

## Biologiske undersøkelser i Altaelva

Faglig oppsummering og kommentarer til forslag om varig manøvreringsreglement

Tor F. Næsje, Peder Fiske, Torbjørn Forseth, Eva B. Thorstad, Ola Ugedal, Anders G. Finstad, Nils Arne Hvidsten, Arne J. Jensen og Laila Saksgård



# **NINAs publikasjoner**

## **NINA Rapport**

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

## **NINA Temahefte**

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

## **NINA Fakta**

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

## **Annen publisering**

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

# Biologiske undersøkelser i Altaelva

Faglig oppsummering og kommentarer til forslag om varig manøvreringsreglement

Tor F. Næsje, Peder Fiske, Torbjørn Forseth, Eva B. Thorstad, Ola Ugedal,  
Anders G. Finstad, Nils Arne Hvidsten, Arne J. Jensen og Laila Saksgård

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. 99 pp.

Trondheim, september 2005

ISSN: 1504-3312

ISBN: 82-426-1624-8

#### RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

#### TILGJENGELIGHET

Åpen

#### KVALITETSSIKRET AV

Forskningssjef Odd Terje Sandlund, NINA

#### ANSVARLIG SIGNATUR

Odd Terje Sandlund (sign.)

#### OPPDRAUGSGIVER

Statkraft Energi AS

#### FORSIDEFOTO

Eva B. Thorstad og Tor F. Næsje

#### NØKKEWORD

Kraftregulering - Manøvreringsreglement - Laks - Laksefangster - Vinterdødlighet - Bunnfauna - Begroing

#### KONTAKTOPPLYSNINGER

##### **NINA Trondheim**

NO-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

##### **NINA Oslo**

Postboks 736 Sentrum

NO-0105 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 22 33 11 01

##### **NINA Tromsø**

Polarmiljøsenteret

NO-9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

Telefaks: 77 75 04 01

##### **NINA Lillehammer**

Fakkelgården

NO-2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

<http://www.nina.no>

## Sammendrag

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. 99 pp.

Norsk institutt for naturforskning (NINA) har fått i oppdrag av Statkraft Energi AS å utarbeide biologisk fagrapport til søknad om endelig manøvreringsreglement for Alta kraftverk. Hensikten med rapporten er å: 1) Oppsummere resultater fra Altaelva i prøveperioden 2002-05, og der det er nødvendig trekke inn resultater fra tidligere år; 2) vurdere laksens utvikling i Altaelva i forhold til uregulerte referanseassdrag; og 3) gi faglige kommentarer til Statkraft Energi AS sitt forslag til endelig manøvreringsreglement for Alta kraftverk.

## Faglige kommentarer til foreslåtte manøvreringsreglement

NINAs mandat er å gi fiskefaglige vurderinger av det foreslåtte manøvreringsreglementet for Alta kraftverk, med spesielt fokus på produksjon av laks.

### Generelt

Følgende anbefalinger er generelle og uavhengig av manøvreringsperiodene:

- I det midlertidige reglementet har manøvreringen skjedd i samråd med en fiskesakkyndig i et manøvreringsråd. Denne ordningen er fjernet i forslaget til varig reglement. Hvis det endelige manøvreringsreglementet gir rom for ulike fortolkninger og/eller gir rom for ulike kjørestrategier av kraftverket, vil et manøvreringsråd bedre mulighetene til å ivareta de fiskebiologiske interessene.
- Forslaget til varig manøvreringsreglement er utformet slik at det kan gi rom for ulike tolkninger. For at reglementet skal bli entydig anbefales det at utformingen blir mer presis.
- Minste vannføringer, maksimum vannføringer og begrensninger på opp- og nedkjøring må komme klart fram av reglementet og klart defineres for alle deler av de tre periodene. Perioder hvor det ikke er noen begrensninger må også komme klart fram. I forslaget til varig reglement er dette til dels uklart og mangler for enkelte perioder.

- Reglementet bør stadfeste at prosedyrer for manøvrering av kraftverket ved uforutsette uhell skal utarbeides i samråd med fiskesakkyndig.

## Vinter- og vårperioden

Ut fra et fiskefaglig synspunkt bør manøvreringen i vinterperioden etterstrebe størst mulig grad av islegging i Sautso samtidig som vannføringen holdes stabil og høy i hele lakseførende strekning. Ved å benytte en minste vannføring på 20 m<sup>3</sup>/s ved Kista i hele vinterperioden i stedet for 10 m<sup>3</sup>/s deler av perioden, er det mulig å bedre isleggingsforholdene i Sautso samtidig som de gode produksjonsforholdene for laks i nedenforliggende områder opprettholdes.

Økt vannføring ved tømning av reguleringsmagasinet kan medføre en markant reduksjon i vannføring før vårflommen. Markante reduksjoner i vannføringen på slutten av vinterperioden og begynnelsen av vårperioden skjer i fiskens mest sårbare periode og er potensielt uheldig for laksungene. En slik manøvrering kan medføre økt stress for laksungene og fare for innestenging og stranding.

Tappestrategier som medfører tidligere isfrie områder nedfor Sautso enn tilfellet ville være under naturlige forhold, kan også ha en negativ virkning på laksungenes overlevelse som følge av fysiologiske og atferdsmessige endringer på grunn av økt lys og økt predasjon fra fugl.

Ut fra ønsket om å redusere sannsynligheten for tidlig åpning av elva om våren og redusere markante reduksjoner i vannføring før vårflommen, anbefales det å sette en øvre grense for vannføringen fram til den naturlige vårflommen i vårperioden. Ut fra det øvrige vinterreglementet anbefaler vi at maksimal driftsvannføring under tapping av magasinet på slutten av vinterperioden og begynnelsen av vårperioden er 38 m<sup>3</sup>/s eller opp til naturlig tilsig ved høyere tilsig enn 38 m<sup>3</sup>/s. Fordi det kan oppstå situasjoner hvor en er nødt til å redusere vannføringen, og fordi vannføringen påvirker fiskens overlevelse, vil vi anbefale at minste vannføringen på 20 m<sup>3</sup>/s fra vinterperioden opprettholdes også etter tilsigsøkning og i vårperioden.

NINA anbefaler derfor en minste vannføring på 20 m<sup>3</sup>/s for hele vinter- og vårperioden. I de samme periodene anbefaler vi at maksimum vannføring etter nedkjøring i

begynnelsen av vinterperioden skal være 38 m<sup>3</sup>/s eller opp til lik tilsig ved høyere tilsig enn 38 m<sup>3</sup>/s.

### Sommer- og høstperioden

Etter NINAs fiskebiologiske vurdering er reglementet i sommer- og høstperioden godt utformet og vil ta hensyn til laksens interesser.

## Oppsummering av biologiske undersøkelser

### Begroing av alger og moser

Etter reguleringen ble det registrert økt mengde alger i Sautso, og fiskere rapporterte at begroing av trådformede alger skapte problemer for utøvelse av fiske. Det ble også stilt spørsmål om redusert tetthet av laksunger i Sautso kunne ha sammenheng med den økte begroingen. Undersøkelse av begroing ble derfor startet i 1995 og har pågått fram til i dag. I undersøkelsesperioden er det totalt registret 38 algearter/slekter og 39 mosearter i Altaelva. Algevegetasjonen er lik det som er rapportert fra andre næringsfattige vassdrag i Norge og Sverige.

Den økte begroingen av alger har vært begrenset til Sautso, og hovedsakelig til april, bortsett fra i 1996 da det ble registrert høye biomasser i hele perioden mars-mai. Den økte begroingen skyldes hovedsakelig oppblomstring av grønnalgen *Microspora amoena*. Arten danner meterlange, trådformete begroinger. *M. amoena* bidro til store begroinger i vinterperioden i 1995-1999. I perioden 2000-2004 har det skjedd en sterk reduksjon i mengde begroing i forhold til perioden 1995-1999, samtidig som artssammensetningen er endret. Fra 2000 overtok grønnalgen *Ulothrix zonata* som dominerende art. *U. zonata* har betydelig kortere trådlengder og har dermed ikke potensiale til å utvikle like store begroinger som *M. amoena*.

De store begroingene som ble observert i øvre deler av Altaelva på 1990-tallet, har sannsynligvis sammenheng med økt vanntemperatur om vinteren og manglende isdekke på elva som gir tilstrekkelig lys for algevekst i vinterperioden. I tillegg bidrar isskuring i mindre grad enn før til å fjerne mose- og algebegroinger. Økte næringssaltkonsentrasjoner fra utvasking av jordsmonn og plantemateriale i reguleringsmagasinet har trolig også bidratt til den økte begroingen.

De artsmessige endringer i algesammensetningen fra 2000, med redusert innslag av *M. amoena* i vinterperioden har trolig større sammenheng med redusert næringssalttilgang, enn med den økte isleggingen fra vinteren 2001/2002. Dette fordi endringen startet tidligere enn 2001/2002. Innsamlingsstasjonene ligger dessuten øverst i Sautso der det fremdeles bare legger seg kantis om vinteren. Etter 2001 synes forholdene å være tilbake til en situasjon som antas å være nær situasjonen før regulering.

### Laksunger

Beregningene av utviklingstid for laksegg (basert på vanntemperaturen) tyder på at eggene i Sautso klekker betydelig tidligere etter regulering (1988-2004) enn før regulering (1981-1986), og at klekkingen er spredt over et lengre tidsrom enn tidligere. Til tross for at eggene klekker tidligere enn før, begynner yngelen å spise på omtrent samme tid som før reguleringen. På grunn av lavere vanntemperatur på forsommeren (juni/juli) etter regulering, trenger yngelen lengre tid på utviklingen fra eggene klekker til de er i stand til å begynne å spise. Verken tidspunkt for klekking eller første fødeopptak synes å ha blitt endret vesentlig i prøveperioden 2002-2004 sammenlignet med de andre årene etter reguleringen.

Ved å sammenlikne veksten til laksungene med en vekstmodell utviklet for Altaelva er det sannsynliggjort at laksungenes vekst i Sautso har avtatt på forsommeren etter reguleringen på grunn av lavere vanntemperatur, men økt senere i vekstsesongen. I gjennomsnitt har reguleringen bare ført til små årlige endringer i vekst i Sautso.

Både i perioden før og etter utbygging har laks fanget i Sautso hatt lavere gjennomsnittlig smoltalder og større gjennomsnittlig smoltlengde enn laks fanget i andre soner i elva. Reguleringen har derfor ikke påvirket laksens smoltalder og smoltlengde i Sautso på noen negativ måte.

På de to stasjonene i Sautso og på den ene stasjonen i Sandia har utviklingen i ungfisktetthet vært ikke-lineær i perioden 1981-2004. På disse tre stasjonene har ungfisktettheten først avtatt og deretter økt. På de tre andre stasjonene i elva (Jøra, Vina og Sandia) har det vært en lineær økning av ungfisktetthet i undersøkelses-

sesperioden sett under ett. Denne økningen har vært mest markant på stasjonen i Vina.

For de fire stasjonene nedenfor Sautso er det en signifikant positiv sammenheng mellom minstevannføringen om vinteren (laveste ukemiddel) og gjennomsnittlig tetthet av laksunger. Dette tyder på at økt minstevannføring om vinteren som følge av reguleringen, har medvirket til økt ungfisktetthet i Altaelva nedenfor Sautso.

Utviklingen i ungfisktetthet har vært ganske lik på de to stasjonene i Sautso etter utbyggingen. Fra 1985 til 1991 var ungfisktettheten på begge stasjonene redusert med 50 % i forhold til før utbyggingen (1981-1984). Fra 1992 til 1996 var tetthetene gjennomgående enda lavere enn i årene 1985-1991, og ungfisktettheten i disse årene var redusert med gjennomsnittlig 78 %. Den negative utviklingen i tetthet av laksunger i Sautso i årene etter kraftutbyggingen antas å skyldes forhold relatert til drift og/eller bygging av Alta kraftverk. Fra 1997 til 2000 økte tettheten noe, og tettheten i disse årene var omtrent 50 % av hva den var før utbyggingen. I 2001 var det en markert økning i ungfisktettheten på de to stasjonene i Sautso. Denne økningen i tetthet kan sannsynligvis knyttes til økt rekruttering som følge av fang og slipp fiske av voksen laks i sonen.

En sammenlikning av den gjennomsnittlige tettheten av laksunger på elfiskestasjonene i Sautso med stasjonene i resten av elva viser at tettheten av ettåringer i Sautso var like høy eller høyere enn i de andre delene av elva i årene 1998-2003, men lavere i 2004. Tettheten av toårige laksunger var lavere i Sautso i 1998, 2000 og 2003, mens tettheten av treåringer har vært vesentlig lavere i Sautso enn i resten av elva i hele perioden 1998-2004. Dette kan tyde på at overlevelsen hos eldre laksunger er mindre i Sautso enn i øvrige deler av elva, og at smoltproduksjonen dermed er lavere.

Et merke-gjenfangststudie i Altaelva vinteren 2004-2005 viste at vinteroverlevelsen til laksunger var betydelig lavere i Sautsosen enn i kontrollområdet i Vinasonen. I Gargia ble vinteroverlevelsen til parr og presmolt estimert til 61 %. I Sautso ble overlevelsen til parr estimert til 45 %, mens bare 29 % av presmolten så ut til å overleve vinteren. Estimaten for vinteroverlevelse er minimumsestimater.

Fettinnholdet til laksunger fra Sautso innsamlet i mai har vist en økende trend i perioden 1996-2004, noe som tyder på at energistatusen til laksunger i Sautso

har blitt bedre de siste årene. Dette kan skyldes endringer i begroing, endringer i bunnfauna og laksungenes ernæring og/eller økt isdekke som følge av endret manøvrering.

Forandringer i kroppsenergi hos laksunger i Sautso ble studert gjennom månedlige innsamlinger i tre vintersesonger (2000-2002). Det var flere episoder hvor fordeling av fisk med ulik kroppsenergi i bestanden hadde forandret seg slik at dette ikke kunne forklares på andre måter enn ved energiavhengig dødelighet (fisk med minste energireserver dør). Resultatene tydet på at dødelighet inntraff da fisken hadde brukt opp alt lagringsfettet.

For å studere mulige effekter på laksunger av redusert isdekke i Sautso etter regulering, er det gjennomført ulike laboratorieforsøk. Lys påvirker energiomsetningen til fisken, og overflateis med snødekke reduserer seinvinters lysinnstrømming til elva med over 99 % på dagtid. Ungfisk av Altalaks holdt under lysforhold som i ei elv med isdekke (mørke), hadde 23 % lavere hvilemetabolisme enn laksunger holdt i seks timers dagslys. Fisk holdt i semi-naturlig habitat (renner med naturlig substrat og næring) med simulert overflateis (lystett dekke) hadde i gjennomsnitt 20 % lavere energitap enn fisk holdt i renner uten isdekke (klart plastdekke). Ungfisk av Altalaks holdt i dammer med simulert delvis isdekke (halvparten av arealet med simulert isdekke) hadde et gjennomsnittlig lavere energitap enn fisk holdt i renner uten isdekke. Effekten av delvis isdekke ga 5 % lavere energitap og var mindre enn effekten av heldekkende overflateis (20 % lavere energitap). Laboratorieforskene med ungfisk av Altalaks har vist at det er sannsynlig at redusert isdekke i øvre deler av Altaelva som følge av regulering, har bidratt til nedgangen i produksjon av laksunger i denne delen av elva.

## Bunnfauna, driv og ernæring

Bunnfaunaen i Altaelva og ernæringen til laksungene er undersøkt årlig siden 1980. Kvantitative prøver av bunnfaunaen i perioden 1993-2004 viser at Altaelva gjennomgående har høy bunndyrtetthet. I årsgjennomsnitt, basert på prøver fra mai - september, har vanlige verdier ligget på 2 500-5 000 individer per m<sup>2</sup> på stasjonene i Sautso og Vina, og 1 000-2 000 individer per m<sup>2</sup> på stasjonene i Raipas og Sandia.

Fjærmygglarver har antallsmessig vært den dominerende dyregruppen, etterfulgt av døgnfluenymfer, vårfluelarver og steinfluenymfer. Artsutvalget har vært meget stabilt, men dominansforholdene har vært ulike i øvre og nedre del av elva. Andre grupper enn de som er nevnt, har i de fleste tilfeller utgjort mindre enn 1 % av bunnfaunaen. Det kan konkluderes med at Altaelva har gjennomgående stor bunndyr tetthet og stabile tilstander med hensyn til artsutvalg og dominansforhold innenfor sentrale grupper. Næringstilbudet for laksunger er godt og variert i hele elva, spesielt i øvre deler.

Ernæringen til laksungene i Altaelva har overveiende bestått av fjærmygglarver, døgnfluenymfer, steinfluenymfer og vårfluelarver. Når mageprøver fra alle innsamlingsperioder i perioden mai - september sees under ett, har fjærmygglarver blitt antallsmessig mest utnyttet som byttedyr hos alle aldersgrupper av laksunger, fulgt av døgnfluenymfer, steinfluenymfer og vårfluelarver.

Det har over tid skjedd en betydelig endring i laksungenes diett i Sautso om våren. I 1993-1996 dominerte fjærmygglarver og døgnfluenymfer volummessig dietten til alle aldersgrupper av laks. I perioden 1997-2000 avtok betydningen av fjærmygglarver i laksungenes diett, mens betydningen av steinfluenymfer og vårfluer økte. Denne diettendringen har vedvart gjennom prøveperioden. I 2002-2004 hadde døgnfluenymfer størst volummessig betydning i mageprøver hos alle aldersgrupper av laksunger. Hos laksunger eldre enn 1-åringer har både steinfluenymfer og vårfluelarver økt sine andeler til dels kraftig etter 1996. I bunnfaunaen har andelen av fjærmygglarver og døgnfluenymfer vært jevn gjennom undersøkelsesperioden, mens andelen av steinfluenymfer og vårfluelarver har økt noe fra 1993-1996 til 2002-2004.

Data fra undersøkelser utført før reguleringen viser at dietten til laksungene i Sautso om våren hadde store likhetstrekk med forholdene etter 1997-1998. Endringene i bunnfauna og ernæring hos laksunger de senere årene oppfattes som en positiv utvikling. Endringene i laksungenes diettsammensetning som de senere årene har funnet sted i Sautso i den kritiske vårperioden, gjenspeiler sannsynligvis bedre tilgjengelighet av større attraktive byttedyr. Dette kan blant annet ha sammenheng med redusert begroing.

Målsettingen med undersøkelsene av drivfauna vinterstid i Altaelva har vært å skaffe grunnlag for å vurdere om laksungene har dårligere tilgang på drivfauna på åpne

elvestrekninger sammenliknet med islagte. Drivfaunaen ble undersøkt i Svartfossen i Sautso (2002-2004) der elva etter kraftutbyggingen stort sett er isfri hele året, og Gargia (2002) eller Forbygningen (2003 og 2004), der elva normalt er islagt om vinteren med unntak av isfrie råker.

Drivet av dyr i Svartfossen bestod vesentlig av hoppekreps (fra kraftverksmagasinet) og små fjærmygglarver, og få individer av andre dyregrupper. I Gargia og Forbygningen var det vesentlig færre hoppekreps enn i Svartfossen. For de andre dyregruppene i drivet var forskjellene små mellom de isfrie og islagte stasjonene.

Mageanalyser av laksunger i Sautso viste at dyregruppene som forekommer hyppigst i drivet har liten betydning som vinternæring for laksunger. Samlet sett kan det konkluderes at det ikke ble funnet støtte for hypotesen om at manglende isdekke reduserer perioden av døgnet de viktigste av byttedyrene for laksungene er aktive. Dermed kan det heller ikke konkluderes med at ungfisken av denne årsak har dårligere tilgang på drivfauna på åpne elvestrekninger sammenliknet med islagte.

## Smoltproduksjon og utvandring

Produksjon og utvandringsmønster for laksesmolten i Altaelva er undersøkt i perioden 2003-2005. Spesielt fokus har vært på å studere eventuelle forskjeller mellom Sautsosenen, som er sterkest påvirket av utbyggingen, og de resterende deler av lakseførende strekning.

I Sautso ble den samlede tettheten av presmolt (fisk  $\geq 12$  cm) beregnet til 2,8 og 3,4 individer per 100 m<sup>2</sup> i henholdsvis 2003 og 2004 ved én gangs overfiske med elektrisk fiskeapparat. I Vina ble den samlede tettheten av presmolt beregnet til 6,3 og 13,3 individer per 100 m<sup>2</sup> i de samme årene. I 2004 ble tettheten av presmolt i Jøra beregnet til 11,0 individer per 100 m<sup>2</sup>, det vil si omlag det samme som i Vina. Tettheten av presmolt i Sautso var signifikant lavere enn på sammenlignbare områder i Vina i begge årene. Dette tyder på at tettheten av presmolt i Vina var mellom to og fire ganger så stor som i Sautso.

Vi kjenner ikke forholdet mellom tettheten av presmolt i Sautso og Vina/Jøra før reguleringen. Vurdert ut fra Sautsolaksens andel av fangsten av laks fra smoltårsklassene 1980-1984, utgjorde smoltproduksjonen i Sautso før reguleringen omtrent 16 % av produksjonen i hele



elva. Dette er et minimumsestimat siden Sautsolaks også fanges i andre deler av elva. Sautso (inkludert Sautsovann) utgjør omlag 16 % av lengden på lakseførende strekning i Altaelva. Vurdert ut fra lengden på den lakseproduserende elvestrekningen antas at tettheten av smolt i Sautso før regulering var minst like stor som tettheten av smolt lengre ned i elva. Våre resultater tyder derfor på at tettheten av presmolt, og dermed smoltproduksjonen i Sautso, fremdeles er lavere enn før utbyggingen.

I 2004 og 2005 ble smoltproduksjonen i Altaelva studert ved merking og gjenfangst. I 2004 ble det merket smolt i områdene Sautso og Vina/Jøra. For å sikre en mest mulig representativ fangst av smolt produsert over hele lakseførende strekning, ble det i 2005 i tillegg til Sautso og Vina/Jøra også merket fisk i områdene Sandia og Raipas. Den merkede fisken ble gjenfanget i smoltfeller ved Øvre Alta Bru. Basert på disse undersøkelsene var smoltproduksjonen i Altaelva 578 000 smolt i 2004, mens den i 2005 var 664 000 smolt. Beregningen gjelder antall smolt på merketidspunktet. Antallet smolt som gikk ut av elva vil derfor sannsynligvis være noe mindre på grunn av dødelighet i tidsrommet mellom merking og utvandring.

