalitet rett nedstrøms Vittingfoss kraftstasjon, som er nederste kraftstasjonen i vassdraget og representerer øverste punktet på lakseførende strekning.

De tradisjonelle langtidsmodellene som er utviklet av SINTEF Energi er i daglig bruk hos mange norske energiselskap. Disse modellene spenner fra beslutningsstøtte for langsiktig

pnr03n 2008-05-16

15.02.2011  
Ny konsesjon Numedalslågen

2 (6)  
Oppdrag 130391; jpm  
m:\mlhw\130391 ny konsesjon nore-reguleringene\lg-beregninger\lakseundsimuleringer av  
vannføring og vanntemperatur.docx

### *Fløtningsreglementet*

Følgende krav til vannføring i Numedalslågen:

100 m<sup>3</sup>/s ved Skagsoset (Mykstufoss) i perioden 25.05 – 30.06

80 m<sup>3</sup>/s ved Kongsberg i perioden 01.07 – 15.08

Ovennevnte vannføringer er tilsigsavhengige, med absolutt minstevannføring lik 12 m<sup>3</sup>/s ved Labro gjennom hele året.

### *Dagens reglement*

Følgende vannføringer skal opprettholdes ved Skollenborg:

1.1 – 31.3	min. 20 m <sup>3</sup> /s
1.4 – 24.5 jevn opptrapping til	min. 40 m <sup>3</sup> /s
25.5 – 30.6	min. 65 m <sup>3</sup> /s
1.7 – 31.7	min. 50 m <sup>3</sup> /s
1.8 – 31.8 jevn nedtrapping til	min. 40 m <sup>3</sup> /s
1.9 – 30.9 jevn nedtrapping til	min. 30 m <sup>3</sup> /s
1.10 – 10.10 jevn nedtrapping til	min. 20 m <sup>3</sup> /s
11.10 – 31.12	min. 20 m <sup>3</sup> /s

Dersom naturlig tilsig til Skollenborg i periodene 25.5 til 15.7 og 16.7 til 15.8 er større enn minstevannføringen, slippes tilsiget, begrenset oppad til hhv. 80 m<sup>3</sup>/s og 60 m<sup>3</sup>/s.

De viktigste endringene i minstevannføringsbestemmelsene i Numedalslågen var en økning av den absolutte minstevannføringen i vinterhalvåret, en økt minstevannføring fra 1. april og fram til slutten av mai, noe reduserte krav til minstevannføring gjennom sommeren og en økt minstevannføring fra midten av august og til begynnelsen av oktober. Spesielt rundt midten av august hadde en med fløtningsreglementet i flere år opplevd brå dropp i vannføringen, noe som ble ansett som uheldig for laks og sjørøret. Dagens reglement skulle sikre en mer jevnt avtakende minstevannføring fra august og utover på høsten.

### Vannføringssimuleringer

Vannføringer er simulert ved å benytte produksjonssimuleringsverktøy i Statkraft Energi og SINTEF Energi. Det er simulert vannføringsserier med døgnoppløsning for en lokalitet rett nedstrøms Vittingfoss kraftstasjon, som er nederste kraftstasjonen i vassdraget og representerer øverste punktet på lakseførende strekning.

De tradisjonelle langtidsmodellene som er utviklet av SINTEF Energi er i daglig bruk hos mange norske energiselskap. Disse modellene spenner fra beslutningsstøtte for langsiktig

pnr03n 2008-05-16

15.02.2011  
Ny konsesjon Numedalslågen

2 (6)  
Oppdrag 130391; jpm  
m:\mlhw\130391 ny konsesjon nore-reguleringene\lg-beregninger\lakseundsimuleringer av  
vannføring og vanntemperatur.docx