Hvis vi trekker fra en anslått maksimal produksjon av laksesmolt i Eibyelva på 30 000 smolt, blir smoltproduksjonen per arealenhet i Altaelva ovenfor Øvre Alta Bru henholdsvis 14,7 og 17,0 individer per 100 m<sup>2</sup> for 2004 og 2005. Sammenliknet med smoltproduksjon i andre undersøkte elver i Norge kan smoltproduksjonen i Altaelva karakteriseres som høy. Dette er i overensstemmelse med resultatene fra undersøkelsene av laksunger, som viser at Altaelva har høye tettheter av laksunger i de fleste områder nedenfor Sautsosenen.

Reguleringen av Altaelva har ført til endringer i vanntemperatur og lysforhold (pga redusert isdekke) i Sautso om vinteren og våren. Begge disse miljøparametrene er vist å påvirke tidspunktet for laksens smoltifisering. En asynkron smoltifisering og/eller utvandring (dvs. tidligere eller senere) med smolten i resten av elva kan medføre økt predasjon; det vil si at en økt andel blir spist av annen fisk når smolten vandrer ut av fjordsystemet.

Merkeforsøkene viser at smolt vandret suksessivt ut, først fra nedre deler og senere fra områder oppover i elva. I 2004 ble utvandringen av smolt fra Sautso og kontrollområdet Vina/Jøra undersøkt. Den merkete fisken fra Sautso vandret seinere ut (median dato 8.

juli) enn fisken merket i Vina/Jøra (median dato 2. juli). Kjemiske analyser av otolittene til den utvandrende smolten bekrefter at fisk klassifisert som Sautsosmolt vandret ut seinere enn fisk fra resten av elva. I 2005 ble utvandringen av smolt fra Sautso, Sandia, Vina/Jøra og Raipas undersøkt. Den merkede fisken fra Raipas kom først (median dato 23. juni), så kom fisk fra Vina/Jøra (median dato 5. juli), fisk fra Sandia (median dato 9. juli) og til slutt fisk fra Sautso (median dato 13. juli). Variasjonen i utvandringsdato mellom områder var statistisk signifikant.

Forsøk med Altalaks utført på settefiskanlegget i Talvik har vist at redusert vanntemperatur kan forsinke smoltutvandringen. I Sautso har vanntemperaturen blitt lavere om våren, fra ca slutten av mai til smolten vandrer ut i slutten av juni og begynnelsen av juli. Denne temperaturreduksjonen, som jevner seg ut nedover i vassdraget, kan ha medført forsinkelse i utvandringstidspunkt for smolten i de øvre deler av lakseførende strekning.

## Voksen laks

I Sautso har det vært en negativ utvikling i fangstene av laks etter kraftutbyggingen. Fangsten av storlaks i Sautso gikk signifikant tilbake i perioden 1980-2004. I de andre sonene var det ingen signifikante endringer i fangsten av storlaks, unntatt på den øverste fiskekortstrekningen i Sandia, nærmest Sautso. Før utbyggingen (1980-1986) ble gjennomsnittlig 16 % av storlaksfangstene i Altaelva fanget i Sautso, mens etter utbyggingen (1991-2004) sank denne andelen til 6 %. Andelen var imidlertid noe høyere i 2001, 2002, og 2004 enn på siste halvdel av 1990-tallet. I 2004 utgjorde fangsten av storlaks i Sautso 9 % av fangsten i hele elva, noe som var den største andelen siden 1990.

Når det gjelder smålaks, så var det ingen signifikant endring i fangstene i Sautso i perioden 1980-2004. Dette er imidlertid den eneste sonen hvor fangstene av smålaks ikke har økt betydelig, slik at i forhold til de andre sonene har det også vært en relativ nedgang i smålaksfangstene i Sautso.

Resultatene fra gytefisktellinger og gytegroptellinger viser at gytebestanden i Sautso var betydelig større i 2002-2004 sammenliknet med perioden 1996-1997. Laksefangstene tyder imidlertid på at laksebestanden i Sautso enda ikke er oppe på samme nivå som før utbyggingen.

Nedgangen i fangst av voksen laks i Sautso kan knyttes til en nedgang i ungfisktetthet etter utbyggingen. Etter innføring av fang og slipp fiske i Sautso i 1998 har imidlertid antallet gytegroper økt. De siste årene, spesielt fra og med 2001, er det også registrert en økning av ungfisktettheten i Sautso, noe som tyder på at økt antall gytefisk har gitt en økt rekruttering av ungfisk.

Mesteparten av ungfisken står fire år i elva før de vandrer ut som smolt, og mesteparten av laksen er én til tre vintre i sjøen før de kommer tilbake til elva for å gyte. Dette innebærer at en eventuell bedring av oppvekstforholdene i Sautso ikke vil gi seg utslag i økt tilbakevandring og økte fangster før 4-7 år senere.

I Sandia har det vært en nedgang i de relative fangstene på den øverste fiskekortstrekningen, nærmest Sautso, og fangstene har vært lave også i perioden 2002-2004 sammenlignet med før utbyggingen. Dette har trolig sammenheng med tilbakegangen i laksebestanden i Sautso, og at en relativt stor andel av fangsten øverst i Sandia har vært laks på vei tilbake til Sautso.

Laksebestanden ble altså betydelig redusert i Sautso etter utbyggingen. Fangstene ble som en følge av dette redusert i Sautso og øverst i Sandia, mens det ikke er registrert reduserte fangster i elva forøvrig. For å undersøke fangstutviklingen for hele Altaelva i perioden 1979-2004, har vi gjort sammenligninger med ni andre elver i Nord-Norge. De samlede fangstene av én-sjøvinter laks etter utbyggingen har økt i Altaelva i forhold til de andre elvene, mens det ikke kunne påvises noen forskjell i utviklingen av de samlede fangstene av flersjøvinter laks. Sammenligningene gir derfor ikke grunnlag for å konkludere at kraftverksreguleringen har gitt reduserte fangster av laks i Altaelva sett under ett.

## Fiskeenders predasjon av laksunger

Predasjon på laksunger fra laksand er blitt sett på som et problem i flere land. Dette gjelder spesielt dersom endene spiser større parr eller smolt, fordi dette trolig ikke vil bli kompensert ved tetthetsavhengig dødelighet, siden tetthetsavhengig dødelighet antas å ha mindre betydning jo eldre laksungene blir. Basert på undersøkelser i 2005 har vi forsøkt å anslå hvor mye mer laksefisk fiskandbestanden i Altaelva kan spise dersom elva blir isfri tidligere om våren enn det som er naturlig.

I perioden 14.-16. mai 2005 ble det talt 184 fiskeender (96 silender og 88 laksender) i Altaelva. I mageinnholdet til 60 tidligere skutte ender ble det funnet 606 laks (90 %), 3 aure (0,4 %), 13 røye (1,9 %), 37 ubestemte laksefisk (5,5 %), 7 stingsild (1 %), 2 lake (0,3 %), og 5 insekter (0,7 %).

Basert på simuleringer spiser en laksand i løpet av en dag 1,5 ettårige laksunger, 12 toårige laksunger, 12 treårige laksunger, 18 fireårige laksunger, og 3 individer av andre fiskearter. Disse tallene ble brukt for å vurdere hvor mange laksunger av de ulike aldersgruppene som kan bli spist av fiskeender som en funksjon av antall ender i elva og antall ekstra dager elva er åpen. Trolig vil predasjon på presmoltstadiet (4+ og eldre) ha størst betydning for smoltproduksjonen i elva. Ut fra simuleringene vil 200 laksender i løpet av en 30 dagers periode spise mellom 78 000 og 136 000 presmolt. Dersom Altaelva blir isfri tidligere om våren, kan dette derfor potensielt føre til en økt predasjon på laksunger fra fiskeender. Det er imidlertid usikkert i hvilken grad det er ender i området som kan nyttegjøre seg den økte tilgjengeligheten av laksunger i denne perioden. Silanda overvintrer i Finnmark, og endene flytter seg trolig etter områder med mye næring. Det er derfor mulig at silanda kan oppdage den økte tilgjengeligheten av næringsområder og dermed begynne å spise fisk i elva tidligere enn under naturlige forhold. For laksender er dette mer usikkert, siden laksanda er en mer utpreget trekkfugl og overvintrer lengre vekk fra elva.

## Effekter av utbyggingen på laksebestanden

Dette kapitlet sammenfatter kunnskapen om utviklingen i laksebestanden i Altaelva i perioden 1980-2005, med et spesielt fokus på negative forhold i øvre deler av lakseførende strekning og mulige årsaker til disse endringene.

Det er flere årsaker til at laksebestanden i Sautso har gjennomgått en negativ utvikling etter kraftreguleringen. Som grunnlag for våre vurderinger fokuserer vi spesielt på ungfiskbestanden (inkludert smolt), fordi det synes å være en svært god sammenheng mellom reduksjonen i tetthet av ungfisk og redusert oppvandring og fangster av voksen laks.

## Bygging og manøvrering av Alta kraftverk

Utviklingen i ungfisktetthet på de to hovedstasjonene i Sautso viste at tettheten avtok allerede i 1985-1986 sammenliknet med tettheten i årene 1981-1984. Den samme nedgangen i ungfisktetthet i 1985-1986 ble funnet på andre elfiskestasjoner i elva. Nedgangen kan ha hatt sammenheng med negativ påvirkning på yngel og ungfisk som følge av byggingen av dammen og kraftverket.

## Stranding

Det er overveiende sannsynlig at dødelighet som følge av stranding, har hatt en negativ påvirkning på ungfisktettheten i Sautso. Det er imidlertid også klart at stranding ikke kan ha vært den eneste miljørelaterte dødelighetsfaktoren for laksunger i Sautso i perioden etter byggingen av kraftverket. Basert på antall strandingsepisoder antar vi at flest fisk døde på grunn av stranding de første årene etter utbyggingen. Etter midten av 1990-tallet er driften av kraftverket bedret, og antall episoder som medfører stranding av laksunger er redusert.

## Miljøforandringer om vinteren og våren

Spesielt to forhold, energiavhengig vinterdødelighet og asynkron smoltifisering, som begge er knyttet til endrede miljøforhold i Sautso, er trukket fram som viktig for overlevelsen til laksungene.

I løpet av de siste årene er det gjennom felt- og laboratoriestudier fremskaffet ny kunnskap om betydningen av endrede miljøforhold om vinteren for laksungene i Sautso. Feltstudier av laksunger i Altaelva om vinteren har påvist energiavhengig dødelighet hos laksunger i Sautso, mens laboratorieforsøk har vist at det er sannsynlig at redusert isdekke i øvre deler av Altaelva har bidratt til nedgangen i produksjon av laksunger. Beregningene av vinteroverlevelse bekrefter at overlevelsen av eldre laksunger er lavere i Sautso enn i Gargia lengre ned i elva. Disse resultatene har sannsynliggjort at endrede miljøforhold om vinteren som følge av reguleringen, har vært og fremdeles er en viktig dødelighetsfaktor for laksunger i Sautso.

Økt begroing av alger om vinteren og våren i Sautso etter regulering har blitt foreslått å innvirke på laksungenes næringsinntak ved at næringsdyrene har blitt mindre tilgjengelige for fisken. I perioden 2000-2004 har

det skjedd en sterk reduksjon i mengde begroing om vinteren i forhold til perioden 1995-1999. Samtidig er artssammensetningen endret. Etter 2001 synes forholdene å være tilbake til en situasjon som antas å være nær forholdene før regulering. Begroingen kan derfor i noen år på 1990-tallet ha medvirket til at energistatusen til laksunger ble ytterligere redusert om våren, og kan ha bidratt til økt vinterdødelighet disse årene.

## Asynkron smoltifisering

Reguleringen av Altaelva har ført til endringer i vanntemperatur og lysforhold på grunn av redusert isdekke i Sautso om vinteren og våren. Begge disse miljøparametrene er vist å påvirke tidspunktet for laksens smoltifisering. Undersøkelsene av smoltutvandring i Altaelva de to siste vintrene viser at smolt vandret suksessivt ut, først fra nedre deler og senere fra områder oppover i elva, slik at smolt fra Sautso vandrer senere enn fra de andre delene av elva. Vi kjenner ikke til om smoltutvandringen fra Sautso var synkronisert med utvandringen fra resten av elva før reguleringen. Den reduserte vanntemperaturen i øvre deler av elva om våren før smolten vandrer kan imidlertid ha medført at smolten i dette området vandrer senere ut enn lengre ned hvor vanntemperaturen er mindre endret. På grunn av predasjon i sjøen hvor smolten risikerer å bli spist av annen fisk, kan det være fordelaktig for smolten fra Sautso å gå ut samtidig med smolten fra de andre delene av vassdraget.

## Andre mulige dødelighetsfaktorer

Det er flere andre mulige forklaringer til økt dødelighet hos laksunger som følge av reguleringen i Altaelva. Vi vil trekke fram følgende tre hypoteser som har vært lansert som mulige viktige årsaker til tilbakegangen i ungfiskbestand i Sautso: Økt parasittering, økt konkurranse og predasjon fra andre fiskearter, og økt predasjon fra fugler og pattedyr

En sammenlikning av antallet øyeikter i laksunger fra Sautso med laksunger fra andre deler av elva viste at infeksjonen var lav i Sautso sammenliknet med de øvrige deler. Undersøkelsene ga derfor ikke støtte til hypotesen om at økt parasittbelastning av øyeikter som følge av kraftutbyggingen, kan ha medvirket til nedgangen av laksunger i Sautso.

Det finne begrenset med kunnskap om utviklingen i bestandene av andre fiskearter enn laks i Sautso. Det er imidlertid foretatt undersøkelser av harren i Sautso. Undersøkelsen viste at 4,4 % av harren ovenfor Sautso vann hadde spist fisk. Det meste av dette var sannsynligvis laksunger. På grunn av en sannsynlig tett bestand av harr kan denne arten utøve et predasjonstrykk på laksungene på elvestrekningen ovenfor Sautso vann. Siden vi ikke kjenner tidligere eller nåværende bestandsstørrelse av harr, kan vi ikke si noe sikkert om predasjon av lakseyngel har vært en medvirkende faktor til reduksjon i tettheten av lakseyngel. I tillegg spiste harren de samme næringsdyrene som laksunger. Diettoverlappet mellom harr og laksunger økte med alderen til laksungene. En tett harrbestand kan derfor også konkurrere med laksungene om næringsdyr.

Undersøkelsen av laksunger og andre fiskearter i Sautso vann viste at predasjonspresstet på laksungene kan være stort og bidra til å redusere smoltproduksjonen i vannet. Vi har imidlertid ikke data til å vurdere predasjonstrykket før og etter regulering.

Laksungene i Altaelva er også utsatt for predasjon fra pattedyr og fugler. Reguleringen har ført til at elva fra kraftstasjonen og ned til Sautso vann i stor grad går åpen om vinteren. Dette fravær av isdekke har åpenbart økt mulighetene for at fiskespisende dyr, som er avhengig av åpent vann for å kunne spise laksunger, kan utvide jakt sesongen. For eksempel kan fiskeender forlenge oppholdstiden ut over høsten og vinteren i den isfrie delen av elva. I den grad manøvreringen har medført tidligere isløsning i andre deler av elva, kan dette også ha medført økt predasjon. Når det gjelder fuglepredasjon, for eksempel fra fiskeender, er det imidlertid en forutsetning at disse artene på denne tiden av året har vendt tilbake til Altaområdet fra sine vinteroppholdssteder. Uten kunnskap om utviklingene i bestandene av slike predatorer i Altaelva og deres bruk av Sautso sonen på senhøsten, vinteren og våren, er det vanskelig å vurdere betydningen av denne dødlighetsfaktoren for utviklingen i ungfishbestanden etter reguleringen av elva.

## Effekter av islegging og minste vannføring på smoltproduksjon i ulike deler av elva

Både endringer i isforhold og økt vintervannføring har sannsynligvis påvirket vinteroverlevelsen til laksunger

i Altaelva. Redusert islegging har redusert vinteroverlevelsen i Sautso, mens økt minste vannføring om vinteren isolert sett synes å ha bedret vinteroverlevelsen i hele elva.

## Lakseproduksjon: Sautso vs resten av elva

Sautso inkludert Sautso vann utgjør ca 16 % av lengden på lakseførende strekning i Altaelva. Hvis det forutsettes at 10 % av Sautsolaksen ble fanget på elvestrekningen nedenfor Sautso før regulering, var produksjonsandelen i Sautso nesten 25 %. Som en sammenligning var gjennomsnittlig tetthet av laksunger før regulering 59 fisk per 100 m<sup>2</sup> i Sautso og 37 fisk per 100 m<sup>2</sup> i resten av elva, det vil si at ca 23 % av produksjonen av laksunger var i Sautso. Det er derfor rimelig å anta at ca 25 % av lakseproduksjonen i Altaelva foregikk i Sautso før reguleringen.

Beregninger av den totale effekten av regulering på hele lakseførende strekning bygger på ulike undersøkelser og antagelser. Økt vintervannføring etter reguleringen har gitt en økning på opp til ca 45 % i produksjon av laksunger nedenfor Sautso, hvor 75 % av produksjonen foregikk før reguleringen. Videre kan en anta at bortfall av isdekke i Sautso har redusert den årlige overlevelsen fra 60 % til 45 % for parr og 30 % for presmolt i Sautso. Basert på dette antar vi at laksungene i Sautso utsettes for to vintre med 45 % overlevelse og en vinter med 30 % overlevelse før de går ut som smolt 4 år gamle. Dette gir en totaløkning i smoltproduksjonen i vassdraget som helhet på ca 16 % etter reguleringen, til tross for at bortfall av isdekke med disse forutsetningene har redusert smoltproduksjonen i Sautso med om lag 70 %.

En reduksjon i smoltproduksjon i Sautso på om lag 70 % er høyere enn det tetthetsberegningene av presmolt tilsier. Basert på data fra våre tetthetsstasjoner synes den positive effekten av økt vintervannføring å svekkes oppover elva. Det er derfor ikke sikkert at en har en positiv effekt av minste vannføringen på hele strekningen nedenfor Sautso, og effekten av økt minste vannføring kan utgjøre mindre enn 45 % økning i ungfishbestanden nedenfor Sautso. Det er imidlertid sannsynlig at en høyere vintervannføring har ført til en totaløkning i smoltproduksjon i vassdraget. Dette er i overensstemmelse med at fangstene av smålaks ser ut til å ha økt etter regulering, mens fangstene av storlaks er uforandret.

## Effekten av islegging

Siden forslaget til varig reglement ligner på driften i prøveperioden 2002-2005, er det relevant å vurdere effekten av islegging i denne perioden. I de siste fire vintrene (prøveperioden) er kraftverket manøvrert på en måte som skal gi større islegging i Sautso. Grove beregninger tyder på at den oppnådde isleggingen for hele vinterperioden (1. desember til 31. mars) i gjennomsnitt varierte fra 12 % isdekke vinteren 2004-05 til 23 % vinteren 2002-03, med et gjennomsnitt for de fire årene på 18 % isdekke. Tilsvarende beregninger for perioden 1. januar til 31. mars ga et isdekke på mellom 15 og 23 %, med et gjennomsnitt på 20 %.

Basert på lufttemperaturene ved Alta lufthavn og i Kautokeino var alle disse vintrene varmere enn normalen for perioden 1961-1990. Dette kompliserer vurderingene av effekten av ny kjørestrategi på et framtidig isdekke i Sautso. Global oppvarming medfører at perioden med isdekke reduseres i vassdrag over hele den nordlige halvkule, og ytterligere reduksjoner er forventet. Dette innebærer at normalen (1961-1990) er i endring, og at det er mulig at de siste fire vintrene (i alle fall de to kaldeste) ikke var særlig mildere enn det de framtidige kalde vintrene kan forventes å bli. Ut fra dette vil det være rimelig å anta at i fremtiden vil de 25 % mildeste vintrene gi et isdekke på ca 10 %, mens de 25 % kaldeste vintrene vil kunne gi opp til 30 % isdekke. Basert på beregninger utført for vinteroverlevelsen til laksunger under fullt isdekke og under fravær av isdekke vil et 10 % isdekke (dvs mild vinter) i perioden 1. desember til 31. mars, kunne øke den årlige vinteroverlevelsen av laksunger i Sautso fra 30 % ved intet isdekke til minst 32,5 % og maksimalt 36 %. En kald vinter med 30 % isdekke vil overlevelsen øke til minst 39 % og maksimalt til 46 %.

Tilsvarende beregninger kan også gjøres med utgangspunkt i presmolttettheter om våren. Med denne beregningsmåten vil økt isdekke ved manøvreringstiltak i milde vintre gi økninger i smoltproduksjonen i Sautso fra 10 til 20 %, mens økningen i kalde vintre kan bli fra 30 til 55 %.

Beregningsmåtene gir altså relativt like anslag for den positive effekten på smoltproduksjonen av økt isdekke i Sautso. Minste effekt med milde vintre anslås til ca 10 % økning i produksjon fra dagens nivå, mens største effekt med kalde vintre anslås til ca 55 % økning. Våre grove beregninger anslår at smoltproduksjonen i Sautso i en

middels kald vinter vil øke med ca 30 % fra dagens reduserte nivå. Imidlertid vet vi ikke i hvilken grad isdekke i desember til medio februar (med mørketid og kort dag) gir full effekt. Det er derfor grunn til å betrakte våre anslag for positiv effekt av økt isdekke som nivåer for maksimum mer enn en minimum effekt.

## Minstevannføring

Basert på driftserfaringene fra de siste fire vintrene er det mulig å gi prognoser for hvordan et framtidig vannføringsregime vil påvirke fiskeproduksjonen i hele lakseførende strekning. Dersom kjørestategien for økt isdekke videreføres samtidig som laveste ukemiddel for vintervannføring holdes over 20 m<sup>3</sup>/s, viser våre beregninger at den totale smoltproduksjonen i Altaelva kan øke med opp til 25 % i forhold til uregulert elv, til tross for at smoltproduksjonen i Sautso er redusert med 40 % sammenlignet med før utbyggingen.

Vår beste prognose, basert på en manøvrering som gir maksimalt isdekke sammen med en minstevannføring om vinteren på i størrelsesorden 20 m<sup>3</sup>/s ved Kista, er at smoltproduksjonen i Altaelva i gjennomsnitt vil bli minst like stor som før regulering og mulig opp til 25 % høyere. Basert på dagens kunnskap vurderer vi det imidlertid som sannsynlig at smoltproduksjonen i Sautso med det foreslåtte manøvreringsreglementet forblir redusert i forhold til uregulert tilstand.

## Vurdering av prøveperioden 2002-2005

I prøveperioden 2002-2005 har det vært prøvd et nytt tapperegime for å gi økt islegging i Sautso. Prøveperiodens lengde er imidlertid for kort til at feltundersøkelser kan gi sikre svar på hvilke biologiske effekter det nye tapperegimet har hatt på laksebestanden.

I løpet av prøveperioden er tettheten av laksunger i Sautso opprettholdt på et rimelig høyt nivå. I 2001, altså før prøveperioden, skjedde en markert økning i tettheten av laksunger på de to stasjonene i Sautso. En viktig årsak til dette var økt antall gytefisk på grunn av fang og slipp fiske. I perioden 2002-2004 var imidlertid tettheten på den øverste stasjonen nærmest kraftverket fremdeles lavere enn tettheten i referanseårene før utbygging. En sammenlikning av den gjennomsnittlige tettheten av laksunger i Sautso med resten av elva tyder på at overlevelsen til eldre laksunger fremdeles er lavere

i Sautso, og at smoltproduksjonen dermed er mindre. Beregningene av vinteroverlevelse til laksunger tyder på at overlevelsen til eldre laksunger (29 %) så vel som yngre laksunger (45 %) er lavere i Sautso enn i Gargia (ca 60 % for begge grupper) lengre ned i elva.

I perioden 2000-2004 har det i Sautso skjedd en sterk reduksjon i mengden begroing i vinterperioden i forhold til perioden 1995-1999, samtidig som artssammensetningen er endret. Denne endringen har trolig større sammenheng med endret næringssalttilgang, enn med den økte isleggingen, fordi endringen startet allerede før 2001/2002.

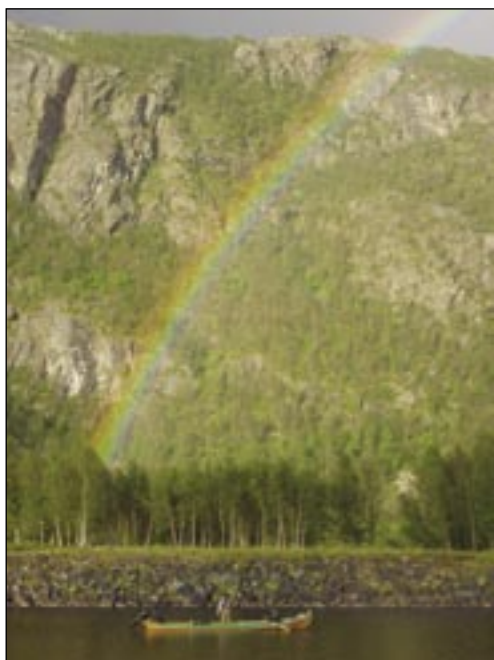
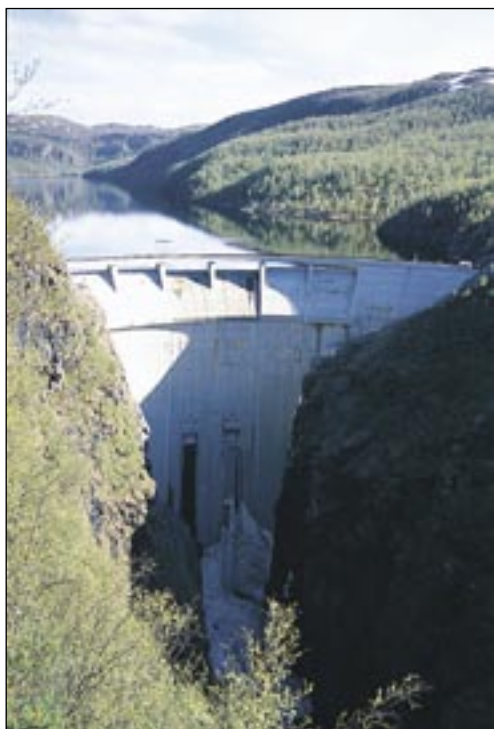
Det nye tapperegimet i perioden 2002-2005 gjør at isleggingen i Sautso har økt, men varigheten og omfanget av isdekke er fremdeles vesentlig mindre enn før reguleringen. I løpet av de siste årene er det gjennom felt- og laboratoriestudier sannsynliggjort at de endrede miljøforholdene om vinteren som skyldes reguleringen, har vært og fremdeles er en viktig dødelighetsfaktor for laksungene i Sautso.

Reguleringen av Altaelva har ført til endringer i vanntemperatur og lysforhold (reduisert isdekke) i Sautso om vinteren og våren. Begge disse miljøparametrene påvirker tidspunktet for laksens smoltifisering. Undersøkelsene av smoltutvandring i Altaelva de to siste vintrene viser at smolt vandret suksessivt ut, først fra nedre deler og senere fra områder oppover i elva, slik at smolt fra Sautso forlater elva sist. Den reduserte vanntemperaturen i øvre deler av elva om våren kan ha ført til senere utvandring enn lengre ned hvor vanntemperaturen er mer uforandret. På grunn av predasjon i sjøen, hvor smolten risikerer å bli spist av annen fisk, kan det være fordelaktig for smolten fra Sautso å gå ut av elva under hovedutvandringen fra resten av elva.

De to siste vintrene har det vært gjennomført en tappestrategi hvor vannføringen på senvinteren er økt ut over tidligere grenser på 33/38 m<sup>3</sup>/s. En slik tappestrategi gjør at isdekket i de nedre deler av elva sannsynligvis forsvinner tidligere enn det ville gjort under naturlige forhold. Dette kan, på samme måte som i Sautso, gi økt vinterdødelighet på grunn av kortere periode med isdekket elv. Antar vi at økningen i vannføring gir 2-4 uker tidligere isløsning (10-20 % reduksjon i lengden på isdekket periode) vil dette, basert på sammenhengen mellom vinteroverlevelse og varighet av isdekke, teoretisk redusere vinteroverlevelsen med 5 til 10 % i områdene nedenfor Sautso. En slik direk-

te overføring av prediksjoner fra en modell basert på laboratoriestudier til Altaelva er usikker, men betraktningene antyder at tidligere åpning av elva kan være et problem. Tidligere åpning av elva i de nedre deler kan også gjøre at laksungene blir mer utsatt for predasjon fra fiskespisende fugl. Dette forutsetter at fuglene kommer tidligere til vassdraget hvis det blir åpent, noe vi ikke har kunnskap om.

I de to siste vintrene, da vannføringen ble økt utover 38 m<sup>3</sup>/s, førte manøvreringen av kraftverket til en markant reduksjon i vannføring senere på våren. Reduksjonene i vannføring skjedde i en periode av året da fisken hadde dårlig fysiologisk kondisjon. Ekstra stress ved skifte av leveområder kan i denne perioden øke overlevelseskostnadene og medføre ekstra dødelighet. Stranding er en annen potensiell negativ effekt av store reduksjoner i vannføring. Det finnes imidlertid lite kunnskap fra Altaelva og andre isdekte elver som kan belyse i hvilken grad fisk blir fanget under landis, i bakevjer og sidefar som senere tørrlegges. Sannsynligheten for at dette vil oppstå avtar dersom vannføringssendringene reduseres og endringene skjer sakte.



Altaelva er fremdeles en av verdens beste lakseelver selv om byggingen av Alta kraftverk har ført til nedgang i lakseproduksjonen i de øvre deler av lakseførende strekning, det vil si nærmest kraftverket. Dammen i kraftverksmagasinet er 145 m høy, 15 m tykk og 140 m lang (**øverst venstre**). Sautsosenen hadde før utbyggingen noen av elvas beste fiskeplasser (**øverst høyre**). Fremdeles gir fisket i Altaelva en unik naturopplevelse som det er stor rift om å få oppleve (**nederst venstre og høyre**).

Foto: Eva B. Thorstad og Tor F. Næsje

# Innhold

<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>Innholdsfortegnelse .....</b>	<b>14</b>
<b>Forord .....</b>	<b>15</b>
<b>I Innledning.....</b>	<b>16</b>
<b>2 Områdebeskrivelse .....</b>	<b>17</b>
<b>3 Oppsummering av biologiske undersøkelser i Altaelva .....</b>	<b>23</b>
3.1 Begroing av alger og moser .....	23
3.2 Laksunger .....	24
3.2.1 Tidspunkt for klekking og swim-up .....	24
3.2.2 Tetthet og alderssammensetning.....	25
3.2.3 Vekst, smoltalder og smoltstørrelse.....	30
3.2.4 Vinterdødelighet .....	31
3.3 Bunnfauna, driv og ernæring .....	37
3.3.1 Bunnfauna .....	37
3.3.2 Laksungenes ernæring .....	37
3.3.3 Drivfauna om vinteren .....	39
3.4. Smoltproduksjon og smoltutvandring.....	39
3.4.1 Smoltproduksjon.....	39
3.4.2 Asynkron smoltifisering .....	42
3.5 Voksen laks .....	45
3.5.1 Bestands- og fangstutvikling .....	45
3.5.2 Fangstutvikling i Altaelva sammenlignet med andre elver.....	51
3.6 Fuglepredasjon.....	55
<b>4 Effekter av utbyggingen på laksebestanden .....</b>	<b>63</b>
4.1 Faser i utviklingen av laksebestanden.....	63
4.2 Dødelighetsfaktorer .....	65
4.2.1 Bygging og manøvrering av Alta kraftverk.....	65
4.2.2 Miljøforandringer om vinteren og våren.....	66
4.2.3 Andre dødelighetsfaktorer .....	67
4.3 Måleparametere.....	68
<b>5 Effekter av islegging og minstevannføring på smoltproduksjon i ulike deler av elva.....</b>	<b>69</b>
5.1 Lakseproduksjon: Sautso vs resten av elva.....	69
5.2 Effekten av islegging .....	70
5.3 Minstevannføring.....	72
<b>6 Vurdering av prøveperioden 2002-2005.....</b>	<b>74</b>
<b>7 Faglige kommentarer til foreslåtte manøvreringsreglement .....</b>	<b>77</b>
<b>8 Referanser .....</b>	<b>80</b>
<b>9 Vedlegg .....</b>	<b>85</b>



## Forord

Norsk institutt for naturforskning har fått i oppdrag av Statkraft Energi AS å utarbeide en biologisk fagrapport til søknad om endelig manøvreringsreglement i Altaelva (avtale 4500011968 med tilleggsbestilling). Hensikten med rapporten er å oppsummere resultater fra Altaelva i prøveperioden 2002-05, vurdere laksens utvikling i Altaelva i forhold til uregulerte referanseassdrag, og gi faglige kommentarer til Statkraft Energis forslag til manøvreringsreglement.

Siden 1981 har Norsk institutt for naturforskning foretatt fiskebiologiske undersøkelser i Alta - Kautokeino vassdraget. Undersøkelsene har delvis vært utført i henhold til pålegg fra Direktoratet for naturforvaltning (DN) til regulant og delvis som oppdrag fra Statkraft Energi AS (tidligere Statkraft SF), Statkraft Grøner A/S eller Finnmark Energiverk A/S. Målsettingen med undersøkelsene har vært å dokumentere eventuelle endringer i laksebestanden etter byggingen av Alta kraftverk, samt å finne årsaker til eventuelle endringer og foreslå mulige kompensasjonstiltak. Undersøkelsene har også skullet gi et faglig grunnlag for å tilrå et endelig manøvreringsreglement for Alta kraftverk.

For best mulig å oppnå målsetningen med rapporten og å gjøre den oversiktlig for leserne er den delt inn i ulike deler:

- I kapitlet **Oppsummering av biologiske undersøkelser i Altaelva** går vi gjennom de viktigste resultatene fra de ulike biologiske undersøkelser som har vært utført i vassdraget. I dette kapitlet er det egne avsnitt som oppsummerer resultatene fra Altaelva i prøveperioden 2002-05 og som vurderer utviklingen i Altaelva sammenlignet med uregulerte referanseassdrag.
- I kapitlet **Effekter av utbyggingen på laksebestanden** går vi gjennom og diskuterer mulig årsaksforhold til reduksjonen i laksebestanden i øvre deler av lakseførende strekning.
- I kapitlet **Effekter av islegging og minstevannføring på smoltproduksjon i ulike deler av elva** diskuteres effekten av isdekke og økt stabil minstevannføring om vinteren på produksjon av smolt i ulike deler av elva.
- I kapitlet **Vurdering av prøveperioden 2002-05** oppsummerer vi effekten av den siste perioden med midlertidig manøvreringsreglement på laksebestanden.

- I kapitlet **Faglige kommentarer til foreslåtte manøvreringsreglement** går vi gjennom reglements ulike perioder og presenter NINAs synspunkter på reglementet.

Denne rapporten bygger delvis på nye resultater fra 2004 og 2005 og delvis på tidligere rapporterte resultater fra undersøkelser utført i perioden 1981-2005. Når det gjelder undersøkelser som ikke tidligere er rapportert, er det gitt en nøyere beskrivelse av metoder og resultater i egne vedlegg. Undersøkelsene vedrørende bunndyr og laksungenes ernæring er utført av Jan Ivar Koksvik ved Norges tekniske naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim og undersøkelsene av begroing er utført av Helge R. Reinertsen og Hans H. Blom ved NTNU. Rapporten bygger også på undersøkelser vedrørende vannføring og islegging utført av Randi P. Asvall, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

En rekke personer har vært involvert i feltarbeid og bearbeidelse av det biologiske materialet. Vi vil spesielt takke Svein Aune, Svein Ole Arnesen, Morten Bergan, Hans Mack Berger, Anders Finstad, Leidulf Fløystad, Astrid Grenstad, Odd Hansen, Jon-Håvar Haukland, Svein Lyon Holten, Benjamin Hykkerud, Erlend Hykkerud, Vegard Hykkerud, Hallgeir Jensen, Jan Gunnar Jensås, Agnar Johnsen, Hans K. Kjeldsberg, Gaute Kjærstad, Tor Knudsen, Odd Magne Kvålshagen, Anders Lamberg, Olaf Lampe, Tor Larsen, Ivar Leinan, Tormod Leinan, Frank Lund, Grete og Per Ivar Møkkelgjerd, Svein Tore Nilsen, Bjørn Tore Nøkleby, Audun Rikardsen, Randi Saksgård, Rita Strand, Line Sundt-Hansen, Rune Øiangen, Sverre Øksenberg og Gunnel Østborg. Rune Rypdal takkes for grafisk oppsett av rapporten. Videre vil vi takke Statkraft Energi AS og Alta Laksefiskeri Interessentskap for et godt samarbeid med undersøkelsene i Altaelva. Statkraft Energi AS, som har finansiert de fleste av undersøkelsene, takkes spesielt for oppdragene.

*Trondheim, september 2005*

*Tor F. Næsje  
prosjektleder*

# I Innledning

Altaelva er ei av Norges beste elver for sportsfiske etter laks. Elva har en storvokst laksestamme, og en unik kultur og historie knyttet til laksefisket. Stortinget vedtok å utbygge og regulere elva for kraftproduksjon i 1978, og Alta kraftverk ble satt i drift i 1987. Det er gjennomført omfattende fiskebiologiske undersøkelser i vassdraget siden 1981.

Formålet med undersøkelsene har vært å dokumentere eventuelle endringer i laksebestanden, finne årsaker til eventuelle endringer og å foreslå mulige kompensasjonstiltak. Undersøkelsene har også hatt som formål å danne et faglig grunnlag for å tilrå et endelig manøvreringsreglement for Alta kraftverk.

I perioden 1981-2004 er det foretatt årlige registreringer av tetthet av laksunger, kvalitativ sammensetning av bunndyr, vekst og ernæring hos laksunger, fangster av voksen laks, fangstinnsats og laksens livshistorie (smoltalder, sjøalder, vekst og kjønnsfordeling). Etter hvert ble registrering av alderssammensetning av laksunger, fysiologisk kondisjon hos laksunger, kvantitativ sammensetning av bunndyr, begroing av alger og moser, andel rømt oppdrettslaks i fangstene og antall gytegrøper inkludert i de årlige undersøkelsene. Disse registreringene ble startet etter utbyggingen, og det er derfor ikke mulig å sammenlikne status før og etter utbyggingen. Undersøkelsene har likevel bidratt med viktig informasjon ved sammenlikninger av områder av elva nær kraftverket med mer uberørte områder. Samtidig har undersøkelsene bidratt til å belyse årsaker til de observerte endringer i laksebestanden.

I tillegg til årlige registreringer er det gjennomført undersøkelser av laksens klekketidspunkt, varighet av plommesekkstadiet, drivfauna om vinteren, stranding av laksunger, øyeikter i lakseyngel, smoltifisering, smoltutvandring, bestandsstørrelse og rekruttering, samt undersøkelser av andre fiskearter enn laks. Effekter av tiltak, som for eksempel vannslipp for å redusere begroing av alger, og eventuell ny forbitappingsventil for å redusere stranding av laksunger, er også undersøkt. Ved oppdrettsanlegget i Talvik er det dessuten gjort en rekke forsøk for å optimalisere produksjon og overlevelse av smolt hvis det skulle bli nødvendig med kompensasjonsutsettinger i Altaelva.

Resultatene fra de fiskebiologiske undersøkelsene er beskrevet i en rekke rapporter (se referanser i Næsje

et al. 1998, Ugedal et al. 2002, 2005). Undersøkelser i perioden 1981-1997 ble oppsummert av Næsje et al. (1998), og undersøkelser i perioden 1981-2001 ble oppsummert av Ugedal et al. (2002).

Kraftreguleringen har medført økt vanntemperatur og mindre islegging om vinteren på elvestrekninger nedenfor kraftverksutløpet i Sautso, noe som trolig har bidratt til en reduksjon av laksebestanden i dette området. Midlertidig manøvreringsreglement for perioden 1996-2001 ble forlenget med en ny periode fra august 2001 til august 2005. En ny strategi for tapping av vann fra magasinet er forsøkt i 2001-2005 for å senke vanntemperaturen og øke isleggingen i Sautso om vinteren, slik at forholdene blir mer lik slik de var før utbyggingen.

Formålene med denne rapporten er å:

- Oppsummere resultater fra biologiske undersøkelser i Altaelva, med hovedfokus på prøveperioden 2001-2005 (resultater fra 2005 er imidlertid under innsamling, og er i liten grad inkludert).
- Sammenligne utviklingen av laksefangster i Altaelva med utvalgte referanseelver.
- Gi faglige kommentarer til Statkraft Energis forslag til endelig manøvreringsreglement.

For detaljer om metoder og resultater henvises til de ulike temarapporter og årsrapporter, samt vedlegg bakerst i denne rapporten.

## 2 Områdebeskrivelse

### 2.1 Altaelva

Altaelva har utspring på Finnmarksvidda i Kautokeino kommune, Finnmark (**figur 2.1**). Elva renner ut ved Alta (70°N 23°E). Nedbørsfeltet er 7389 km<sup>2</sup> og er dominert av bjørkeskog og annen lavproduktiv vegetasjon. Langs nedre deler av Altaelva er det noe jordbruksdrift. Vassdraget består av et større antall innsjøer og rolige elvepartier. Hovedelva har en total lengde på ca 160 km. Vannføring ved munningen er gjennomsnittlig 88 m<sup>3</sup>/s, med flomtopp som kan bli større enn 1000 m<sup>3</sup>/s under vårflommen i mai-juni. Vanntemperaturen når opp i et maksimum på ca 14 °C i august.

Laks og sjøaure kan vandre hovedelva 47 km oppstrøms fra sjøen, til utløpet av kraftverket. Dette var også enden på lakseførende strekning før elva ble regulert for kraftproduksjon. Det er ingen virkelige innsjøer på lakseførende strekning, men 4,6 km nedenfor kraftverksutløpet utvider elva seg til et stilleflytende parti som kalles Sautso vannet. Sautso vannet ender i det trange gjelet ved Gabofossen. Gabofossen er den eneste fossen langs lakseførende strekning som ikke kan passeres med båt, men fossen er ikke ansett som et vandringshinder for oppvandrende laks. Elva har fra naturens side svært gode gyte- og oppvekstområder for laks.

Laksefisket er inndelt i fem soner langs elva; Raipas, Jøra, Vina, Sandia og Sautso (**figur 2.1**). Eibyelva er den eneste sideelven som munner ut i Altaelva, ca 14 km fra utløpet til sjøen (**figur 2.1**). Elva er derfor ikke direkte berørt av kraftutbyggingen. Eibyelva har nedbørsfelt på 909 km<sup>2</sup>, og laks, sjøaure og sjørøye kan vandre ca 15 km oppstrøms fra samløpet med Altaelva.

### 2.2 Fiskebestander i lakseførende strekning

Laks (*Salmo salar*) er dominerende fiskeart i den lakseførende strekningen. Det er imidlertid innslag av flere andre fiskearter. Aure (*Salmo trutta*) forekommer både som stasjonær ("damokk") og anadrom (sjøaure) fisk. Sjøaure er vanligst nederst i vassdraget, mens stasjonær aure finnes særlig i den øvre delen av lakseførende strekning. Sjørøye (*Salvelinus alpinus*) er

vanlig forekommende i nedre deler av elva, spesielt i området ved Eibyelva.

Harr (*Thymallus thymallus*) forekommer vanlig i hele lakseførende strekning. Bestanden av harr er særlig stor i øvre deler av lakseførende strekning, og i følge lokale fiskere har det i dette området skjedd en sterk økning i harrbestanden etter utbyggingen.

Ørekyte (*Phoxinus phoxinus*) forekommer i begrenset antall i den nedre delen av vassdraget, men er rikt forekommende i Sautso vann. Sik (*Coregonus lavaretus*) er vanlig i Sautso vann, men opptrer i begrenset antall i resten av lakseførende strekning. Skrubbe (*Platichthys flesus*) og trepigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus*) forekommer vanlig i de nedre deler av elva, mens gjedde (*Esox lucius*), lake (*Lota lota*), abbor (*Perca fluviatilis*) og ål (*Anguilla anguilla*) forekommer sparsomt i den lakseførende strekning. Nipigget stingsild (*Pungitius pungitius*) og pukkellaks (*Oncorhynchus gorboscha*) er også registrert. Utbredelse og forekomst av fiskearter ovenfor den lakseførende strekning av vassdraget er nærmere beskrevet av Traaen (1983).