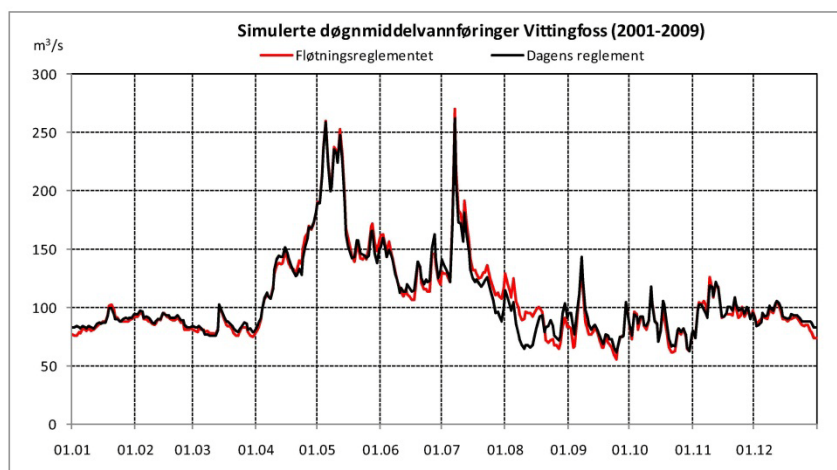


utbygningsplanlegging til korttids produksjonsplanlegging. I flere modeller må det aggregeres og forenkles for å gjøre det mulig og beregne en optimal kjørestrategi for modellen. Derfor er det i tillegg til optimalisering av strategien laget modeller for simulering av denne strategien. En slik simuleringsmodell er Simtap som benyttes for å simulere en optimal produksjonsstrategi for en enkelt produsent (et enkelt vassdrag) mot resten av det omkringliggende systemet. For å håndtere problemstillinger rundt effektkjøring har denne modellen blitt videreutviklet, slik at modellen nå kan simulere med representasjon av et sekvensielt hendelsesforløp innenfor uken. Dette skjer ved at sluttmagasinet funnet i Simtap-simuleringen benyttes som ønsket sluttmagasin i en korttidsoptimalisering der ukesproblemet løses på nytt. I denne reoptimaliseringen benyttes døgnstilsig, i motsetning til simuleringer med Simtap der det benyttes ukestilsig.

Det er satt opp to datamodeller for Numedalsvassdraget, ett med vannføringsrestriksjoner tilsvarende dagens reguleringsregime, og ett med vannføringsrestriksjoner for tidligere benyttet fløtningsreglement. Det er deretter utført simuleringer med historiske tilsig for årene 1931 til 2009. Det er benyttet samme prisrekke for begge simuleringene.

Fra de simulerte vannføringsseriene er det tatt ut daglige vannføringer for den ønskede perioden etter 2001. I figuren under er de simulerte døgnmiddelvannføringene med de to reglementsalternativene sammenholdt. Videre er simulerte månedsmiddelvannføringer med de to reglementene hvert år satt opp i de etterfølgende tabellene.

Som det framgår av både figuren og tabellene, gir ikke de to simuleringene vesentlige forskjeller gjennom størstedelen av året. De største forskjellene synes, ikke uventet, å komme i siste del av juli, i august og i første del av september.



pm03a 2008-05-16

15.02.2011  
Ny konsesjon Numedalslågen

3 (6)  
Oppdrag 130391; jpm  
m:\mlhw\130391 ny konsesjon nore-reguleringene\lg-beregninger\lakseundsimuleringer av  
vannføring og vanntemperatur.docx

Fløtningsreglementet – simulerte månedsmiddelvannføringer (m<sup>3</sup>/s)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Middel
Jan	85.1	91.0	84.8	77.7	80.8	86.5	87.6	106.2	78.5	86.5
Feb	94.1	114.8	95.5	71.7	79.6	94.9	77.8	96.4	76.2	89.0
Mar	95.9	87.9	72.1	53.6	49.4	81.0	102.3	116.1	74.7	81.5
Apr	123.8	118.0	115.1	142.1	70.9	122.9	116.9	141.8	243.7	132.8
Mai	228.4	158.6	208.1	199.2	97.5	244.0	118.7	256.7	141.4	183.6
Jun	128.3	153.5	130.6	96.0	138.5	99.0	193.2	125.2	92.1	128.5
Jul	116.5	143.4	114.8	105.7	123.7	86.2	379.2	121.4	101.9	143.6
Aug	81.9	77.2	92.7	79.9	77.9	93.8	93.1	108.8	119.4	91.6
Sep	89.8	41.4	67.8	111.1	40.7	127.2	58.0	85.4	99.5	80.1
Okt	167.6	44.9	61.7	88.2	41.7	110.0	74.0	83.9	61.2	81.5
Nov	93.7	59.3	42.4	61.9	167.6	138.8	75.6	113.1	141.5	99.3
Des	86.3	63.7	98.0	80.7	89.7	117.1	93.1	82.4	96.8	89.8
År	116.2	96.0	98.8	97.5	88.1	116.9	123.0	120.0	110.5	107.4