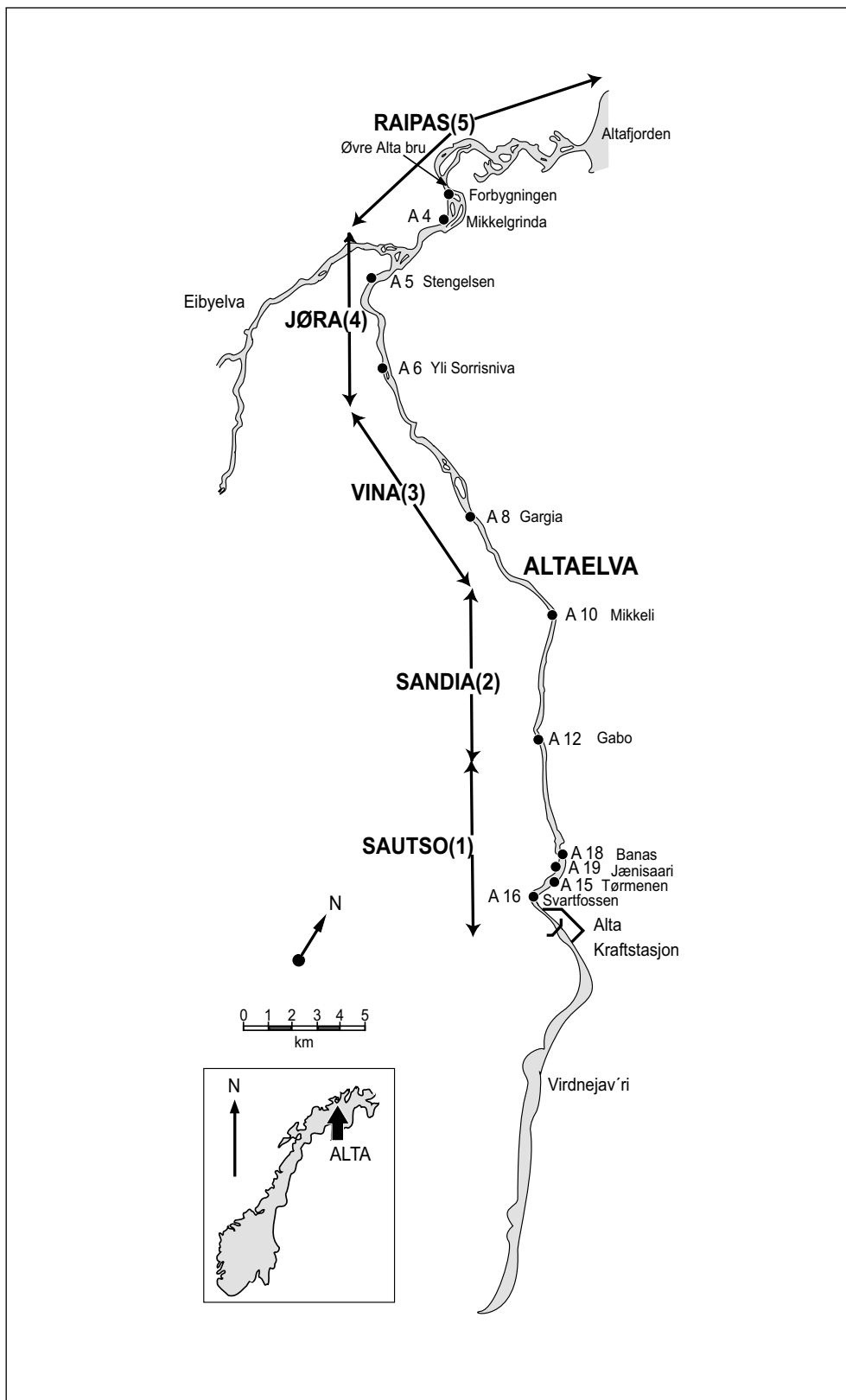
### 2.3 Kraftreguleringen

#### 2.3.1 Inntaksmagasin, dam og kraftverk

Altaelva har vært regulert for produksjon av elektrisk kraft siden 1987. Anleggsarbeidet startet i 1982, med bygging av veien til Sautso. Byggingen av kraftverksdammen ble startet i juni 1983, og Alta kraftverk ble igangsatt i drift i mai 1987.

Reguleringen består av et kraftverk med midlere årlig produksjon på 655 GWh, en dam og et inntaksmagasin. Inntaksmagasinet er 18 km langt, og har et magasinivolum på 135 mill m<sup>3</sup>. Inntaksmagasinet er demt opp med en 110 m høy dam som ble bygd over elva ca 2,5 km oppstrøms lakseførende strekning. Kraftverket har to vanninntak i dammen; et øvre og et nedre inntak. På grunn av temperatursjiktning i magasinene, vil hvilket inntak som benyttes ha betydning for temperaturen på vannet som kjøres gjennom kraftverket og slippes ut i lakseførende strekning (Asvall & Kvambekk 2001, Asvall 2005).

Utløpstunnelen til kraftverket munner ut øverst i lakseførende strekning. Kraftverket har to aggregater, ett med kapasitet på 33 m<sup>3</sup>/s og ett med kapasitet på



**Figur 2.1**

Lakseførende strekning av Altaelva med innsamlingsstasjoner for biologiske undersøkelser (A4-A19) og soner for sportsfiske (sone 1-5).

66 m<sup>3</sup>/s. Ved vannføringer opp til 33 m<sup>3</sup>/s benyttes det minste aggregatet, mens ved vannføringer mellom 33 og 66 m<sup>3</sup>/s benyttes det største aggregatet.

Ved vannføringer over 66 m<sup>3</sup>/s benyttes begge aggregatene. Ved fullt magasin og vannføring over 99 m<sup>3</sup>/s slippes overskuddsvannet forbi dammen og ned det gamle elveleiet. En forbitappingsventil for vann er montert i kraftverket, med en kapasitet på 33 m<sup>3</sup>/s. Ved uforutsett stans av aggregatene tar det ca 5 minutter fra stans til forbitappingsventilen har åpnet seg. Denne ventilen gir full kompensering for vannstandsreduksjoner ved utfall av aggregat ved vannføringer gjennom kraftverket på inntil 33 m<sup>3</sup>/s. Når driftsvannføringen er høyere, er eneste måte å fullkompensere for vannføringsreduksjonen å slippe vann gjennom dammen. Når vann slippes fra dammen tar det ca 25 minutter før det når ned til toppen av lakseførende strekning. Slike utfall vil derfor medføre raske fall i vannstanden og stor fare for stranding av laksunger (Forseth et al. 1996).

### 2.3.3 Effekter av reguleringen på vannføring, vanntemperatur, isforhold og vannkvalitet

Reguleringen av Altaelva har ført til endringer i vannføring, vanntemperatur og isforhold.

#### Vannføring

Vannføringen har økt om vinteren, mens vårflommen er noe endret og redusert (**figur 2.2**). Vannføringen om sommeren er tilnærmet uendret etter utbygg-

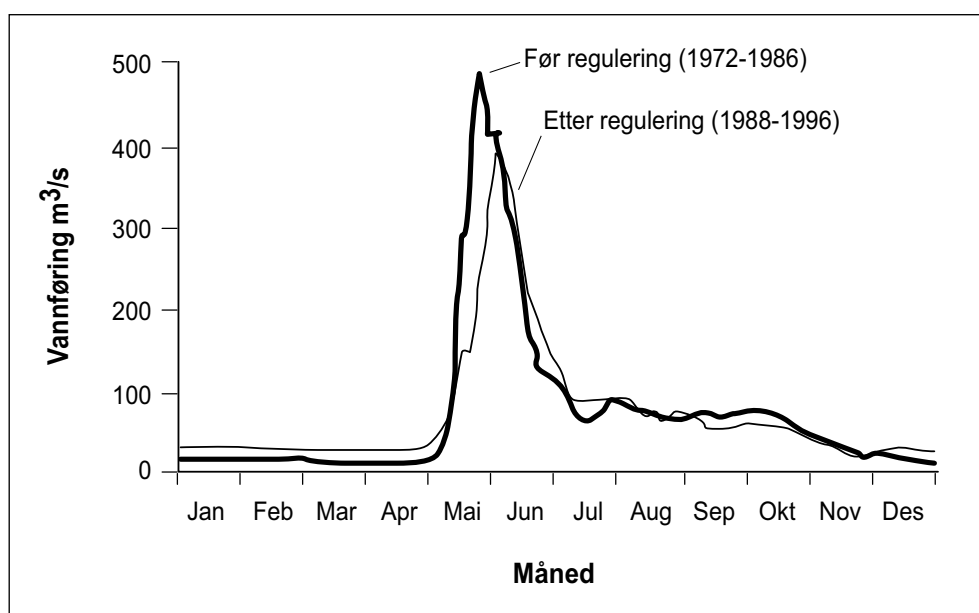
ingen. Fram til 1992 ble spillerommet på  $\pm 10\%$  i forhold til naturlig vannføring utnyttet uten å bestrebe seg på å kjøre mest mulig opp til de naturlige variasjonene. Etter 1992 er det lagt vekt på å kjøre så nær opp til naturlig vannføring som mulig, noe som reglementet fra 1996 også krever (Magnell 1998).

De første årene etter utbyggingen forekom perioder med "flimrer" i vannføringen, det vil si endringer i vannstanden på 2-3 cm. Slike kortvarige fluktuasjoner forekom fordi turbinene skulle være med på å stabilisere svingninger i nettfrekvensen. I 1993 ble turbin-generatorene gjort mindre følsomme for nettfrekvensen, og problemet med flimrer ble betydelig redusert. I dag kan en få vannstandsendringer over kort tid opp til 5 cm om sommeren og 2 cm om vinteren rett nedstrøms stasjonen (Magnell 1998).

Uforutsette og utilsiktede nettutfall og problemer med driften av kraftverket førte de første årene etter utbyggingen til flere raske fall i vannføringen. Regulanten har nedlagt et betydelig arbeid og investeringer for å redusere antallet vannstandsreduksjoner, og fra og med 1994 har slike vannstandsreduksjoner forekommet i langt mindre grad enn tidligere (Brodtkorb 2002).

#### Vanntemperatur og isforhold

Vanntemperaturen har fra midten av mai blitt lavere som følge av reguleringen, både i Sautso og i Gargia (**figur 2.3**, Asvall 1998). I juni-juli er elva ca 1,5 °C kaldere etter reguleringen. Utover sommeren er effekten av reguleringen mindre, og mot høsten er vannet



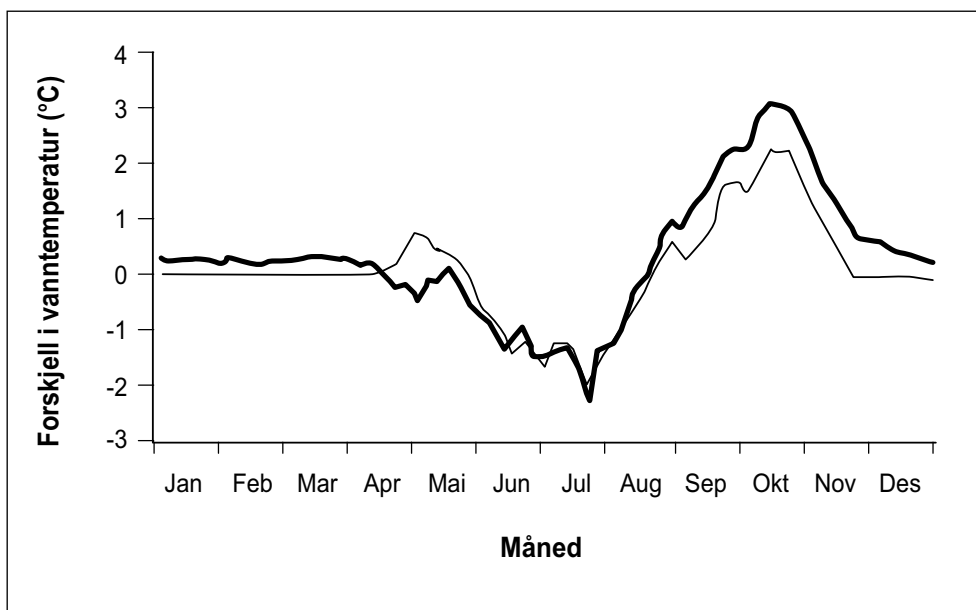
**Figur 2.2**

Middelvannføring gjennom året ved Kista før (tykk linje) og etter (tynn linje) regulering. Figur etter Magnell (1998).

varmere enn før reguleringen. Temperaturøkningen er størst i oktober, ca 3 °C i Sautso (**figur 2.3**, Asvall 1998). I slutten av november er effekten av reguleringen sunket til mindre enn 1 °C i Sautso, mens det ikke er noen effekt i Gargia. Inntil 2002 var vanntemperaturen i Sautso hele vinteren ca. 0,3-0,4 grader høyere enn før reguleringen, og ved utløpet av kraftstasjonen var vanntemperaturen betydelig over 0 °C i middel. Sammen med økt vintervannføring har dette medført at elva, med visse variasjoner, har vært isfrit ned til eller ut i Sautso vannet etter reguleringen. Før reguleringen var denne strekningen stort sett islagt om vinteren. Fra vinteren 2001/2002 har midlere vintertemperatur i kraftverkets avløpsvann sunket fra 0,5 til 0,2 °C i den perioden det bare kjøres fra øvre inntak (Asvall 2005). Graden av isdekt elv i Sautso har også økt. Etterhvert som vannet renner nedover i elva, oppstår en balanse mellom vanntemperatur og lufttemperatur. Temperatureffektene av reguleringen er derfor generelt størst i Sautso-sonen, men er også til stede i Gargia (**figur 2.3**). Om vinteren er det imidlertid ingen effekt av reguleringen i Gargia.

#### Vannkvalitet

Erosjonsforholdene synes generelt ikke å være forverret i Altaelva etter reguleringen. Verken under utbyggingsperioden eller senere synes det å ha forekommet perioder med slamkonsentrasjoner som kan sies å representere noen fare for fisk eller næringsdyr for fisk (Anon. 1997). Slamkonsentrasjoner har ikke økt etter utbyggingen, og vannets farge har ikke endret seg (Dahl & Korbøl 1993).



**Figur 2.3**

Endring i vanntemperaturen i Sautso (tykk linje) og Gargia (tynn linje) gjennom året som en følge av reguleringen (basert på femdøgns middelerverdier). Målingen baseres på en sammenligning av de registrerte temperaturene i Sautso og Gargia etter utbyggingen sammenlignet med Virdneguoika. Virdneguoika ligger ovenfor kraftmagasinet og er uberørt av kraftutbyggingen, og temperaturen har vært den samme før og etter utbyggingen. Målingene på dette stedet representerer derfor en god referanse til hvordan vanntemperaturen ville vært i den lakseførende delen av Altaelva dersom utbyggingen ikke hadde funnet sted. Figur etter Asvall (1998).



Tettheten til laksunger, laksungenes fysiologiske kondisjon, smoltproduksjon og laksungenes dødelighet gjennom vinteren har blitt undersøkt ved at fisk er samlet inn med bruk av elektrisk fiskeapparat (**øverst venstre**). Bunndyrsamfunnet og laksungenes næringstilgang har blitt undersøkt ved hjelp av surbersamplers (**nederst venstre**). Sautso har en meget tett bestand av harr (**øverst høyre**).

Foto: Tor F. Næsje og Laila Saksgård





Radiomerking av voksen laks har vært benyttet for å undersøke effekten av fang og slipp fiske på laksebestanden. Utsetting av radiomerket hannlaks (22 kg) i Sautso (**øverst venstre**). De radiomerkete fiskene ble fulgt fra land og båt fra de ble merket under det ordinære fisket til etter gyttetida var over. Enkelte fisk ble fulgt fram til utvandring fra elva påfølgende vår (**nederst venstre**). Antall gytefisk i ulike deler av elva har blitt registrert av dykkere som driver nedover elva. Denne store gytehunnen ble fotografert på gyteplassen i Sautso (**øverst høyre**).

Foto: Eva B. Thorstad og Anders Lamberg



## 3 Oppsummering av biologiske undersøkelser i Altaelva

### 3.1 Begroing av alger og moser

Etter regulering ble det registrert økt mengde alger i Sautso, og fiskere hevdet at begroing av trådformede alger skapte problemer for utøvelse av fiske (se foto). Det ble også stilt spørsmål om redusert tetthet av laksunger i Sautso kunne ha sammenheng med den antatt økte begroingen. Undersøkelse av begroing ble derfor startet i 1995. Undersøkelsene er tidligere oppsummert i Næsje et al. (1998) og Ugedal et al. (2002, 2005).

Begroingsprøver ble samlet inn med surber-sampler ved at alt substrat innen feltet som surber-sample-ren dekket (1475 cm<sup>2</sup>) ble børstet rent for begroing. Prøvene ble veid etter tørking i varmeskap og mengde begroing gitt som differansen mellom tørrvekt og gløderest som gram askefri tørrvekt per m<sup>2</sup>. Prøver ble også samlet inn for artsbestemmelse. Helge R. Reinertsen og Hans H. Blom, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet NTNU, har vært ansvarlige for undersøkelsene av henholdsvis alger og moser.

I undersøkelsesperioden 1995-2005 ble det totalt registrert 38 algearter/slekter og 39 mosearter i Altaelva. Algevegetasjonen er lik det som er rapportert fra andre næringsfattige vassdrag i Norge og Sverige. Temperaturendringene etter reguleringen har ført til dominans av såkalte kaldtvannsarter i øvre deler av elva også sommerstid, unntatt i ekstra varme år.



Algebegroing i elveleiet i Sautso.

Den økte begroingen av alger har vært begrenset til Sautso, og hovedsakelig til april, bortsett fra i 1996 da det ble registrert høye biomasser i hele perioden mars-mai (**vedlegg I**). Den økte begroingen skyldes hovedsakelig oppblomstring av grønnalgen *Microspora amoena*. Arten danner meterlange, trådformete begroinger. Arten har en effektiv spredning ved hjelp av bevegelige sporer, og kan etablere relativt store begroinger over kort tid.

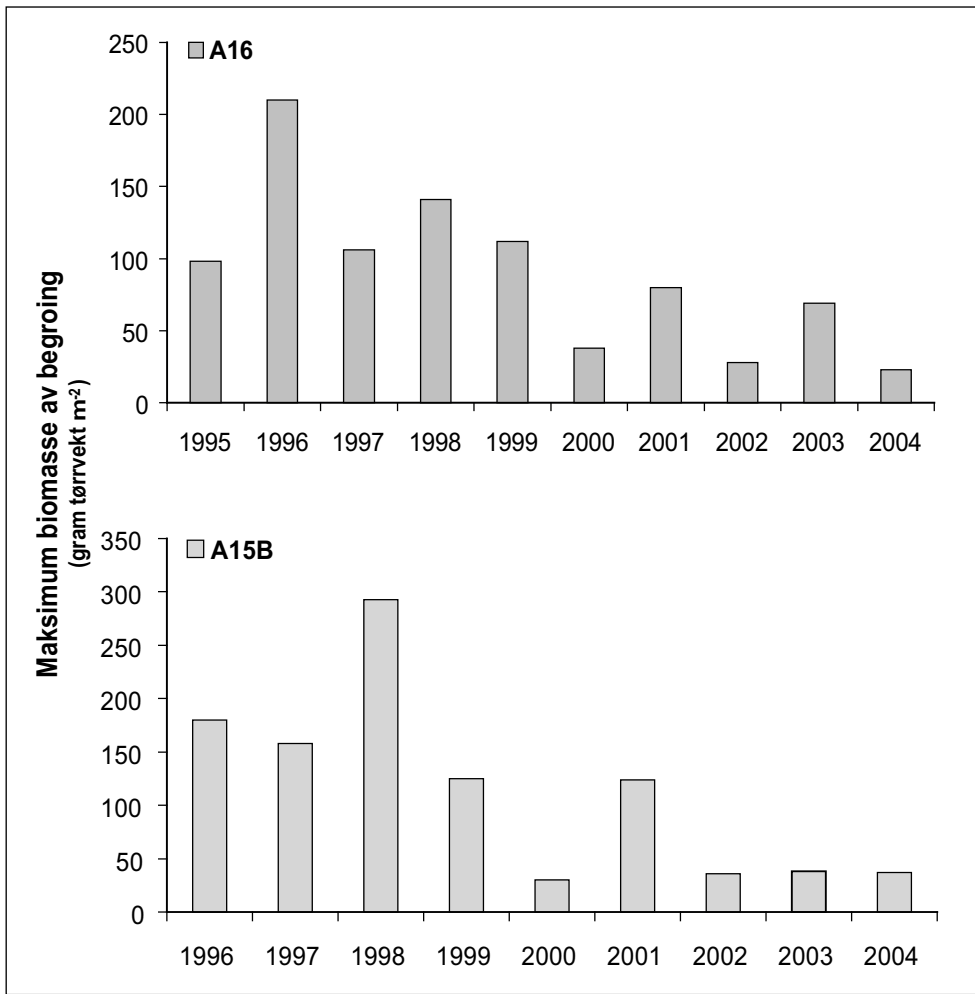
*M. amoena* bidro til store begroinger i vinterperioden i 1995-1999. Fra 2000 overtok imidlertid grønnalgen *Ulothrix zonata* som dominerende art i perioden med størst algemengder. *U. zonata* har betydelig kortere trådlengder og har dermed ikke potensiale til å utvikle like store begroinger som *M. amoena*. Forskyvningen i dominansforholdet kan ha utviklet seg i perioden 1997-1999, med *U. zonata* som stadig mer dominerende art under biomasseøkningen mot slutten av vinterperioden.

I perioden 2000-2004 har det altså skjedd en sterk reduksjon i mengde begroing (**figur 3.1**) i øvre deler av elva i vinterperioden i forhold til perioden 1995-1999, samtidig som artssammensetningen er endret.

De store begroingene som ble observert i øvre deler av Altaelva på 1990-tallet har sammenheng med økt vanntemperatur om vinteren og manglende isdekke på elva som gir tilstrekkelig lys for algevekst i vinterperioden. I tillegg bidrar isskuring i mindre grad enn før til å fjerne mose- og algebegroinger. Økte nærings-saltkonsentrasjoner ut fra utvasking av jordsmonn og plantemateriale i elvemagasinet har trolig også bidratt til en økt begroing.

De artsmessige endringer i algesammensetningen fra 2000, med redusert innslag av *M. amoena* i vinterperioden, tyder på at kjemisk-fysiske forhold har endret seg i øvre deler av vassdraget i undersøkelsesperioden. Denne endringen har trolig større sammenheng med redusert næringstilgang, enn med den økte isleggingen for vinteren 2001/2002. Dette fordi endringen startet gradvis tidligere enn 2001/2002. Innsamlingsstasjonene ligger dessuten øverst i Sautso der det fremdeles bare legger seg kantis om vinteren.

Resultatene tyder på at økt næringstilgang på grunn av utvaskingen av næringssalter fra jordsmonn og plantemateriale i reguleringsmagasinet var over rundt århundreskiftet, ca 15 år etter at oppdemningen fant

**Figur 3.1**

Registrerte maksimumsbiomasser av begroing av alger og moser (gram askefri tørrvekt  $m^{-2}$ ) ved stasjonene A16 og A15B (se figur 2.1) i vinterperioden 1995-2004.

sted. Etter 2001 synes forholdene å være tilbake til en situasjon som antas å være nær forholdene før regulering. Begroingen overvåkes fremdeles for å undersøke om den tilsynelatende normaliserte situasjonen i vinterperioden er stabil.

### 3.2 Laksunger

Laksungenes tetthet og livshistorie i Altaelva er studert fra 1981 til 2004, det vil si i seks år før og i atten år etter oppstart av kraftverket (Saksgård et al. 1992, Næsje et al. 1998, Ugedal et al. 2002, 2005). Fra 1996 har det vært gjennomført undersøkelser av laksungenes fysiologiske kondisjon i Altaelva (Næsje et al. 1998, Forseth et al. 2000, Ugedal et al. 2005). For å undersøke om det er en sammenheng mellom nedgangen i tetthet av lakseunger i øvre deler av Altaelva (Sautso) og redusert isdekke etter regulering, er det også gjennomført flere laboratorieforsøk (Forseth et al. 2000, Finstad et al. 2005). Vinteren 2004-2005 ble det gjennomført et merke-gjenfangst studie i Sautso og i Gargia for å estimere vinterdødelighet til laks-

unger. I dette kapittlet gjengis hovedresultatene fra denne undersøkelsen, mens en fylldigere omtale av metodikk og resultater er gitt i **Vedlegg 13**.

#### 3.2.1 Tidspunkt for klekking og swim-up

Både utviklingstida for lakserogn fra befruktning til klekking (inkubasjonstid) og varigheten av stadiet fra klekking og til yngelen kommer opp av grusen og begynner å spise (swim-up) er sterkt avhengig av vanntemperaturen. Ved hjelp av matematiske modeller som beskriver sammenhengen mellom vanntemperaturen og eggens utviklingstid (Crisp 1981, Jensen et al. 1989) er det beregnet hvordan tidspunktet for klekking av lakserogn i Sautso og tidspunktet for når yngelen kommer opp av grusen og kan begynne eksternt fødeopptak, har endret seg etter regulering (**vedlegg 2**). Beregningene er gjennomført for tre ulike gytetidspunkt. Vi antok at gytingen i Sautso starter 5. oktober, er på topp 18. - 23. oktober og er avsluttet 5. november, det vil si på de samme tidspunkt som før reguleringa. I følge modellene vil en

mulig senere gyting ha liten innflytelse på tidspunktet for når yngelen kan begynne å spise.

Beregningene tyder på at eggene i Sautso klekker betydelig tidligere etter regulering (1988-2004) enn før regulering (1981-1986), og at klekkingen er spredt over et lengre tidsrom enn tidligere (**vedlegg 2**). Endringene skyldes økt vanntemperatur i inkubasjonsfasen, og spesielt viktig er økt vanntemperatur i oktober/november. På grunn av lavere vanntemperatur på forsommeren (juni/juli) etter regulering, trenger yngelen lengre tid på utviklingen fra eggene klekker og til de er i stand til å begynne å spise (**vedlegg 2**). Til tross for at eggene klekker tidligere enn før, begynner yngelen å spise på omtrent samme tid som før reguleringen. Vannføring og vanntemperatur på det tidspunktet yngelen kom opp av grusen er relativt likt før og etter regulering og skjer ved en vanntemperatur gunstig for fødeopptak (**vedlegg 2**). Verken tidspunkt for klekking eller første fødeopptak synes å ha blitt endret vesentlig i prøveperioden 2002-2004. Reguleringen har altså ført til kortere inkubasjonsperiode i Sautso, men lengre tid fra klekking til yngelen kommer opp av grusen. Modellene kan ikke si om tidligere klekking har ført til økt dødelighet på rogn og plommeseekkyngel før eksternt næringsopptak.

### 3.2.2 Tetthet og alderssammensetning

Tettheten av laksunger (I+ og eldre) i Altaelva er undersøkt tre ganger (unntaksvis én eller to) hvert år i perioden 1981 til 2004 (Næsje et al. 1998, Ugedal et al. 2002, 2005). Estimaten av tetthet er basert på tre fiskeomganger med elektrisk fiskeapparat (Zippins

metode: Bohlin et al. 1989). Utviklingen i tetthet av laksunger er blitt undersøkt på seks hovedstasjoner: A6, A8, A10, A12, A15 og A16 (se **figur 2.1**). I prøveperioden har innsamlingene blitt utvidet med to nye elfiskestasjoner i Sautso (A18, A19, **figur 2.1**).

I Altaelva har det ikke vært mulig å gjennomføre undersøkelsene av ungfisktetthet på samme tid og vannføring fra år til år. Ettersom vannføring og andre miljøfaktorer påvirker tetthetsestimatene har analysene av ungfisktetthet (D) blitt gjennomført ved multiplere regresjonsanalyse hvor miljøvariablene vannføring (V) og endring i vannføring siste fem døgn relativt til vannføring på fangstdagen (E, dimensjonsløs) ved undersøkelsestidspunktet inngår i analysene (Næsje et al. 1998, Ugedal et al. 2005). Tidstrender i tettheten av laksunger undersøkes ved å ta inn tiden (T, år) som en variabel i analysen. Modellen som brukes er:

$$\ln(D) = \beta_0 + \beta_1 V + \beta_2 E + \beta_3 E^2 + \beta_4 E^3 + \beta_5 T + \beta_6 T^2$$

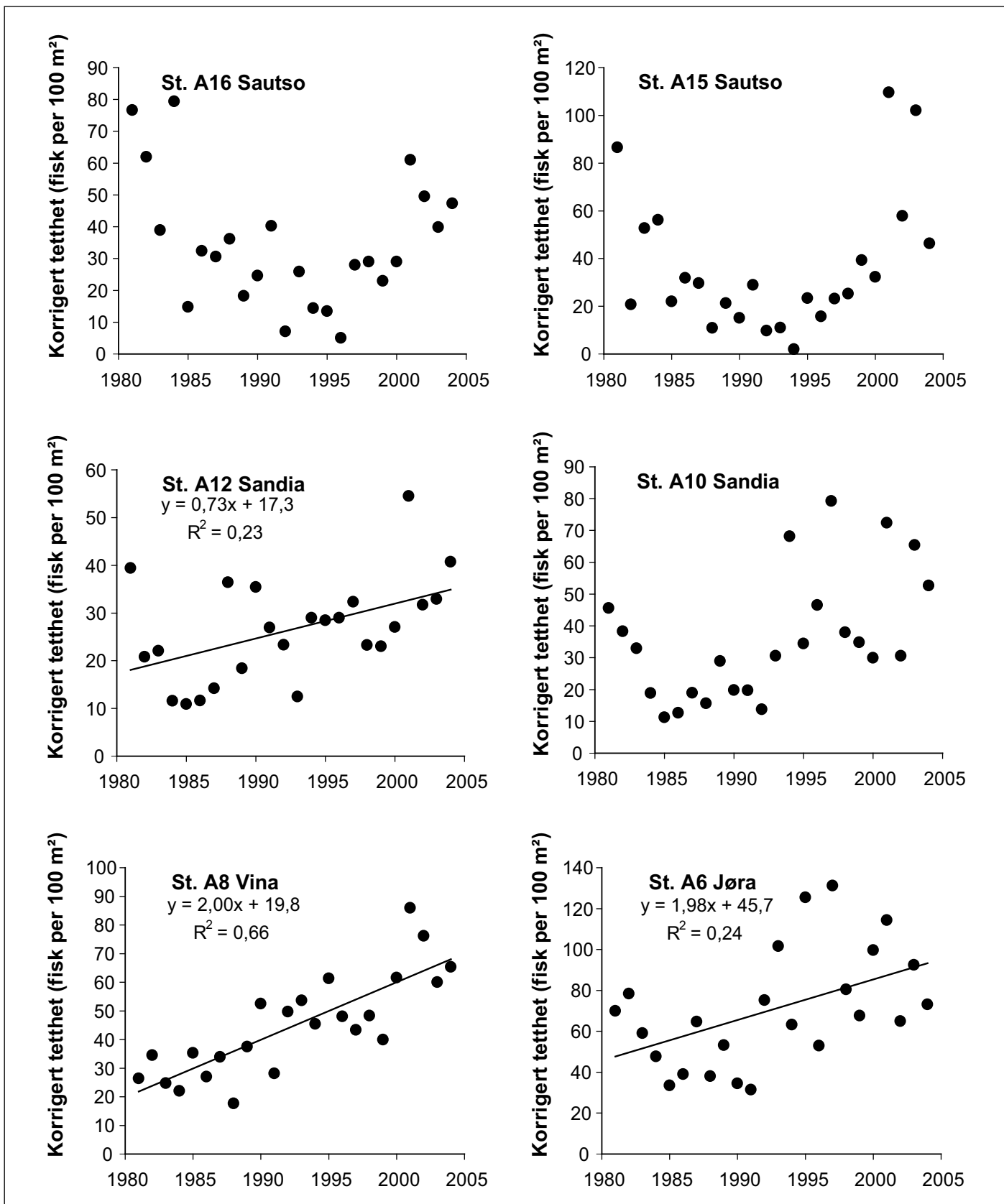
(likning 3.1),

hvor  $\beta_x$  er konstanter bestemt ved multiplere regresjon. Vi har også inkludert tiden som andregradsledd i denne modellen. Hvis dette andregradsleddet bidrar signifikant til å forklare utviklingen i ungfisktetthet på en stasjon, viser dette at tidstrenden er ikke-lineær.

I fremstillingen av dataene har vi benyttet korrigerte tettheter hvor de estimerte tetthetene er korrigert for variasjon i miljøparametrene vannføring (V) og endring i vannføring (E) under innsamling, ved hjelp av regresjonsmodeller utviklet for hver elfiskestasjon i Altaelva (se Ugedal et al. 2002, 2005).

**Tabell 3.1.** Stasjoner i Altaelva i perioden 1981-2004 hvor tiden (T, år) ga et signifikant bidrag til å forklare variasjonene i tettheten av laksunger eldre enn 0+. De ulike parametrene er estimert med multiplere regresjon (likning 3.1) og er bare oppgitt dersom de har gitt signifikante bidrag ( $p < 0,05$ ).  $R^2_{mod}$  angir den multiple regresjonskoeffisienten for alle signifikante parametre samlet, mens  $R^2_T$  angir den multiple regresjonskoeffisienten for delbidraget fra tidsvariabelen T eller det samlede bidraget for de to tidsvariablene T og  $T^2$  i de tilfeller hvor begge var signifikante. V = vannføring, E = vannføringsendring siste fem døgn før fangstdagen relativt til vannføring på fangstdagen,  $p_{mod}$  = signifikansnivå for hele modellen, og  $p_T$  og  $p_{T^2}$  = signifikansnivå for delbidraget fra tidsvariabelene i modellen.  $\beta_T$  og  $\beta_{T^2}$  = koeffisientene for de to tidsfaktorene T og  $T^2$  i likning 3, bestemt ved multiplere regresjon på tetthetsdata for perioden 1981-2004.

Stasjon	Signifikante variabler	$R^2_{mod}$	$p_{mod}$	$\beta_T$	$\beta_{T^2}$	$R^2_T$	$p_T$	$p_{T^2}$
A16	V, E, T, $T^2$	0,62	< 0,001	-0,292	0,011	0,24	< 0,001	< 0,001
A15	E, $E^2$ , T, $T^2$	0,59	< 0,001	-0,331	0,014	0,29	< 0,001	< 0,001
A12	V, E, $E^2$ , T	0,51	< 0,001	0,025		0,08	0,011	
A10	V, E, T, $T^2$	0,43	< 0,001	-0,132	0,006	0,18	0,017	0,003
A8	V, E, $E^2$ , T	0,66	< 0,001	0,048		0,37	< 0,001	
A6	V, T	0,44	< 0,001	0,027		0,08	0,008	

**Figur 3.2**

Korrigerte tettheter (fisk pr. 100 m<sup>2</sup>) av laksunger ( $\geq 1+$ ) på ulike stasjoner i Altaelva i perioden 1981-2004. Linjene representerer signifikante ( $p < 0,05$ ) lineære regresjoner for forholdet mellom tetthet og antall år etter 1980. For stasjonene A10, A15 og A16 har endringene av ungfisktetthet vært ikke-lineære i løpet av undersøkelsesperioden. Merk at det er forskjellig skala på y-aksene.

Analysen av ungfisktetthet i perioden 1981-2004 viste at tiden bidro signifikant til å forklare variasjonene i tetthet av laksunger på alle de seks elfiskestasjonene (**tabell 3.1, figur 3.2**). På de to stasjonene i Sautso (A15 og A16) og på stasjon A10 i Sandia var tidstrenden ikke-lineær. Konstantene for tidsvariablene i regresjonslikningene viser at tettheten på disse tre stasjonene i løpet av undersøkelseperioden først har avtatt (negativt førstegradsledd) for deretter å øke (positivt andregadsledd). På de tre elfiskestasjonene A6 i Jøra, A8 i Vina og A12 i Sandia har det vært en signifikant lineær økning av ungfisktetthet i undersøkelsesperioden sett under ett (**tabell 3.1, figur 4.1**).

For bedre å kunne illustrere og sammenlikne utviklingen i ungfisktetthet på de seks elfiskestasjonene har vi omformet alle tetthetsdataene til samme skala ved å beregne en tetthetsindeks (ID) for hvert enkelt år og stasjon:

$$I_D = D_x / D_R \quad (\text{likning 2.2}),$$

hvor  $D_x$  = gjennomsnittlig korrigert ungfisktetthet i år X, og  $D_R$  = gjennomsnittlig korrigert ungfisktetthet for årene 1981 til 1984 for den aktuelle stasjonen. Vi valgte å bruke de fire årene før utbyggingen startet som referanse idet selve utbyggingen også kunne tenkes å ha effekter på ungfiskbestanden.

Utviklingen i ungfisktetthet har vært ganske lik på de to stasjonene i Sautso etter utbyggingen (**figur 3.3**). Fra 1985 til 1991 lå ungfisktettheten på disse to stasjonene på omtrent 50 % av referanseårene 1981-1984. Fra 1992 til 1996 var tetthetene gjennomgående enda lavere enn i årene 1985-1991, og ungfisktettheten i disse årene var i gjennomsnitt 22 % av tettheten i referanseårene. Fra 1997 til 2000 økte tettheten noe, og tettheten var i disse årene omtrent 50 % av hva den var i referanseårene. I 2001 skjedde en markert økning av tettheten av laksunger på de to stasjonene i Sautso. Siden da har tettheten vært sammelignbar med situasjonen på starten av 1980-tallet eller bedre for stasjon A15. Tettheten på stasjon A16 var imidlertid fremdeles lavere enn tettheten i referanseårene i perioden 2002-2004.

På elfiskestasjonen i Sandia (A10 og A12) og på stasjonen i Jøra (A6) var ungfisktettheten i årene 1985 til 1987 halvparten av tettheten i referanseårene (**figur 3.3**). Utviklingen av tetthet på disse tre stasjonene samsvarte med utviklingen i Sautso disse årene. Om denne nedgangen kan knyttes til byggingen av kraft-

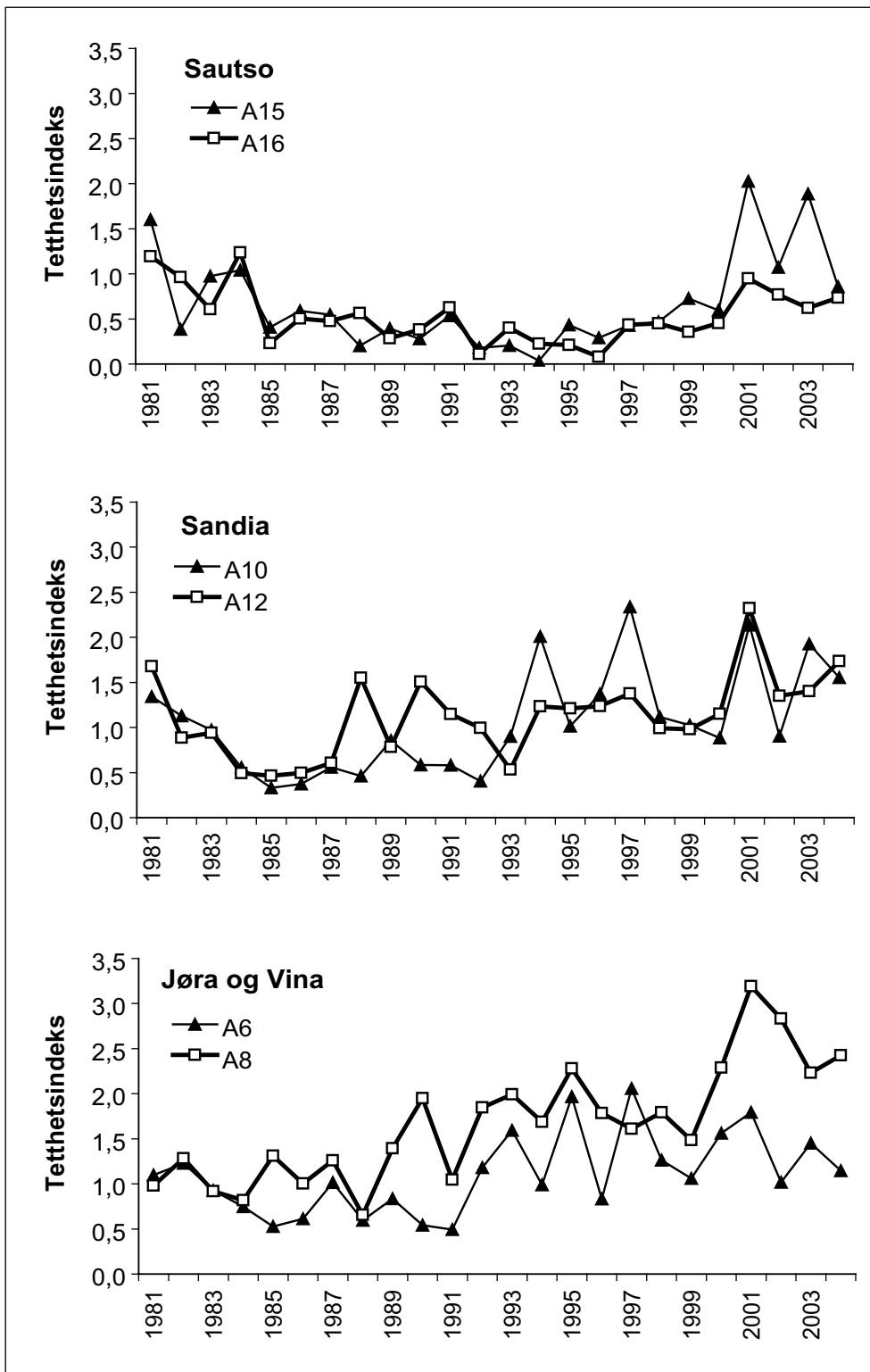
verket som startet i 1985, er usikkert. Den videre utviklingen i ungfisktetthet avviker imidlertid klart mellom stasjonene i Sautso og stasjonene i resten av elva, idet tettheten av laksunger på stasjonene lengre ned i elva i perioden 1989-2004, med noen få unntak, har vært like høy eller høyere enn tetthetene i referanseårene.

Tettheten av de enkelte aldersklassene av laksunger i Altaelva ble beregnet ved å bruke alderssammensetningen i fangstene og de korrigerte tetthetsestimaterne for hver stasjon og undersøkelsesperiode. En sammenlikning av Sautso (gjennomsnitt på st. A15 og A16) med resten av elva (gjennomsnitt på st. A6, A8, A10 og A12) viser at tettheten av ettåringer i Sautso var like høy eller høyere enn i de andre delene av elva i årene 1998-2003, mens tettheten av toåringer var lavere i Sautso i 1998, 2000 og 2003 (**figur 3.4**). Tettheten av treåringer har vært vesentlig lavere i Sautso enn i resten av elva i hele perioden 1998-2004. Dette tyder på at overlevelsen til eldre laksunger har vært lavere i Sautso enn i resten av elva også de siste årene. Siden mesteparten av laksungene i Altaelva går ut i sjøen som 4-åringer, er 3+ den fisken som skal bli smolt kommende år. Smoltalderen er imidlertid noe lavere i Sautso enn lengre nedover i elva, slik at en del fisk går ut allerede som 3-åringer. Forskjellen i smoltalder mellom Sautso og resten av elva kan forklare noe av forskjellene i tetthet av eldre laksunger mellom de ulike delene av elva, men neppe hele forskjellen. Den lavere tettheten av eldre laksunger i Sautso kan være forårsaket av økt dødelighet som skyldes forhold knyttet til reguleringen av Altaelva.

Ved tetthetsregistreringene i 2001 ble det funnet høye tettheter av 1+ og 2+ på elfiskestasjonene i Sautso sammenlignet med i perioden 1998-2000. Ettåringene som ble fanget i Altaelva i 2001 stammer fra gyting høsten 1999, mens toåringene stammer fra gyting høsten 1998. Disse to årene var de første med pålagt fang og slipp fiske i Sautso. Gytegroptellingene antyder at gytebestanden av hunnfisk var omtrent fordoblet i 1999 sammenlignet med i 1996 og 1997 (se kapittel 3.5). Det er derfor sannsynlig at de økte tetthetene av ungfisk som ble registrert i Sautso i 2001 og 2002 skyldes økt rekruttering som følge av fang og slipp fiske. Det ble imidlertid også registrert høye tettheter av laksunger i Sandia, Vina og Jøra i 2001. Disse sonene er også påvirket av fang og slipp fiske, men i mindre grad enn Sautso, slik at det også kan være andre forhold som bidro til økt tetthet av ungfisk over hele elva.