Dagens reglement – simulerte månedsmiddelvannføringer (m<sup>3</sup>/s)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Middel
Jan	86.2	87.6	83.9	81.0	83.7	84.3	96.2	106.3	81.2	87.8
Feb	94.9	115.3	98.6	76.3	81.7	94.6	78.5	96.9	78.6	90.6
Mar	96.5	89.7	69.7	59.3	63.2	83.1	96.9	110.6	79.0	83.1
Apr	116.7	119.2	112.3	138.2	79.5	119.7	132.5	143.2	235.0	132.9
Mai	225.6	168.3	196.1	197.1	79.1	243.0	123.1	257.2	140.4	181.1
Jun	132.6	154.7	130.3	89.5	149.2	91.2	226.9	123.8	82.7	131.2
Jul	120.8	143.9	105.9	81.6	143.1	53.8	379.1	120.1	75.0	135.9
Aug	75.0	68.9	82.6	58.5	81.8	60.7	88.9	106.4	132.3	83.9
Sep	95.4	52.1	77.5	110.4	52.2	128.5	53.0	88.2	111.2	85.4
Okt	169.0	43.6	64.3	90.4	39.8	122.0	75.9	82.9	65.2	83.7
Nov	90.1	54.7	45.6	75.2	153.9	143.2	78.1	112.2	144.8	99.8
Des	82.0	67.7	99.3	84.7	89.1	127.0	94.4	84.8	102.1	92.3
År	115.6	97.0	97.2	95.2	91.3	112.6	127.4	119.6	110.5	107.4

## Vanntemperatursimuleringer

Daglig vanntemperatur på lakseførende strekning ble modellert med multipl regressjon. Ut fra observert vanntemperatur ved Bommestad, observert vannføring ved Holmfoss og lufttemperatur fra Gvarv i årene 2005-2009 ble det funnet følgende modell:

Vanntemperatur = 0,9483 x (vanntemperatur dagen før) + 0,0509 x (lufttemperatur Gvarv) + 0,0058 x (endring lufttemperatur fra dagen før) – 0,0023 x (endring i vannføring fra dagen før) (R<sup>2</sup>=0,998)

pm03n 2008-05-16

15.02.2011  
Ny konsesjon Numedalslågen

4 (6)  
Oppdrag 130391; jpm  
m:\mlhw\130391 ny konsesjon nore-reguleringene\lg-beregninger\lakseundsimuleringer av  
vannføring og vanntemperatur.docx



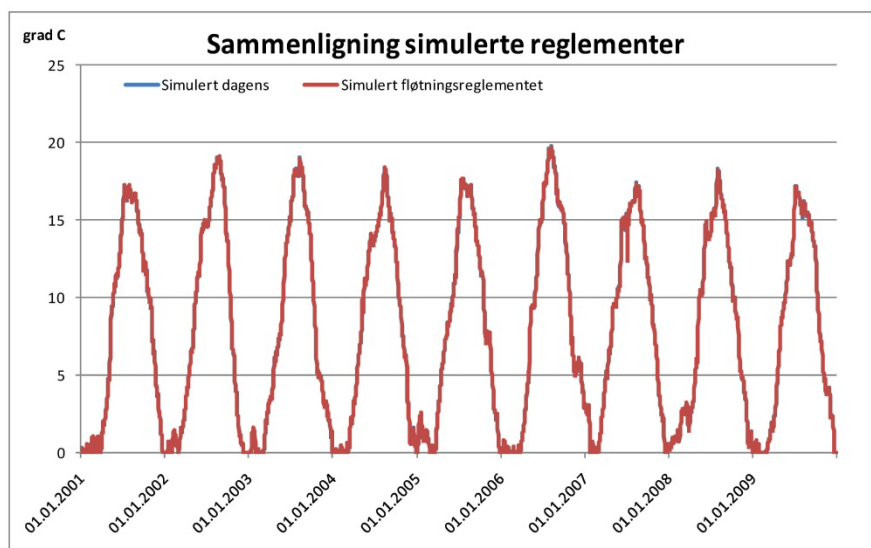


Basert på denne modellen for daglig vanntemperatur, og de to simulerte vannføringsseriene for årene 2001-09, ble daglige vanntemperaturer på lakseførende strekning beregnet. Det ble benyttet lufttemperatur fra Gvarv og ikke fra Kongsberg siden serien fra Kongsberg hadde noe hull i årene 2001-09. En sjekk viste imidlertid veldig bra overensstemmelse mellom observerte lufttemperaturer på Gvarv og Kongsberg.