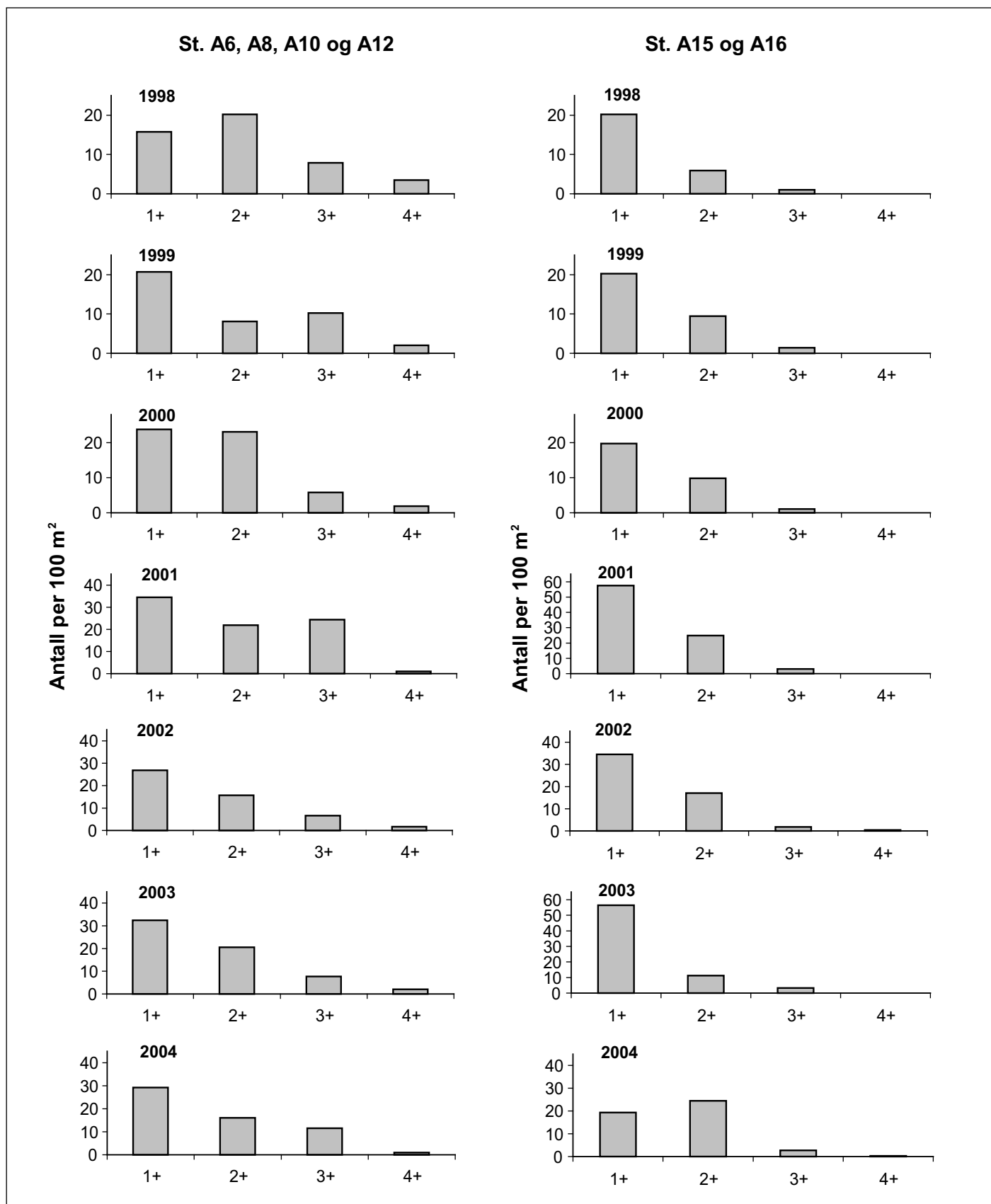
Ved tetthetsregistreringene i 2004 var tettheten av I+ på de to hovedstasjonene i Sautso vesentlig lavere enn i perioden 2001-2003. Ettåringene som ble fanget i 2004 stammer fra gyting høsten 2002. Vurdert ut fra antall gytegrøper så gytebestanden ut til å være betydelig større i Sautso denne høsten enn årene før (se

kapittel 3.5). Lav tetthet av ettåringer i 2004 ser derfor ikke ut til å skyldes manglende gyting. Resultatene av tetthetsfiske er imidlertid beheftet med usikkerheter, og det er vanskelig å trekke konklusjoner ut fra endringer mellom to påfølgende år.



**Figur 3.3**

Indeks for tetthet av laksunger (I+ og eldre) på seks elfiskestasjoner i Altaelva i perioden 1981-2004. Referanseindeks (indeks = 1) er gjennomsnittlig korrigert ungfisktetthet (fisk pr. 100 m<sup>2</sup>) for hver av stasjonene i årene 1981-1984 (A6 = 64, A8 = 27, A10 = 34, A12 = 24, A15 = 54 og A16 = 64 fisk pr. 100 m<sup>2</sup>). En indeks på 0,5 betyr at tettheten var halvparten så stor som i referanseårene, mens en indeks på 2 betyr at tettheten var dobbelt så stor som i referanseårene.

**Figur 3.4**

Tetthet av ulike aldersklasser av laksunger (i antall fisk pr. 100 m<sup>2</sup>) som et gjennomsnitt for stasjonene A6, A8, A10 og A12 og for stasjonene A15 og A16 i perioden 1998-2004. Merk at det er forskjellig skala på y-aksene.

### 3.2.3 Vekst, smoltalder og smoltstørrelse

#### Vekst

Både før (1981-1986) og etter regulering (1987-1997) var laksungenes vekst bedre i Sautso enn i resten av elva (Næsje et al. 1998). I Sautso, hvor temperaturendringene som følge av reguleringen er størst, har forskjellene i størrelse hos laksunger av ulik alder før og etter regulering vært små (**tabell 3.2**). I prøveperioden 2002-2004 har gjennomsnittlig lengde til laksunger fanget i Sautso i april/mai vært større enn i periodene 1981-1986 og 1987-1997. Dette skyldes sannsynligvis klimatiske forhold.

Det var imidlertid sesongmessige forskjeller i vekst før og etter regulering i Sautso. Etter reguleringen var det dårligere vekst tidlig på sommeren, men bedre vekst senere på sommeren. Dette fant sted både for årsyngel, ettåringer, toåringer og treåringer. Ved samme temperatur er laksungenes vekst i Altaelva bedre på forsommeren (mai - august) enn senere i vekstsesongen. Ved å sammenlikne veksten med en vekstmodell utviklet for Altaelva ble det sannsynliggjort at laksungenes vekst har avtatt på forsommeren etter reguleringen på grunn av lavere vanntemperatur, men økt senere i vekstsesongen (Jensen 2003). I gjennomsnitt har dette bare ført til små årlige variasjoner i vekst på grunn av reguleringen. Reguleringen har ført til relativt bedre vekst i år når været om forsommeren har vært kjølig, og dårligere vekst når forsommeren har vært varm.

#### Alder og lengde ved smoltifisering

Analysen av ungfiskens alder og lengde ved smoltifisering er basert på skjell fra voksen laks fanget i de ulike sonene av elva. De fire siste sesongene har vi ikke fått inn skjellprøver av voksen laks fra Sautso. Dette skyldes at fisket i denne sonen nå drives som eksklusivt utleie hvor så godt som all fisk settes ut etter fangst. Bearbeiding av skjellprøvene fra voksen laks er sortert slik at all fisk som har smoltifisert i samme år er samlet. Deretter er det beregnet gjennomsnittlig smoltalder og smoltlengde for laks fanget i ulike deler av elva (se Ugedal et al. 2002).

Både i perioden før og etter utbygging har laks fanget i Sautso hatt signifikant (enveis anova, Scheffe multiple range tester,  $p < 0,05$ ) lavere gjennomsnittlig smoltalder (3,9 år og 3,7 år) enn laks fanget i andre soner i elva (4,1-4,4 år og 3,9-4,2 år) (**tabell 3.3**). Laksens gjennomsnittlige smoltalder var signifikant lavere i perioden etter utbygging enn perioden før utbygging både for elva sett under ett (4,00 år mot 4,22 år) og for hver enkelt sone (t-tester,  $p < 0,05$ ).

Både i perioden før og etter utbygging hadde én- og tre-sjø-vinter laks fanget i Sautso større gjennomsnittlig smoltlengde enn laks fanget i andre deler av elva (**tabell 3.4**). Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i smoltlengde før og etter utbygging, verken hos én-sjø-vinter eller tre-sjø-vinter laks fanget i Sautso, Sandia, Vina og Raipas (t-tester,  $p > 0,05$ ).

**Tabell 3.2.** Gjennomsnittlig størrelse (mm, 95 % konfidensintervall i parentes) hos laksunger av ulik alder samlet inn fra Sautso i april/mai i ulike perioder.

Periode	Alder			
	1-år	2-år	3-år	4-år
1981-1986	45,3 (0,8)	73,7 (1,2)	100,1 (2,2)	122,6 (4,7)
1987-1997	48,3 (0,6)	76,8 (1,0)	102,1 (1,6)	125,3 (2,8)
2002-2004	51,5 (1,3)	84,7 (1,3)	114,5 (2,0)	140,5 (5,4)

**Tabell 3.3.** Gjennomsnittlig smoltalder (X) med standardavvik (SD) for voksen laks fanget i ulike soner av Altaelva i 1981-2001 som smoltifiserte i periodene 1977-1985 og 1991-2000. Laks smoltifisert i 2000 består kun av én-sjø-vinter laks, mens laks smoltifisert i 1999 består av én- og to-sjø-vinter laks.

Periode (smoltifisert år)	Sautso		Sandia		Vina		Jøra		Raipas	
	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD
1977-1985	3,89	0,59	4,34	0,59	4,37	0,58	4,31	0,61	4,07	0,66
1991-2000	3,74	0,71	4,00	0,63	4,18	0,59	4,09	0,59	3,91	0,66



**Tabell 3.4.** Gjennomsnittlig smoltlengde (X) med standardavvik (SD) for èn-sjø-vinter laks og tre-sjø-vinter laks fanget i ulike soner av Altaelva i 1981-2001 som smoltifiserte i periodene 1977-1985 og 1991-2000. Smoltlengdene er estimert ved tilbakeberegning basert på skjellprøver fra voksen laks.

Periode (smoltifisert år)	Sautso		Sandia		Vina		Jøra		Raipas	
	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD
En-sjø-vinter										
1977 – 85	145,2	21,9	129,8	18,4	126,9	18,6	124,7	21,0	137,2	23,1
1991 – 00	145,4	22,1	134,7	20,3	133,4	18,5	132,0	18,1	131,6	21,2
Tre-sjø-vinter										
1977 – 85	153,6	20,5	140,8	17,3	139,3	16,6	139,1	19,0	138,0	20,2
1991 – 98	151,0	25,6	143,0	21,6	141,2	18,6	140,9	18,4	138,6	19,4

Smoltlengden til èn-sjø-vinter laks fanget i Jøra var signifikant større etter utbygging enn før (t-test,  $p = 0,048$ ). Reguleringen av Altaelva synes derfor ikke å ha påvirket laksens smoltalder og smoltlengde i Sautso på noen negativ måte.

### 3.2.4 Vinterdødelighet

Endringer i dødelighet om vinteren har vært en av hovedhypotesene for å forklare den variasjon i produksjon av laksunger som er observert i Sautso etter regulering (Ugedal et al. 2002). Årsaken til dette er at den relative endringen i miljøfaktorer fra før regulering er størst om vinteren. Både vannføring og vanntemperatur er blitt høyere. Selv om økningen i vanntemperatur er liten (0,2 til 0,4 °C i gjennomsnitt) har den gitt en stor miljøendring ved at elvestrekningen i Sautso ikke lengre islegges, eller bare delvis islegges. Før regulering var strekningen normalt islagt det meste av vinteren med bare mindre råker. Bortfall av isdekke medfører dels at lysinnstrålingen blir mye større (Finstad et al. 2005) med potensielle effekter på fiskens fysiologi og atferd, og dels at det beskyttende dekke forsvinner slik at laksungene blir tilgjengelige for predatorer som fugl og pattedyr. Det er derfor gjennomført flere studier for å undersøke hvordan redusert islegging kan påvirke laksungene i Sautso.

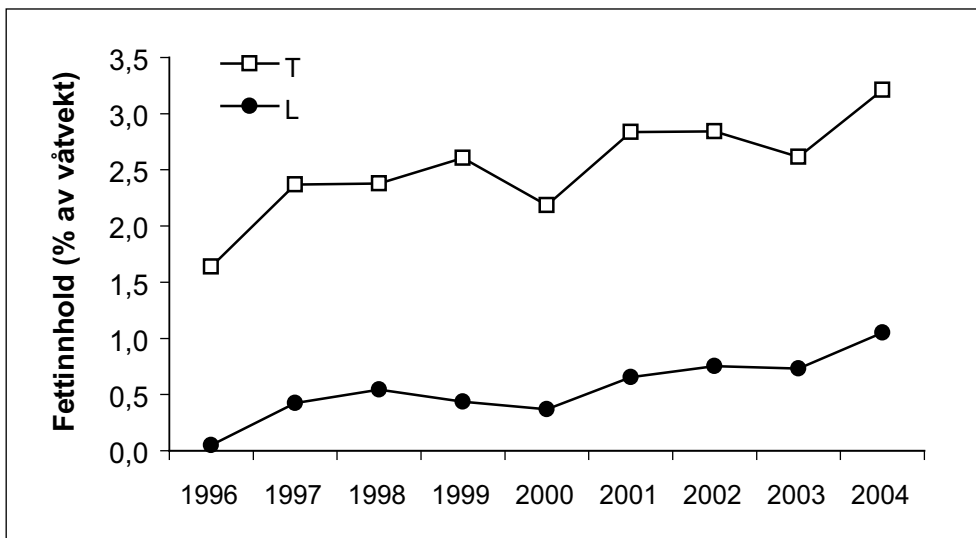
Det er generelt antatt at vinteren er en flaskehals for laksefisk med høy dødelighet, og at fisken overlever ved å forbrenne lagringsfett (vesentlig triglyserider). Overlevelse er således avhengig av forholdet mellom mengden lagret fett og forbruket av energi. For laksunger fra Altaelva, med en svært lang vinter (6-7 måneder), er det vist at fisken er avhengig av et betydelig

næringsinntak for å overleve (Forseth et al. 2000). Berg & Bremseth (1998) kom til samme konklusjon for laksunger i ei elv i Trøndelag (Homla i Hommelvik). Dette betyr at også faktorer som påvirker fiskens fødeinntak er viktig for vinteroverlevelsen.

#### Fysiologisk kondisjon

Fra mars 1996 har det blitt gjennomført undersøkelser av laksungenes fysiologiske kondisjon i Altaelva. En viktig målsetning med undersøkelsene har vært å dokumentere eventuelle kritiske perioder i laksungenes årssyklus gjennom studier av fiskens kvantitative (mengde fett) og kvalitative (ulike fettklasser) fettinnhold (Næsje et al. 1998, Forseth et al. 2000).

Undersøkelsene av fettinnhold i laksunger fra Altaelva har vist at største akkumuleringen av fett skjer på sensommeren slik at maksimumsverdier nåes om høsten. Gjennom vinteren forbrenner fisken mye av lagringsfettet (hovedsakelig triglyserider) og totale fettverdier når et minimum vanligvis i mai-juni (Næsje et al. 1998, Forseth et al. 2000). Et svært lavt innhold av lagringsfett i løpet av vinteren er en indikasjon på at fisken har energimessige problemer, og at det kan skje ekstraordinær dødelighet. Vurdert ut fra fiskens innhold av lagringsfett i mai har vintrene i Sautso vært forskjellige med hensyn på hvor mye av lagringsfettet som forbrukes i løpet av vinteren (**figur 3.5**). For eksempel avtok mengden lagringsfett i laksunger fra Sautso til svært lave nivåer vinteren 1996, og to- og treårig laks hadde i gjennomsnitt mindre enn 0,1 % lagringsfett i mai dette året. Denne vinteren må energimessig sett ha vært svært vanskelig for laksungene i Sautso.

**Figur 3.5**

Totalt fettinnhold (T, % av fiskens våtvekt) og innhold av lagringsfett (L, % av fiskens våtvekt) for to- og tre-årige laksunger samlet inn i Sautso i mai i årene 1996-2004. Resultatene fra 2000-2004 er gjennomsnittsverdier basert på målinger av enkeltfisk, mens resultatene fra tidligere år hovedsakelig er basert på målinger av samleprøver.

Fettinnholdet til laksunger i mai har vist en økende trend (Spearman rang korrelasjon, totalt fettinnhold:  $r = 0,85$ ,  $p = 0,04$ ; innhold av lagringsfett:  $r = 0,87$ ,  $p = 0,02$ ) i perioden 1996-2004 (**figur 3.5**). Dette tyder på at energistatusen til laksunger i Sautso i mai har blitt bedre de siste vintrene. Dette kan ha flere årsaker. Det kan skyldes endringer i begroing, endringer i bunnfauna og laksungenes ernæring eller økt isdekke som følge av endret manøvrering. Hovedstasjonen for innsamling av laksunger om vinteren i Sautso (stasjon A15B Øvre Tørmene) ligger imidlertid i et område av elva der det fremdeles bare legger seg kantis. Det er derfor lite sannsynlig at den nye tappestrategien er hovedårsaken til bedre energimessig status hos laksunger de seneste årene. De siste vintrene har mengde begroing om vinteren avtatt, og artssammensetningen av begroingsalger er endret (se kap. 3.1). Disse endringene kan ha påvirket byttedyrenes tilgjengelighet for laksunger. Laksungenes ernæring i april/mai har de seneste vintrene vært dominert av døgnfluelarver, steinfluelarver og vårfluelarver, i motsetning til på midten av 1990-tallet da små fjærmygg-larver utgjorde en vesentlig del av dietten. Et skifte til større næringsdyr om vinteren/våren kan ha bidratt til at energistatusen til laksungene på denne tiden av året har blitt bedre de siste vintrene.

#### Energiavhengig dødelighet

Laksunger kan om vinteren dø på grunn av energiskudd, enten direkte fordi fisken ikke klarer å opprettholde den indre fysiologiske balanse eller indirekte på grunn av sykdom eller predasjon under næringssøk som trolig intensiveres når energilagrene er tomme. I alle tilfeller vil en slik dødelighet innebære at fisk med laveste energistatus forsvinner fra bestanden i

løpet av vinteren. Slik energiselektiv dødelighet har flere ganger blitt foreslått som en hovedårsak til vinterdødelighet hos ferskvannsfisk (Gardiner & Geddes 1980, Post & Evans 1989, Miranda & Hubbart 1994), men bevisene er relativt svake.

For å teste om vinteroverlevelse til laksen i Altaelva er avhengig av energinivå og fettlagre, samt for å anslå nedre kritiske energigrenser for overlevelse, gjennomførte vi en kombinert felt- og modelleringsstudie (Finstad et al. 2004b, 2005) basert på data fra Altaelva. Forandringer i spesifikk kroppsenergi hos lakseunger (2+ og nedre modal av 3+) fra Sautso ble studert gjennom månedlige innsamlinger i tre vintersesonger (2000, 2001 og 2002). Det var flere episoder hvor fordeling av kroppsenergi i bestanden hadde forandret seg slik at dette ikke kunne forklares på andre måter enn ved energiavhengig dødelighet (fisk med de laveste energistatus dør (**vedlegg 3**)). Det så videre ut til at energinivåer i størrelsesorden 4000 til 4700 J/g var kritisk lave, noe som sammenfaller med energinivåer hvor fisken har brukt opp reservene av lagringsfett (triglyserider).

#### Estimat av vinteroverlevelse i Sautso og Gargia

Vinteren 2004-2005 ble det gjennomført merking-gjenfangstforsøk for å estimere vinteroverlevelse i to områder i Altaelva (se **vedlegg 13** for metoder, resultater og diskusjon). Områdene ble valgt ut fra tidligere habitatkartlegging (Økland et al. 2003) slik at habitatene skulle være så like som mulig. Den øverste stasjonen lå i Tørmene i Sautso hvor det etter regulering er svært lite is. Den andre stasjonen lå i Gargia hvor isleggingen er som før regulering. Det ble merket et høyt antall fisk på begge stasjonene i oktober 2004

(henholdsvis 1226 og 1441 fisk), og det ble gjennomført gjenfangster i to runder våren 2005.

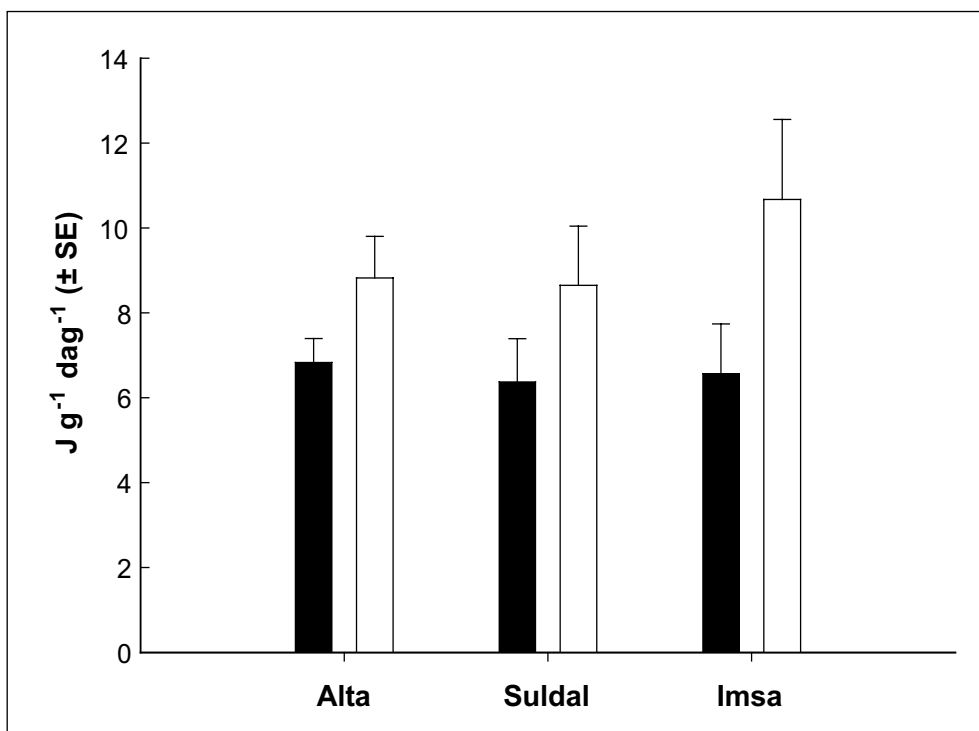
I Gargia var den estimerte vinteroverlevelsen tilnærmet lik for parr (fisk mindre enn 10,5 cm) og presmolt (fisk større eller lik 10,5 cm), mens i Sautso var overlevelsen lavere for presmolt enn parr. Dette samsvarer med resultatene fra tetthetsovervåkingen, hvor det ser ut til at det er spesielt de eldre og større fiskene som forekommer i avvikende lave tettheter i Sautso etter regulering (se kapittel 3.2.2). Viktigere er det imidlertid at overlevelsen var betydelig lavere for begge gruppene av fisk i Sautso enn i Gargia. I Gargia ble vinteroverlevelsen estimert til 61 %. I Sautso ble overlevelsen til parr estimert til 45 %, mens bare 29 % av presmolten i Sautso så ut til å overleve vinteren.

Fordi estimatene for overlevelse ble gjort på begrensede områder av elva kan det ikke utelukkes at noe av tapet av fisk skyldes utvandring fra feltene. Slike estimater betegnes av den grunn også ofte som "tilsynelatende overlevelse" i faglitteraturen. For at den relative forskjellen i overlevelse mellom Sautso og Gargia skal bli feil må imidlertid utvandringen fra områdene være forskjellige, for eksempel at mer fisk vandrer ut fra feltet i Sautso enn i Gargia. Dette kan selvsagt ikke utelukkes fordi miljøforholdene, som vil bli vist nedenfor, ser ut til å være mindre gunstige i Sautso enn lengre nede. Fisk kan derfor teoretisk velge å forlate ugunstige miljøforhold for å lete etter bedre forhold.