De dagene beregnet vanntemperatur ble negativ, ble denne korrigert til 0,0 °C.

Beregningene ga nesten ingen forskjeller i de beregnede vanntemperaturene. I årene 2001-09 var de beregnede forskjellene i daglige vanntemperaturer med de to reglementene mindre enn 0,05 °C i mer enn 90 % av tiden. De n største forskjellen som ble beregnet på en enkelt dag var på 0,35 °C.

I figuren under er beregnede døgnmiddeltemperaturer vist. Som en kan se legger de to kurvene seg tilnærmet helt over hverandre. Beregnede månedsmiddeltemperaturer med de to reglementene er vist i tabellene under.



pm03in 2008-05-16

15.02.2011  
Ny konsesjon Numedalslågen

5 (6)  
Oppdrag 130391; jpm  
m:\mlhw\130391 ny konsesjon nore-reguleringene\lg-beregninger\lakseund\simuleringer av  
vannføring og vanntemperatur.docx

## Fløtningsreglementet – beregnede månedsmiddeltemperaturer (°C)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Middel
Jan	0.13	0.21	0.65	0.04	1.40	0.18	2.03	0.65	0.25	0.61
Feb	0.29	0.74	0.04	0.12	0.96	0.10	0.16	1.43	0.01	0.43
Mar	0.34	1.46	1.46	1.20	0.42	0.11	2.07	2.56	1.01	1.18
Apr	2.26	4.96	4.56	4.78	4.49	2.38	6.03	3.47	4.12	4.12
Mai	8.35	9.61	7.71	9.87	8.07	8.33	9.70	9.15	9.36	8.91
Jun	12.44	14.07	13.32	13.31	11.56	13.40	13.94	13.85	12.71	13.18
Jul	16.58	15.73	17.15	14.66	16.78	17.68	15.49	15.65	16.47	16.24
Aug	16.57	18.64	18.07	17.32	16.87	18.86	16.74	16.86	15.67	17.29
Sep	14.31	16.52	15.04	14.68	14.30	16.11	13.89	13.48	14.23	14.73
Okt	11.10	9.33	8.50	10.32	10.20	12.51	9.94	9.53	8.88	10.04
Nov	6.43	2.53	4.21	5.18	6.47	6.09	5.11	5.00	4.41	5.05
Des	1.49	0.13	2.07	0.86	1.71	4.94	1.04	1.30	1.48	1.67
År	7.57	7.87	7.78	7.74	7.81	8.45	8.06	7.78	7.43	7.83

## Dagens reglement – beregnede månedsmiddeltemperaturer (°C)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Middel
Jan	0.12	0.21	0.65	0.04	1.40	0.18	2.03	0.65	0.25	0.62
Feb	0.29	0.74	0.04	0.11	0.96	0.10	0.16	1.43	0.01	0.43
Mar	0.34	1.46	1.47	1.21	0.40	0.11	2.07	2.57	1.01	1.18
Apr	2.27	4.96	4.56	4.80	4.51	2.39	6.01	3.46	4.13	4.12
Mai	8.34	9.60	7.72	9.87	8.11	8.33	9.71	9.15	9.36	8.91
Jun	12.43	14.08	13.31	13.32	11.50	13.41	13.89	13.85	12.72	13.17
Jul	16.58	15.73	17.16	14.68	16.79	17.71	15.52	15.65	16.49	16.26
Aug	16.58	18.65	18.07	17.31	16.88	18.86	16.74	16.86	15.62	17.28
Sep	14.30	16.52	15.02	14.66	14.30	16.07	13.90	13.48	14.24	14.72
Okt	11.10	9.34	8.51	10.31	10.22	12.50	9.93	9.53	8.89	10.04
Nov	6.44	2.54	4.21	5.16	6.48	6.10	5.11	5.00	4.41	5.05
Des	1.49	0.12	2.08	0.87	1.70	4.93	1.04	1.30	1.48	1.67
År	7.57	7.87	7.78	7.74	7.81	8.45	8.06	7.78	7.43	7.83