Et slikt fenomen vil imidlertid ikke forandre vurderingene av tilstanden i Sautso, dels fordi slike lengre forflytninger i seg selv kan innebære økt dødelighet, og dels fordi en forflytning fra Sautso medfører at produksjons-kapasiteten i området ikke utnyttes på samme måte som før regulering, samtidig som presset på områder lengre nede kan øke (unaturlig forhøyede tettheter, spesielt av større laksunger). I tillegg ble første gjenfangst av merket fisk av miljømessige årsaker gjennomført en måned tidligere i Sautso enn i Gargia (startdato henholdsvis 1/4 og 1/5). Fisken i Gargia har således opplevd en måned ekstra med dødelighet, i en del av vinteren som ut fra studiene i Altaelva (Forseth et al. 2000, Ugedal et al. 2002, Finstad et al. 2004b, 2005) ser ut til å være spesielt kritisk. Dette betyr at forskjellene mellom de to områdene i "tilsynelatende overlevelse" er undervurdert. Det er således rimelig å konkludere at merking-gjenfangst-forsøkene sammen med annen kunnskap fra Altaelva (blant annet ungfiskundersøkelser, undersøkelser av fysiologisk kondisjon og næringsinntak om vinteren) viser at vinteroverlevelsen i Sautso i dag er omlag halvparten så god som lengre ned i elva, og i størrelsesorden henholdsvis 30 og 60 % i de to områdene.

#### Årsaker til redusert vinteroverlevelse i Sautso

Med utgangspunkt i kunnskapen om betydningen av vinteren for laksungers dødelighet, den påviste energiavhengige dødeligheten i Altaelva og forskjellen i estimert "tilsynelatende overlevelse" i Sautso og Gargia,



**Figur 3.6**

Effekten av endret lysregime på hvileforbrenning for ungfisk av Altaelva, Imsaelva og Suldalselva med henholdsvis 6 timers dagslys (hvite stolper) og i mørke (svarte stolper).

vil vi nedenfor fokusere på å sannsynliggjøre hvordan de ulike miljøendringene i Sautso etter regulering har bidratt til økt vinterdødelighet.

Den første miljøfaktoren som ble undersøkt var vann-temperaturens direkte effekt på fiskens metabolisme (stoffskifte). Fordi metabolismen hos laks og alle andre fisk øker med vanntemperatur, vil en økning i vann-temperaturen øke fiskens levekostnader. Ved å kombinere eksperimenter som etablerte sammenhengen mellom vanntemperatur og metabolisme for laksunger fra Altaelva, med feltdata for lagret fett (Forseth et al. 2000), ble det ved enkle energimodeller vist at den økte metabolismen på grunn av økt vanntemperatur var så liten at den i seg selv ikke representerer noe problem for fisken i Sautso.

Den andre miljøfaktoren som ble undersøkt var endringer i lysinnstråling når isen forvinner. Det ble i eksperimenter med laksunger fra Altaelva vist at fiskens metabolisme var 23 % høyere hos fisk holdt i lys (6 timers dag) enn hos fisk i mørke (Finstad et al. 2004a, 2005, **figur 3.6**). Årsaken til dette er at lyset påvirker fiskens fysiologi (McCormick & Saunders 1987, Hoar 1988, Strand & Finstad 2000). Økt lysinnstråling når isen forsvinner øker altså kostnadene for fisken betydelig. Det er imidlertid mulig at dette økte forbruket kan kompenseres gjennom et økt næringsinntak. De første forsøkene som ble gjennomført ga tilsynelatende støtte for en slik hypotese (Finstad et al. 2004a, 2005). Veksten til fisk holdt i kar med 6-timers lys var like stor som hos fisk holdt i mørke, og næringsinntaket var større i kar med lys. Det er rimelig å anta at høyere næringsinntak i lys skyldes at det er lettere for fisken å finne maten i lys enn i mørke (Fraser & Metcalfe 1997). Veksteffektiviteten (andelen av inntatt næring som blir til fiskekjøtt) var derimot lavere i lys, i samsvar med den høyere metabolismen som en følge av lysets direkte virkning på fiskens fysiologi. Dette var imidlertid forsøk gjennomført i kar med overskudd av fôr fra fôrautomater, og som ga positiv vekstrate ved en temperatur så lav som 1 °C. I naturen vil ikke fisk vokse ved så lave temperaturer og maten er vanskeligere tilgjengelig.

Som en tredje miljøeffekt ble derfor den kombinerte effekten av endringer i lys og endringer i skjulforhold ved islegging testet. Disse forsøkene ble gjennomført i seminaturlige renner hvor fisken må finne naturlige byttedyr. I de første forsøkene ble heldekkende isdekke simulert ved å tildekke halvparten av rennene

med svart plastikk, mens resten ble dekket med klar plastikk (Finstad et al. 2004a, 2005). Rennene representerer et betydelig tøffere miljø for fisken enn i karforsøkene, og som i naturen tapte all fisk energi i løpet av forsøkene (negativ vekst). Energitalet var imidlertid betydelig høyere (20 %) i renner med klar plastikk enn i renner dekket med svart plastikk, som både stenger ut mye av lyset og hindrer fiskens i å se omgivelsene utenfor rennene (slik et isdekke gjør). I kontrast til resultatene fra karforsøkene var næringsinntaket betydelig mindre i renner dekket med klar plastikk, og under mer naturlige forhold ser det altså ut til at fjerning av isdekke fører til at fisken spiser mindre. Feltdata fra Altaelva viser at dette ikke bare er et laboratoriefenomen. Næringsopptaket, både målt som andelen fisk med tomme mager og magefyllingsgraden til fisk med mat i magen, var betydelig lavere gjennom vinteren for fisk fra Sautso enn på en referansestasjon lengre ned i elva med isdekke (Forbygningen) (**vedlegg 4**). Disse observasjonene (i lab og felt) kan forklares med at laksunger nesten utelukkende er nattaktive om vinteren, og at de ligger i skjul om dagen (Fraser & Metcalfe 1997). Om vinteren har laksunger lav metabolisme og lav svømmekapasitet, og for å unngå varmblodige predatorer (pattedyr og fugl) vil de i størst mulig grad unngå å eksponere seg i dagslys (Metcalfe et al. 1999).

I et siste forsøk ble effekten av delvis isdekke undersøkt ved at bare halvparten av hver dam ble dekket til (Finstad et al. 2005). Kontrolldammene var uten dekke. Også simulert delvis isdekke ga positiv effekt, selv om effekten var svakere enn i forsøk med heldekkende is. Fisk i dammer med delvis isdekke tapte i gjennomsnitt 5 % mindre energi enn fisk i dammer uten isdekke. Samtidig med at resultatene fra dette forsøket bekreftet resultatene fra forsøkene med simulert heldekkende is, viste forsøkene også at fisken brukte de isdekte områdene aktivt som skjul. Det ble observert færre fisk i sammenlignbare deler av dammene med delvis isdekke, da de oppholdt seg i skjul under "isdekket". Vi observerte heller aldri aktive fisk opp av substratet på dagtid, og først i skumringen kom fisken ut av skjul og var aktive. Dette bekrefter mønstrene for døgnaktivitet hos laks (Fraser & Metcalfe 1997).

Disse forsøkene, satt sammen med den generelle kunnskapen om vinterøkologi hos laksefisk, viser at fisken står overfor flere problemer når isen forsvinner fra ei elv som naturlig islegges (som Altaelva):

- Utgiftene til å holde seg i live øker fordi metabolismen (stoffskiftet) øker når lysinnstrålingen øker. Dette øker forbrenningen av lagringsfett og gjør fisken mer (og/eller tidligere) avhengig av næringsinntak.
- Mulighetene til å fange mat reduseres fordi perioden med mørke blir kortere. Resultatet er lavere næringsinntak. Laksungene i Altaelva er avhengig av et betydelig næringsinntak for å overleve vinteren.
- Predasjonsrisikoen øker fordi elva blir tilgjengelig for predatorer som ellers i høy grad er stengt ute fra elva av isdekket. Denne effekten kan forsterkes dersom lav energistatus tvinger fisken til mer aktivt næringssøk, også under (for fisken) mer ugunstige lysforhold.

Selv om det ikke er framskaffet direkte bevis for at endringer i islegging i Sautso har økt vinterdødeligheten, har laboratorieforsøk, feltinnsamlinger og estimat av vinteroverlevelse sannsynliggjort en slik effekt. Å finne for eksempel korrelative bevis er svært vanskelig, spesielt fordi de bestandsdynamiske og miljømessige endringene har vært store i området siden kraftreguleringen (Ugedal et al. 2002). I tillegg til endringer i islegging er det overveiende sannsynlig at raske vannstandsendringer, spesielt de første årene etter regulering, har gitt ekstra dødelighet i ungfiskbestanden (Ugedal et al. 2002). En lengre periode med kraftig begroing kan ha påvirket tilgjengeligheten av byttedyr, og det er observert et skifte i byttedyrssammensetting (art- og størrelsesfordeling, kap. 3.3) i området. Det er også sannsynlig at næringsalttilførselen har endret seg i perioden etter regulering (Ugedal et al. 2004). I tillegg kommer de endringene fiskebestanden har vært gjennom med en kraftig reduksjon i ungfiskproduksjon i perioden fram til 1996 som ga en påfølgende svikt i rekrutteringen (for få gytefisk). Den valgte tilnærmingen med kontrollerte laboratorieforsøk kombinert med modellering av feltdata, med klare og entydige resultater, gjør imidlertid at vi konkluderer at det er overveiende sannsynlig at endringer i isdekke i Sautso etter regulering er en viktig årsak til høyere vinterdødelighet hos laksunger og at dette har bidratt til de observerte bestandsendringene.

#### Vintervannføring og vinteroverlevelse

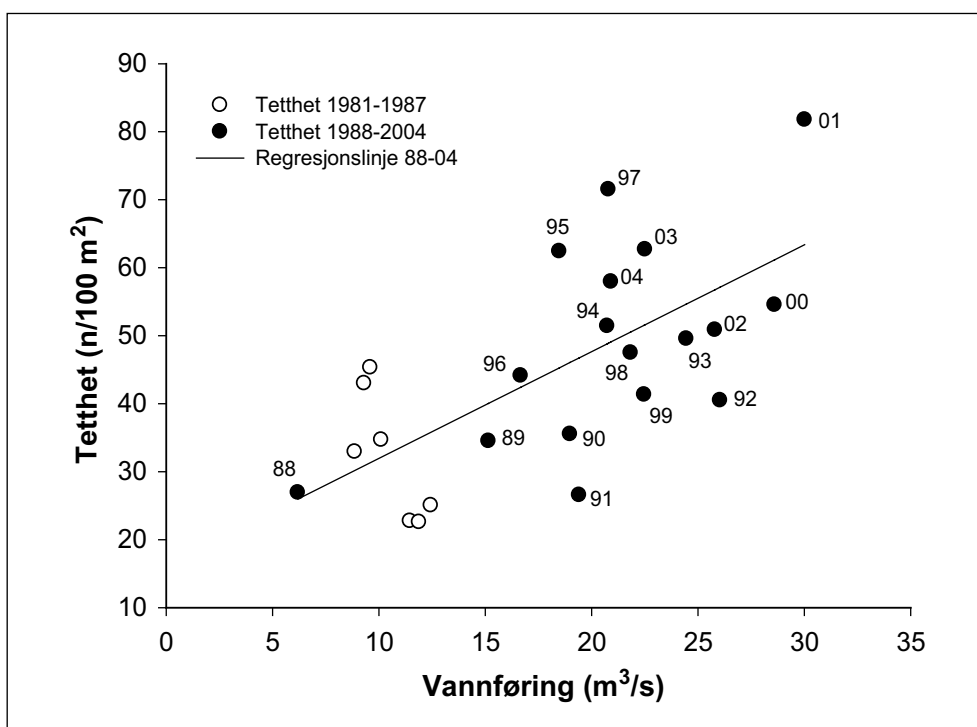
En siste miljøendring som kan påvirke vinteroverlevelse hos laksunger i Altaelva er økt vintervannføring. Gjennomsnittsvannføringen i perioden fra 1. desember til 1. mai har økt fra 14 m<sup>3</sup>/s til 29 m<sup>3</sup>/s etter regulering (Kista vannmerke: 1972-1986 og 1988-2003). Laveste

ukemiddelvannføring om vinteren var i gjennomsnitt 9,6 m<sup>3</sup>/s før regulering, mens den etter regulering er økt til 21,7 m<sup>3</sup>/s. Vannføringen om vinteren er vist å korrelere positivt med overlevelsen til laksefisk i åtte elver (Gibson & Myers 1988, Hvidsten 1993, Cunjak et al. 1998, Hvidsten et al. 2004), og med smoltproduksjonen i én av dem (Orkla, Hvidsten et al. 2004). Disse studiene viser altså at økt vintervannføring kan gi bedre vinteroverlevelse. En slik positiv effekt vil teoretisk kunne virke i hele elva og gi stor effekt på bestanden. Det ble derfor for denne rapporten gjennomført korrelasjonsanalyser for å undersøke om det var sammenhenger mellom minste vintervannføring og ungfisktettheter på stasjonene nedenfor Sautso.

På de to tetthetsstasjonene i midtre del av elva (St. A6 i Jøra og A8 i Vina) har tettheten av ungfisk økt signifikant fra 1981 og fram til 2004, og til dels betydelig på én av dem (St. A8). På den ene av de to stasjonene i Sandia (St. A12) har det også vært en signifikant økning i tetthet, mens på den andre stasjonen i denne delen av elva (St. A10) har tetthetsutviklingen vært ikke-lineær i undersøkelseperioden (se kap. 3.2). På de to nederste stasjonene var det henholdsvis sterk signifikant ( $p = 0,001$ ) eller nær signifikant ( $p = 0,057$ ) sammenheng mellom tettheten av ungfisk og gjennomsnittsvannføringen i uken med lavest vannføring (laveste ukemiddel) vinteren samme år som tettheten ble beregnet (**tabell 3.5**). Sammenhengene var signifikant på begge stasjonene når korrelasjonene ble kjørt mot gjennomsnittlig laveste ukemiddel for de to siste vintrene (gjennomsnitt av vinteren samme år som tetthetsberegningene og året før). Ett- og toårige laksunger dominerer i tetthetsfisket, og ved å ta inn de to siste vintrene dekkes vinterforhold for begge disse. Den sterke tidstrenden i utvikling i tetthet på disse stasjonene gjør imidlertid at resultatene må tolkes med forsiktighet. På de to stasjonene i Sandia fant vi marginalt ikke-signifikante sammenhenger (**tabell 3.5**). Ser man alle stasjonene nedenfor Sautso under ett var det også sterk signifikant sammenheng mellom gjennomsnittlig ungfisktetthet og laveste vintervannføring ( $p < 0,01$ ). Minste vintervannføring de to siste vintrene før tetthetsfisket forklarer 43 % av variasjonen i fisketetthet på stasjonene nedenfor Sautso og sammenhengen er relativt bratt (stigningstall 1,5), slik at en tilnærmet dobling i minstevannføring etter regulering (fra 9,6 til over 21,7 m<sup>3</sup>/s) gir nesten 60 % økning i ungfisktetthet. Effekten ser imidlertid ut til å være sterkest lengre ned i elva og avta oppover.

**Tabell 3.5.** Sammenhenger mellom minstevannføring om vinteren (laveste ukemiddel i perioden januar - mai) og tetthet av ungfisk (estimert i juli - september) på ulike elfiskestasjoner i Altaelva i perioden 1981-2004. Sammenhengene er beregnet både for vannføring samme vinter som tetthetene er estimert og for gjennomsnittet av vannføring samme vinter og foregående vinter. Regresjonsmodellenes prediksjoner vedrørende effekten av økt minstevannføring om vinteren etter regulering (økt gjennomsnitt fra 9,6 til 21,7 m<sup>3</sup>/s) på tettheten av laksunger er også vist.

	Skjæringspunkt for y-aksen	Stigningstall	R <sup>2</sup>	P	% økning i tetthet
<b>Vannføring samme vinter</b>					
A6 Sorrisniva	42,2	1,55	0,16	0,0568	32,6
A8 Gargia	17,2	1,52	0,40	0,0010	57,4
A10 Mikkeli	18,8	0,93	0,12	0,1006	40,3
A12 Gabo	17,6	0,49	0,11	0,1160	26,2
Gjennomsnitt alle	23,9	1,12	0,27	0,0088	38,8
<b>Gjennomsnitt vannføring samme vinter og foregående vinter</b>					
A6 Sorrisniva	30,5	2,22	0,28	0,0082	51,3
A8 Gargia	6,4	2,14	0,68	0,0000	95,1
A10 Mikkeli	15,4	1,13	0,15	0,0605	51,5
A12 Gabo	16,1	0,58	0,13	0,0796	31,9
Gjennomsnitt alle	17,1	1,51	0,43	0,0005	57,4



**Figur 3.7**

Sammenhenger mellom minstevannføring om vinteren (laveste ukemiddel i perioden januar - mai) og gjennomsnittlig tetthet av ungfisk (estimert i juli - september) på stasjonene nedenfor Sautso (A4-A12) i Altaelva i perioden 1981-2004. Vannføringen er gjennomsnittlig laveste ukemiddel for de to siste vintrene før tetthetene ble estimert.

Økningen i laveste vintervannføring er stor etter regulering, og dette påvirker analysene. Baserer man seg på fisketettheter bare etter regulering (1988-2004) er det fortsatt en signifikant sammenheng mellom ungfisktetthet på stasjonene nedenfor Sautso og gjennomsnitt for laveste ukemiddel for vintervannføring de to siste vintrene før tetthetsfisket (**figur 3.7**;  $R^2 = 0,33$ ,  $p = 0,015$ ). Sammenhengene drives i noen grad av

de avvikende lave vintervannføringene i 1987 og 1988 (ungfisktetthet sommeren 1988), og sammenhengene blir marginalt ikke-signifikant dersom dette punktet fjernes ( $R^2 = 0,22$ ,  $p = 0,068$ ). Stigningstallet endres lite (ca 1,6 for begge sammenhengene). Selv etter regulering, med mindre variasjon i vannføring, ser denne variasjonen i vannføring ut til å påvirke tetthetene av laksunger nedenfor Sautso.

Samlet sett, basert på sammenhengene mellom ung-fisketetthet og vintervannføring i Altaelva, lignende relativt sterke sammenhenger fra så mange som åtte elver (Gibson & Myers 1988, Hvidsten 1993, Cunjak et al. 1998, Hvidsten et al. 2004), og den spesielt sterke og godt dokumenterte effekten på smoltproduksjonen i Orkla (Hvidsten et al. 2004), er det etter vår vurdering sannsynlig at økt vintervannføring etter regulering isolert sett har bidratt til bedre vinteroverlevelse i hele Altaelva. Nedenfor Sausto, hvor endringene i isleggingsforholdene er små, har trolig økt vintervannføring gitt et positivt bidrag til vinteroverlevelsen og er en sannsynlig forklaring på økt ungfishproduksjon i deler av området. Sammenhengene mellom vintervannføring og fisketetthet drives imidlertid av økte tettheter over tid på de to nederste stasjonene. Her kan andre endringer over tid, for eksempel endringer i næringssalttilførsel, også ha bidratt til økt ungfishetetthet. I Orkla bidrar både økt vintervannføring og en periode med økt næringssalttilførsel til å forklare variasjonen i smoltproduksjon mellom år (Hvidsten et al. 2004). Det er derfor grunn til å anta at den isolerte effekten av økt vintervannføring i Altaelva etter regulering ikke er fullt så sterk som regresjonsmodellene indikerer (32-95 % økning, **tabell 3.5**).

### 3.3 Bunnfauna, driv og ernæring

#### 3.3.1 Bunnfauna

Bunnfaunaen i Altaelva og ernæring hos laksunger er undersøkt årlig siden 1980. Tromsø Museum utførte undersøkelsene i perioden fra 1980 til 1991, supplert med en begrenset prøvetaking i 1992 (Huru 1984, Bergersen 1987, 1992). Fra 1993 er undersøkelsene videreført ved NTNU, Vitenskapsmuseet som en del av NINAs oppfølgingsprogram i Altaelva (Næsje et al. 1998, Ugedal et al. 2002, 2005).

Fra 1993 er bunnfaunaen i Altaelva undersøkt i fire perioder (vanligvis mai, juli, august og september) hvert år. Prøvetakingen er standardisert med fem prøver tatt med en modifisert Surber-sampler på hver stasjon i hver innsamlingsrunde. Hver prøve dekker et bunnareal på 1475 cm<sup>2</sup>. Surberprøvene ble supplert med sparkeprøver etter samme opplegg som benyttet i Altaelva fra 1981 (Bergersen 1992). Denne metoden gir ikke kvantitative data, men er brukt for å vurdere relative tettheter og for å gi informasjon om artssammensetning. Da det ble dokumentert at forholdene

i Sautso vinter og vår skapte problemer for laksungene, ble prøveprogrammet fra og med 2002 utvidet med vinterprøver.

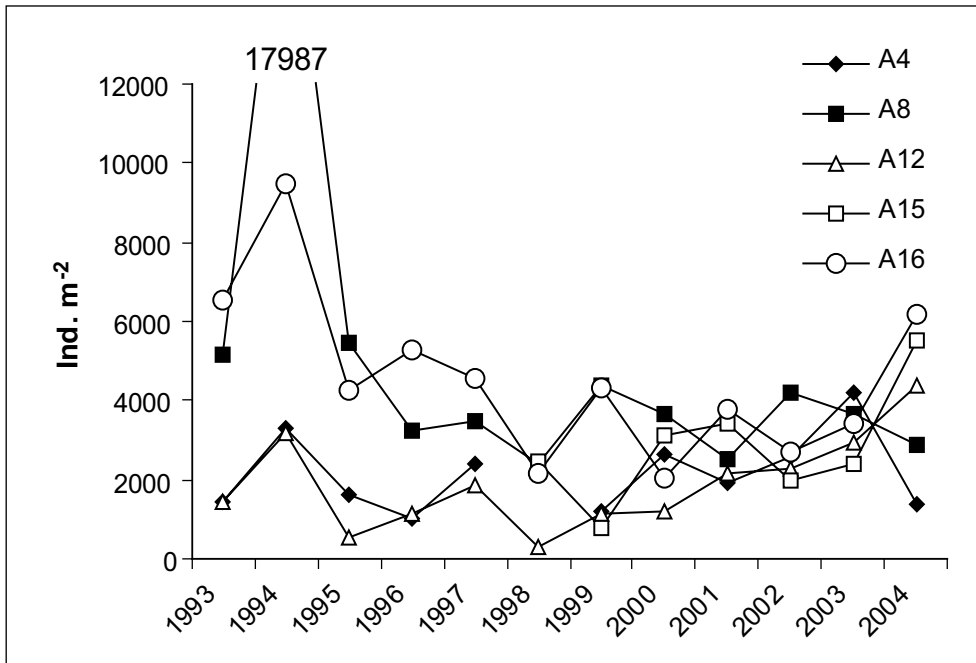
Kvantitative prøver av bunnfaunaen i perioden 1993-2004 viser at Altaelva gjennomgående har høy bunndyr tetthet. I årsgjennomsnitt, basert på prøver fra mai - september, har vanlige verdier ligget på 2 500-5 000 individer per m<sup>2</sup> på stasjonene i Sautso (A15 og A16) og i Vina (A8), og 1 000-2 000 individer per m<sup>2</sup> på stasjonene i Raipas (A4) og Sandia (A12) (**figur 3.8**). Utviklingen over tid synes å ha ført til en utjevning av de store tetthetsforskjellene mellom stasjoner som ble registrert de første årene av langtidsserien som startet i 1993. Resultatene fra 2004 bryter imidlertid noe med dette mønsteret med noe større forskjeller mellom stasjonene.

Fjærmygglarver har antallsmessig vært sterkt dominerende dyregruppe, etterfulgt av døgnfluenymfer, vårfluelarver og steinfluenymfer. Av de tre sistnevnte grupper er det registrert henholdsvis 16, 21 og 14 arter. Artsutvalget har vært meget stabilt, men dominansforholdene har vært ulike i øvre og nedre del av elva. Andre grupper enn de som er nevnt, har i de fleste tilfeller utgjort mindre enn 1 % av bunnfaunaen. Det kan konkluderes med at Altaelva har gjennomgående stor bunndyr tetthet og stabile tilstander med hensyn til artsutvalg og dominansforhold innenfor sentrale grupper. Næringstilbudet for laksunger er godt og variert i hele elva, spesielt i øvre deler.

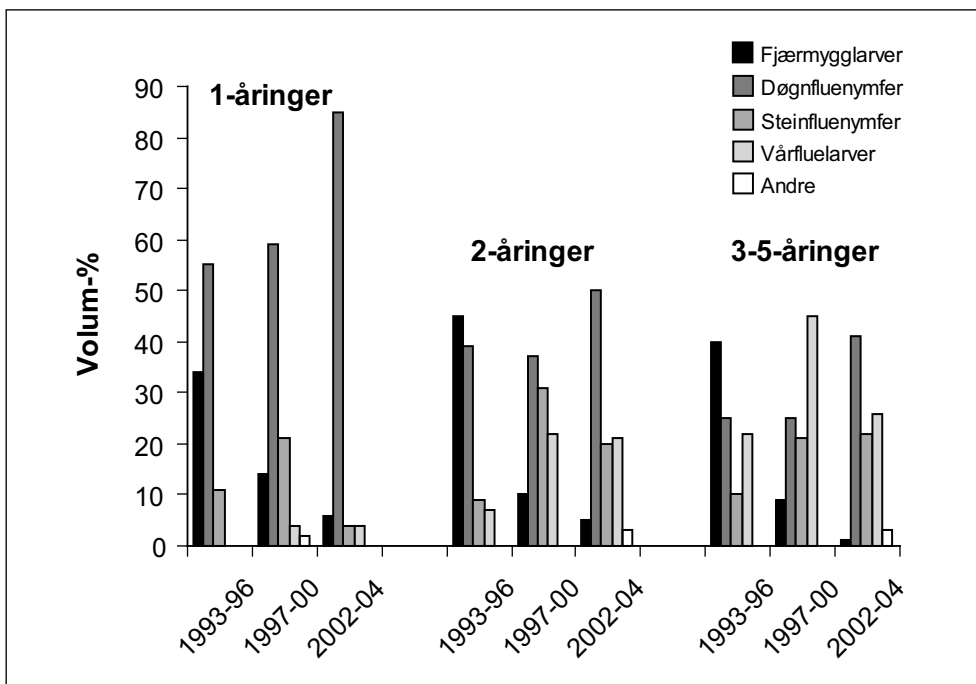
#### 3.3.2 Laksungenes ernæring

Ernæringsstudiene til laksunger baseres på mageprøver fra materialet som samles inn med elektrisk fiskeapparat for tetthets-/vekstanalyser og energistudier. Innsamling av laksunger for ernæringsanalyser ble utført på samme stasjoner og til samme tidspunkt som bunnprøvene.

Ernæringen til laksunger i Altaelva har overveiende bestått av de fire bunndyrgruppene fjærmygglarver, døgnfluenymfer, steinfluenymfer og vårfluelarver. Når mageprøver fra alle innsamlingsperioder i perioden mai-september sees under ett, har fjærmygglarver blitt antallsmessig mest utnyttet som byttedyr hos alle aldersgrupper av laksunger. Dernest kommer døgnfluenymfer, steinfluenymfer og vårfluelarver (Ugedal et al. 2002, 2005).

**Figur 3.8**

Utvikling av gjennomsnittlig bunndyr-tetthet (antall individer per m<sup>2</sup>) for mai - september på ulike stasjoner i Altaelva i perioden 1993-2004.

**Figur 3.9**

Gjennomsnittlig volumfordeling av byttedyrgrupper i mageprøver fra ulike aldersgrupper av laksunger fra Sautso i april/mai i ulike perioder.

Det har over tid skjedd en betydelig endring i laksungenes diett i Sautso om våren. I 1993-1996 dominerte fjærmygglarver og døgnfluenymfer volummessig dietten hos alle aldersgrupper av laks (**figur 3.9**). I perioden 1997-2000 avtok betydningen av fjærmygglarver i laksungenes diett, mens betydningen av steinfluenymfer og vårfluer økte. Denne diettendringen har vedvart gjennom prøveperioden. I 2002-2004 hadde døgnfluenymfer størst volummessig betydning i mageprøver hos alle aldersgrupper av laksunger. Hos eldre laksunger enn 1-åring har både steinfluenymfer og vårfluelarver økt sine andeler til dels kraftig etter

1996. I bunnfaunaen har andelen av fjærmygglarver og døgnfluenymfer ligget jevnt gjennom undersøkelsesperioden, mens andelen av steinfluenymfer og vårfluelarver i bunnfaunaen har økt noe fra 1993-1996 til 2002-2004.

Data fra undersøkelser utført før reguleringen (Huru 1984, Bergersen 1992) viser at dietten til laksungene i Sautso om våren hadde store likhetstrekk med forholdene etter 1997-1998. Endringene i bunnfauna og ernæring hos laksunger de senere årene oppfattes som en positiv utvikling. Endringene i laksungenes



diettsammensetning som de senere årene har funnet sted i Sautso i den kritiske vårperioden gjenspeiler sannsynligvis bedre tilgjengelighet av større attraktive byttedyr. Dette kan blant annet ha sammenheng med redusert begroing (jfr. kapittel 3.1).

### 3.3.3 Drivfauna om vinteren

Målsettingen med undersøkelsene av drivfauna i Altaelva vinterstid har vært å skaffe grunnlag for å vurdere om laksungene har dårligere tilgang på drivfauna på åpne elvestrekninger sammenliknet med islagte områder. Drivfaunaen ble undersøkt i Svartfossen i Sautso der elva etter kraftutbyggingen stort sett er isfri hele året (2002-2004), og Gargia (2002) eller Forbygningen (2003 og 2004), der elva normalt er islagt om vinteren med unntak av ei isfri råk. Undersøkelsene er detaljert beskrevet i Ugedal et al. (2003, 2004, 2005).

Drivet av dyr i Svartfossen bestod vesentlig av hoppekreps (fra kraftverksmagasinet) og små fjærmygg-larver, og få individer av andre dyregrupper (**vedlegg 5**). I Gargia og Forbygningen var det vesentlig færre hoppekreps enn i Svartfossen. Av andre dyregrupper i drivet var forskjellene små mellom Svartfossen og de to andre stasjonene.

Samlet sett kan det konkluderes at det ikke ble funnet særlig støtte for hypotesen om at manglende isdekke reduserer perioden av døgnet som byttedyrene er aktive. Dermed kan det heller ikke konkluderes med at ungfisken av denne årsak har dårligere tilgang på drivfauna på åpne elvestrekninger sammenliknet med islagte. Mageanalyser fra laksunger i Sautso viste at dyregruppene som forekommer hyppigst i drivet har liten betydning som vinternæring for laksunger.

## 3.4. Smoltproduksjon og smolt-utvandring

Produksjon og utvandringmønster for laksesmolten i Altaelva er undersøkt i perioden 2003-2005. Spesielt fokus har blitt lagt på å studere eventuelle forskjeller mellom Sautsosenen, som er sterkest påvirket av utbyggingen, og de resterende deler av lakseførende strekning.

Smoltundersøkelsene har hatt to hovedformål: 1) Estimere smoltproduksjonen i Altaelva, herunder spesifikt i Sautsosenen, og 2) vurdere mulig asynkron

smoltifisering og utvandring av smolt fra Sautsosenen sammenliknet med resten av elva. To metoder ble benyttet for å undersøke smoltproduksjonen: 1) Fangst-gjenfangst av presmolt/smolt gjennomført ved elfiske (fangst og merking) og smoltfeller (gjenfangst), og 2) undersøkelse av relativ presmolttetthet om våren ved elfiske over kjent elveareal. Disse metodene, og hvorledes de er benyttet i Altaelva i 2003 og 2004 er beskrevet i Ugedal et al. (2004, 2005).

Det er ikke tidligere foretatt beregninger av smoltproduksjonen i Altaelva. Vi kan derfor ikke sammenlikne dagens situasjon med en "før-utbygging" situasjon. I undersøkelsene er derfor områder i nedre deler av Altaelva brukt som referanseområder for Sautso. I 2002 ble det foretatt bonitering av Sautso og deler av Vina blant annet med tanke på å finne områder som var sammenliknbare med Sautso (Økland et al. 2003). Det undersøkte området i Vina, i området Øvre Sierra - utløp Gargiaelva, syntas å være vel egnet til dette.

For å sikre fangst av utvandrende smolt ved ulik vannføring, ble fire ulike smoltfeller benyttet. Basert på gjenfangst av merket smolt i fellene ved Øvre Alta Bru har vi sammenliknet utvandringstidspunkt for smolt fra Sautso med resten av elva. Disse fangstene er også benyttet til å estimere smoltproduksjonen med metode 1, både for Sautso og resten av elva.

### 3.4.1 Smoltproduksjon

#### Relativ tetthet av presmolt

I 2003 og 2004 ble merking av smolt gjennomført ved at områder vurdert som egnet for smoltfangst, ble overfisket én gang med elektrisk fiskeapparat. Det overfiskede arealet ble deretter beregnet. Dette gir grunnlag for å beregne relative tettheter av smolt i Sautso og i Vina/Jøra.

De registrerte tetthetene av presmolt i Sautso våren 2004 var noe høyere enn våren 2003. I Sautso ble den samlede tettheten av presmolt (fisk  $\geq 12$  cm) beregnet til 2,8 og 3,4 individer per 100 m<sup>2</sup> i henholdsvis 2003 og 2004 (**tabell 3.6**). Vannføringen ved elfisket i april 2004 var en god del høyere (omlag 66 m<sup>3</sup>/s) enn i mai 2003 (omlag 42 m<sup>3</sup>/s). Ved høyere vannføring blir vanndecket areal større og tettheten av fisk sannsynligvis lavere. Denne sammenlikningen kan tyde på at tettheten av presmolt var noe høyere i Sautso våren 2004 enn våren 2003.

**Tabell 3.6.** Tetthet av presmolt ( $\geq 12$  cm) beregnet med elfiske i Altaelva våren 2003 og 2004. Beregningene er basert på én gangs overfisking av større felter. Tetthetene uttrykker samlet tetthet, det vil si totalt antall fisk fanget dividert på totalt areal overfisket. Vannføringen (Harestrømmen) ved undersøkelsestidspunktene er også vist.

	Tidsrom	Areal (m <sup>2</sup> )	Vannf. (m <sup>3</sup> /s)	Tetthet (n/100m <sup>2</sup> )
<b>Sautso</b>				
Sautsogården - Toppen	2-4/5 2003	24730	42	2,8
Sirppi - Toppen	23-25/4 2004	8970	66	3,4
<b>Vina</b>				
Øvre Sierra - Gargia	5-7/5 2003	27850	42	6,3
Gargiaelva - Tanglandet	26-29/4 2004	10330	63-66	13,3
<b>Jøra</b>				
Øv. Sorrisniva - Mørkeng.	26-29/4 2004	9740	63-66	11,0

I Vina ble den samlede tettheten av presmolt beregnet til 6,3 og 13,3 individer per 100 m<sup>2</sup> i henholdsvis 2003 og 2004 (**tabell 3.6**). I 2004 ble det også samlet og merket smolt i Jøra. Den samlede tettheten av presmolt i dette området ble beregnet til 11,0 individer per 100 m<sup>2</sup>, det vil si omlag det samme som i Vina.

Tettheten av presmolt i Sautso var signifikant lavere enn på sammenlignbare områder i Vina både i 2003 (sammenlikning av relativ tetthet på 21 felter i Sautso med 16 felter i Vina; Mann Whitney U-test;  $p < 0,01$ ) og 2004 (sammenlikning av relativ tetthet på 11 felter i Sautso med 7 felter i Vina; t-test;  $p < 0,001$ ). Sammenlikningen tyder på at tettheten av presmolt i Vina var mellom to og fire ganger så stor som i Sautso. Tetthetstallene gjelder for én gangs overfiske av feltene, slik at den virkelige tettheten av presmolt på disse områdene er høyere. I begge årene ble undersøkelsene gjennomført ved like forhold med hensyn på vannføring og vanntemperatur, og på områder som habitatmessig er like. Det er derfor god grunn til å anta at fangsteffektiviteten av presmolt var noenlunde lik i Sautso og Vina. Resultatene fra denne undersøkelsen skulle derfor være godt sammenliknbare mellom de to områdene av elva.

Vi kjenner ikke forholdet mellom tettheten av presmolt på de to undersøkte områdene før regulering. Vurdert ut fra Sautsolaksens andel av fangsten av laks fra smoltårsklassene 1980-1984, utgjorde smoltproduksjonen i Sautso før regulering omtrent 16 % av produksjonen i hele elva (Ugedal et al. 2002). Dette

er et minimumsestimat fordi Sautsolaks også fanges i andre deler av elva. Sautso (inkludert Sautso vann) utgjør omlag 16 % av lengden på lakseførende strekning i Altaelva. Vurdert ut fra lengden på den produserende elvestrekningen ville vi forvente at tettheten av smolt i Sautso før regulering var minst like store som tettheten av smolt i områder lengre ned i elva. Våre resultater tyder derfor på at tettheten av presmolt, og dermed smoltproduksjonen i Sautso, fremdeles er lavere enn i øvrige deler av elva. Dette resultatet samsvarer med resultatene fra elfiskeundersøkelsene i Altaelva (se kapittel 3.2 og Ugedal et al. 2005).

#### Smoltproduksjon i hele Altaelva: merking og gjengefangst i smoltfeller

I 2004 ble det merket smolt i områdene Sautso og Vina-Jøra. For å sikre en mest mulig representativ fangst av smolt produsert over hele lakseførende strekning, ble det i 2005 også merket fisk i områdene Sandia og Raipas. Totalt ble det merket 4 059 smolt i Altaelva våren 2004 og 10 338 smolt i 2005. I 2004 ble det i fellene ved Øvre Alta Bru sjekket 4 836 smolt for merker, hvorav 33 smolt var merket. Dette gir et bestandsestimat på 578 000 smolt (95 % konfidensintervall: 415 000-830 000 smolt). I 2005 ble det sjekket 3 791 smolt, hvorav 58 smolt var merket. Dette gir et bestandsestimat på 664 000 smolt (95 % konfidensintervall: 521 000-866 000 smolt). Beregningen gjelder antall smolt på merketidspunktet. Antallet smolt som gikk ut av elva vil derfor sannsynligvis være mindre på grunn av dødelighet i tidsrommet mellom merking og utvandring.

Beregningene av smoltbestanden forutsetter at det er lik fangstsannsynlighet for merket og umerket fisk, og at all den merkede presmolten smoltifiserte og vandret ut. Dette er sannsynligvis ikke tilfelle, noe som gjør at bestandsestimatet blir for høyt. Vi kjenner ikke andelen av den merkede presmolten som ikke smoltifiserte, men kun fisk større enn 12 cm ble merket. Denne grensen ble satt såpass høyt for å gjøre denne feilkilden så liten som mulig. Hvis vi antar at 10 % av den merkede fisken ikke vandret ut (og dermed ikke kunne gjenfanges i fellene) blir estimatet for smoltproduksjonen redusert til 520 000 og 598 000 smolt i henholdsvis 2004 og 2005. Vi anser det som lite sannsynlig at en større andel enn 10 % av den merkede fisken ble stående igjen i elva.

Produksjonen av laks i et vassdrag er avhengig av en rekke faktorer, hvorav klima, hydrologiske forhold, fiskefauna, geologi og vannkjemi og vassdragets størrelse er av de viktigste (Gibson 1993), og variasjonen i smoltproduksjon er stor mellom vassdrag. Smoltproduksjonen er også avhengig av smoltens alder (Symons 1979), og en forventer en lavere smoltproduksjon i elver med høyere smoltalder. I Altaelva er gjennomsnittlig smoltalder relativt høy, omlag 4 år, basert på skjellanalyser av voksen fisk (Ugedal et. al. 2002).

Smoltproduksjon i elver angis ofte som antall smolt per 100 m<sup>2</sup> areal. Arealet på lakseførende strekning i Altaelva er beregnet til omlag 465 ha ut fra kart i N50 serien (Erikstad et al. 1999, Svein-Erik Sloreid, NINA, pers.med.). Dette arealet inkluderer områder som er tørrlagt ved lav sommer- og vintervannføring, men som er oversvømt ved normal høy sommervannføring. Estimater av smoltproduksjonen i Altaelva gjelder for områdene ovenfor Øvre Alta Bru, hvor fellene sto plassert. Strekningen nedenfor Øvre Alta Bru utgjør omlag en femtedel av lakseførende strekning i Altaelva. Arealet ovenfor Øvre Alta Bru er derfor omlag 372 ha. Smoltproduksjonsestimatet i Altaelva inkluderer imidlertid også produksjonen i Eibyelva. Tettheten av laksunger (eldre enn 0+) i Eibyelva er anslått til å variere fra 5-20 individer per 100 m<sup>2</sup> med et gjennomsnitt for hele elva på omlag 8-10 individer per 100 m<sup>2</sup> (Saltveit et al. 1998, Muladal 2003). Tettheten er altså vesentlig lavere enn i Altaelva. Smoltproduksjonen i Eibyelva er derfor neppe større enn 20 000-30 000 individer. Hvis vi trekker fra 30 000 smolt, blir smoltproduksjonen per arealenhet i Altaelva ovenfor Øvre Alta Bru (totalt 548 000 og 634 000 smolt) henholdsvis 14,7 og 17,0 individer per 100 m<sup>2</sup>.

Det er gjennomført estimater av smoltproduksjon i flere norske elver. I Imsa i Rogaland fanges all smolt som vandrer ut i en fiskefelle. Her har smoltproduksjonen variert mellom 4 og 31 smolt per 100 m<sup>2</sup> elveareal, med et gjennomsnitt på 15 i perioden 1975-1993 (Jonsson et al. 1998a). I Kvasseheimsåna i Rogaland ble smoltproduksjonen estimert til 15,4 smolt per 100 m<sup>2</sup> basert på elfiske (Hesthagen et al. 1986). Begge disse elvene er små, produktive elver preget av jordbruksavrenning, og smolten er ung (gjennomsnittlig smoltalder omlag 2 år).

I flere regulerte norske elver har smoltproduksjonen blitt estimert ved merking/gjenfangst de seneste årene. I Orkla i Sør-Trøndelag har produksjonen av smolt variert mellom 4,0 og 10,8 smolt per 100 m<sup>2</sup> i perioden 1983 til 2002, med et gjennomsnitt på 6,5 (Hvidsten et al. 2004). Gjennomsnittlig smoltalder i Orkla har de siste årene variert mellom 3,3 og 3,8 år (Hvidsten et al. 2004). I Suldalslågen i Rogaland varierte smoltproduksjonen mellom 2,1 og 3,3 individer per 100 m<sup>2</sup> i perioden 1999-2003 (Saltveit & Bremnes 2004). Gjennomsnittlig smoltalder i Suldalslågen har i disse årene variert mellom 2,8 og 3,2 år. I Eira i Møre og Romsdal varierte smoltproduksjonen mellom 3,1 og 4,0 individer per 100 m<sup>2</sup> i 2001 til 2003 (Jensen et al. 2004). Smoltalderen i Eira er omlag 3,1 år. I Stjørdalselva i Sør-Trøndelag varierte smoltproduksjonen mellom 2,1 og 4,2 individer per 100 m<sup>2</sup> i perioden 1992-1999 (Arnekleiv et al. 2000). Gjennomsnittlig smoltalder i Stjørdalselva har i disse årene variert mellom 3,7 og 4,1 år.

Sammenliknet med smoltproduksjonen i alle de større regulerte elvene som er undersøkt, må smoltproduksjonen i Altaelva karakteriseres som høy. Dette er i overensstemmelse med resultatene fra tetthetselfiske, som viser at Altaelva har høye tettheter av laksunger i de fleste områder nedenfor Sautsosenen. For eksempel har gjennomsnittstettheten av eldre laksunger (1+ og eldre) på de fire hovedstasjonene fra Sandia til Jøra vært 57 (variasjonsbredde 41-82) individer per 100 m<sup>2</sup> i perioden 1998-2004. Disse tetthetstallene er korrigerte til å gjelde ved en vannføring på omlag 70 m<sup>3</sup>/s. På seks elfiskestasjoner i Orkla (på den strekningen hvor smoltbestanden estimeres) har gjennomsnittstettheten av eldre laksunger vært 36 (variasjonsbredde 15-56) individer per 100 m<sup>2</sup> i perioden 1981-2001 (Hvidsten et al. 2004). Tetthetstallene i Orkla er korrigerte til å gjelde ved en vannføring på

omlag 35 m<sup>3</sup>/s. Tettheten av eldre laksunger i Altaelva synes derfor å være vesentlig høyere enn i Orkla, og dette samsvarer med en høyere smoltproduksjon per arealenhet i Altaelva.

### 3.4.2 Asynkron smoltifisering

Reguleringen av Altaelva har ført til endringer i vann-temperatur og lysforhold (pga redusert isdekke) i Sautso om vinteren og våren. Begge disse miljøparametrene er vist å påvirke tidspunktet for laksens smoltifisering. En asynkron smoltifisering og utvandring (dvs tidligere