Sweco Norge AS


Jan-Petter Magnell  
Senior miljørådgiver

pm03n 2008-05-16

15.02.2011  
Ny konsesjon Numedalslågen

6 (6)  
Oppdrag 130391; jpm  
m:\mlhw\130391 ny konsesjon nore-reguleringene\lg-beregninger\lakseundsimuleringer av  
vannføring og vanntemperatur.docx

## Vedlegg 2 Simulerte vannføringer 1931-2003



### NOTAT

Ny konsesjon Numedalslågen

Notat nr.:  
130391-1-2012

Dato  
16.01.2012

Til:

Nils Runar Sporan Numedals-Laugens Brugseierforening

Kopi:

Torbjørn Forseth NINA

Fra:

Jan-Petter Magnell Sweco Norge AS

### Simuleringer av vannføringer ved Skollenborg i smoltutvandringsperioden og på sensommeren

#### Innledning

Som et underlag for NINA til arbeidet med sluttrapportering av lakseundersøkelsene i Numedalslågen, er det gjort en analyse av vannføringsforhold i smoltutvandringsperioden (april-mai) og på sensommeren (august-oktober). Dette er perioder med spesielt ulike krav til minstevannføringer i dagens reglement sammenlignet med det tidligere reglementet.

Observerte vannføringer siden 2001, årene med nytt reglement, viser at vannføringene spesielt i smoltutvandringsperioden har ligget godt over minstevannføringsnivået. For å få et noe bredere grunnlag for å si noe om hvilke vannføringer en må kunne forvente i april-mai og august-oktober, var det ønskelig å se på simulerte vannføringer med dagens reglement for en lengre periode.

#### Benyttede simuleringsdata

Statkraft simulerte vassdraget i 2006 med både tidligere reglement (fra før 2001) og nytt reglement (fra etter 2001). Simuleringene ble gjort for perioden 1931-2003, totalt 73 år. Vansimtap ble benyttet, noe som ga vannføringer på ukebasis.

Simuleringene ble i 2006 gjennomført i forbindelse med en studie av forhold i Pålssjøfjorden, knyttet til vurderinger for terskeldammen som skal bygges ved Rødtjennan. Fra simuleringene er ukesvannføringer ved Skollenborg tatt ut.

pml03n 2008-05-16

Sweco Norge  
Fornebuveien 11  
Postboks 400, 1327 Lysaker  
Telefon 67 12 80 00  
Telefaks 67 12 58 40

1 (6)

Oppdrag 130391; JPM  
m:\m\hw\130391 ny konsesjon nore-reguleringene\g-beregninger\lakseund\for sluttrapport  
lakseund\simulerte vannføringer i smoltutvandringsperioden og på sensommeren.docx

### Smoltutvandringsperioden

Dagens reglement har en lineært økende minste vannføring ved Skollenborg fra 1. april til 24. mai, fra 20 m<sup>3</sup>/s til 40 m<sup>3</sup>/s. Fra 25. mai øker minste vannføringen betydelig, til minimum 65 m<sup>3</sup>/s eller tilsigtsavhengig opp til 80 m<sup>3</sup>/s.

Undersøkelser i siste 10-års periode viser at smolten går ut i april/mai, hovedmengden i de fleste år i løpet av ukene fra omtrent midten av april til midten av mai. NINA har bedt om data på forventede vannføringer i denne perioden med dagens reglement, spesielt med fokus på hvor ofte de kan forventes å ligge ned mot de pålagte minste vannføringene.

Det er tatt ut vannføringsdata for ukene 13 til 20, som tilsvarer perioden 26.3 – 20.5. i disse ukene økte minste vannføringene i modellen fra 20 m<sup>3</sup>/s i uke 13 til 40 m<sup>3</sup>/s i uke 20. I simuleringene ble minste vannføringene øket ytterligere til 65/80 m<sup>3</sup>/s fra og med uke 21.

Ukentlige simulerte vannføringer for perioden 1931-2003 er tatt ut og vist i tabellen og figuren under. Det er i tillegg til middelveier tatt ut minimumsverdier, 5-persentiler, 10-persentiler og 25-persentiler. Gjeldende krav til økende minste vannføring i perioden er også inkludert.

Som det går fram av både tabellen og figuren, har simuleringene i alle årene helt korrekt resultert i vannføringer høyere enn minste vannføringskravet. Selv de laveste simulerte ukes vannføringene ligger i de fleste av ukene godt over minste vannføringene, minst forskjell ble det i ukene 13 og 20.

Simuleringsresultatene viser også tydelig at middel vannføringene for 1931-2003 i alle uker lå langt over de pålagte minste vannføringene.

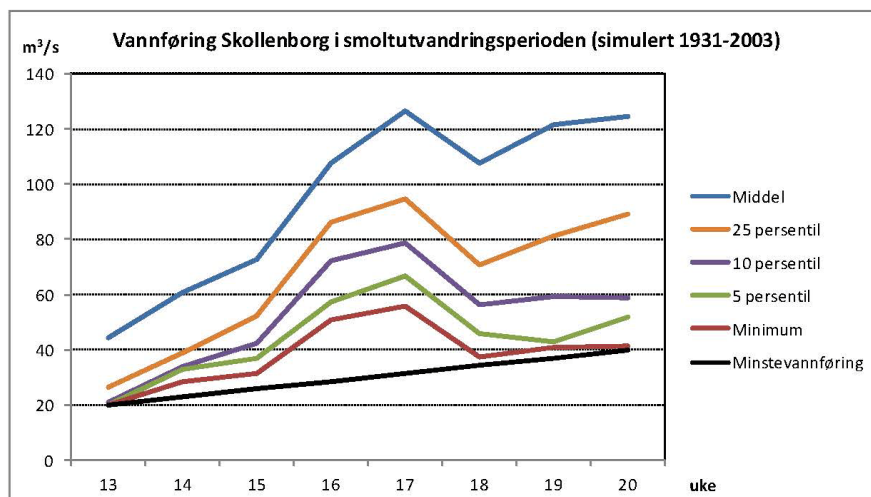
### *Simulerte vannføringer (m<sup>3</sup>/s) ved Skollenborg i smoltutvandringsperioden med nytt reglement (1931-2003)*

Uke	Minste- vannføring	Middel	Minimum	5-persentil	10- persentil	25- persentil
13	20	44,4	20,1	20,1	20,9	26,7
14	22,9	61,0	28,6	32,9	34,1	38,9
15	25,7	72,8	31,5	37,0	42,2	52,2
16	28,6	107,8	50,8	57,4	72,5	86,1
17	31,4	126,5	55,7	66,9	78,5	94,8
18	34,3	107,5	37,6	46,0	56,4	70,6
19	37,1	121,6	41,1	43,0	59,1	81,0
20	40	124,5	41,5	51,6	58,8	89,1

pm03n 2008-05-16

16.01.2012  
Ny konsesjon Numedalslågen

2 (6)  
Oppdrag 130391; .PM  
m:\mhw\130391 ny konsesjon nore-reguleringene\lg-beregninger\lakseund\for slutttrapport  
lakseund\simulerte vannføringer i smoltutvandringsperioden og på sensommeren.docx



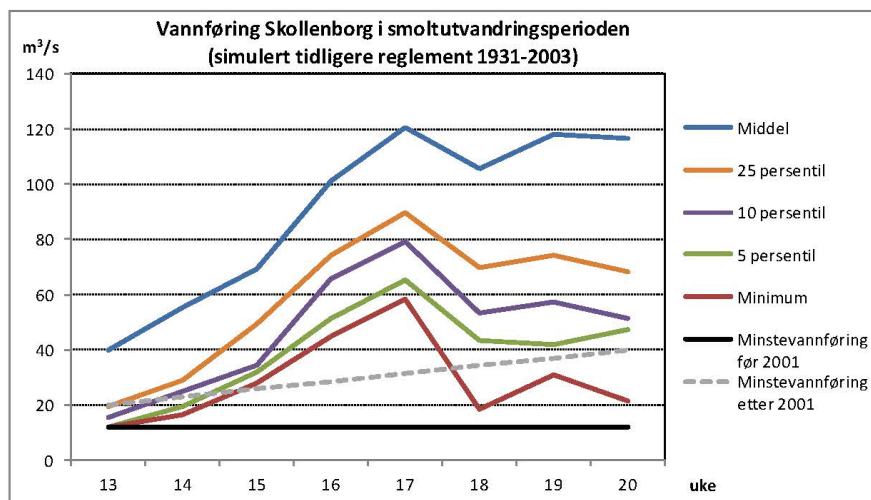
Simuleringer ble i 2006 også gjort med det tidligere reglementet ("fløtningsreglementet"). I figuren under er det vist simulerte vannføringer og sammenholdt disse både med det tidligere reglementets krav til minstevannføring (12 m³/s) og med dagens krav til minstevannføring i perioden.

Som det framgår av figuren, var de laveste vannføringene som forventet noe lavere enn fra simuleringene med dagens reglement, mens middelvannføringene også med tidligere reglement lå godt over alle minstevannføringskrav.

pm03n 2008-05-16

16.01.2012  
Ny konsesjon Numedalslågen

3 (6)  
Oppdrag 130391; JPM  
m:\m\hw\130391 ny konsesjon nore-reguleringene\lg-beregninger\lakseund\for slutttrapport  
lakseund\simulerte vannføringer i smoltutvandringsperioden og på sensommeren.docx



### Sensommeren

Dagens reglement sikrer en betydelig større minstevannføring i perioden fra 15. august til 10. oktober, sammenlignet med kravene i det tidligere reglementet. Tidligere var kravet på bare 12 m<sup>3</sup>/s i hele denne perioden. I dag skal vannføringen ved Skollenborg gradvis avta fra 50 m<sup>3</sup>/s 1. august til 20 m<sup>3</sup>/s 10. oktober.

Ukentlige simulerte vannføringer for årene 1931-2003 er tatt ut og vist i tabellen og figuren under. Det er tatt ut verdier for ukene 33 – 41, eller ca 15. august til 10. oktober. Det er i tillegg til middelveidier tatt ut minimumsverdier, 5-persentiler, 10-persentiler og 25-persentiler. Gjeldende krav til avtakende minstevannføring i perioden er også inkludert.

Som det går fram av både tabellen og figuren, har simuleringene i alle årene helt korrekt resultert i vannføringer høyere enn minstevannføringskravet. Imidlertid er minimumsverdiene like minstevannføringskravet i alle ukene i perioden, og også 5 og 10 persentilene ligger helt ned mot minstevannføringskravet i ukene 33 til 38, dvs. fram til ca 20. september.

Simuleringsresultatene viser også tydelig at middelvannføringene for 1931-2003 i alle uker lå langt over de pålagte minstevannføringene.

pm03n 2008-05-16

16.01.2012  
Ny konsesjon Numedalslågen

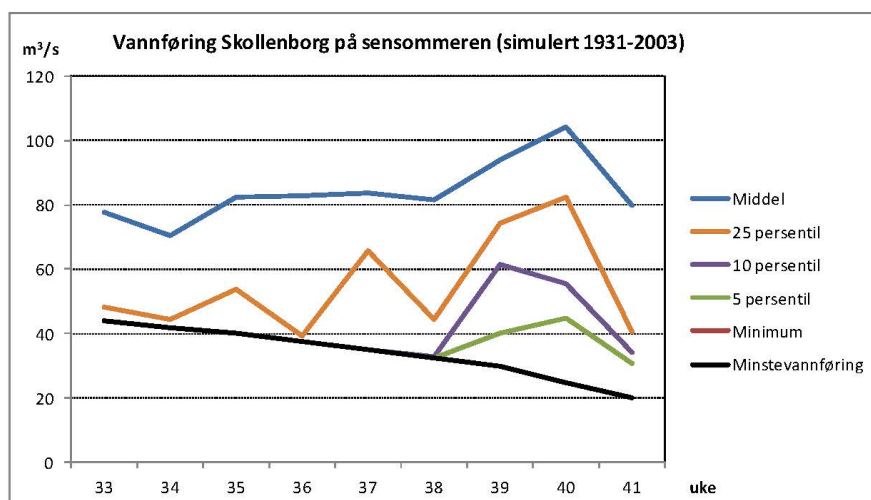
4 (6)  
Oppdrag 130391; JPM  
m:\m\hw\130391 ny konsesjon nore-reguleringene\lg-beregninger\lakseund\for slutttrapport  
lakseund\simulerte vannføringer i smoltutvandringsperioden og på sensommeren.docx





Simulerte vannføringer ( $m^3/s$ ) ved Skollenborg på sensommeren med nytt reglement  
(1931-2003)

Uke	Minste- vannføring	Middel	Minimum	5-persentil	10- persentil	25- persentil
33	44	77,9	44,0	44,0	44,0	48,3
34	42	70,3	42,0	42,0	42,0	44,3
35	40	82,4	40,0	40,0	40,0	53,9
36	37,5	82,6	37,5	37,5	37,5	39,2
37	35	83,8	35,0	35,0	35,1	65,6
38	32,5	81,4	32,5	32,5	32,7	44,6
39	30	94,1	30,0	40,1	61,3	74,4
40	25	104,2	25,0	44,7	55,7	82,6
41	20	80,0	20,0	30,7	34,1	40,4



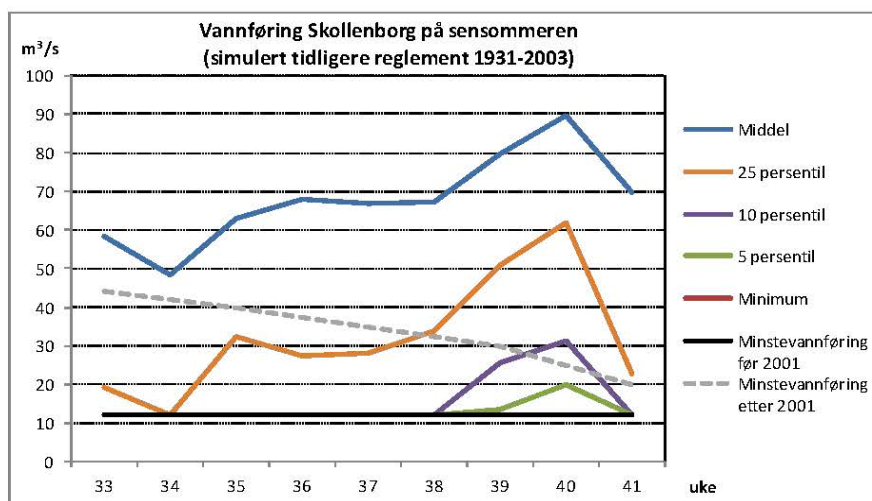
pm03n 2008-05-16

16.01.2012  
Ny konsesjon Numedalslågen

5 (6)  
Oppdrag 130391; .PM  
m:\m\hw\130391 ny konsesjon nore-reguleringene\lg-beregninger\lakseund\for slutttrapport  
lakseund\simulerte vannføringer i smoltutvandingsperioden og på sensommeren.docx

Tilsvarende som for smoltutvandningsperioden, er det også tatt ut verdier fra simuleringene med det tidligere reglementet ("fløtningsreglementet"). I figuren under er det vist simulerte vannføringer og sammenholdt disse både med det tidligere reglementets krav til minstevannføring ( $12 \text{ m}^3/\text{s}$ ) og med dagens krav til minstevannføring i perioden.

Som det framgår av figuren, var de laveste vannføringene betydelig lavere enn fra simuleringene med dagens reglement, mens middelvannføringene også med tidligere reglement lå godt over alle minstevannføringskrav. Spesielt i de første ukene fra midten av august til rundt 20. september viser simuleringene med tidligere reglement lave vannføringer helt ned mot minstevannføringskravet i flere av årene.



Sweco Norge AS



Jan-Petter Magnell  
Spesialrådgiver

pm03n.2008-05-16

16.01.2012  
Ny konsesjon Numedalslågen

6 (6)  
Oppdrag 130391; JPM  
m:\mhw\130391 ny konsesjon nore-reguleringene\g-beregninger\lakseund\for slutt rapport  
lakseund\simulerte vannføringer i smoltutvandningsperioden og på sensommeren.docx







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

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

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

ISSN:1504-3312  
ISBN: 978-82-426-2388-1

## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

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

E-post: [firmapost@nina.no](mailto:firmapost@nina.no)

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger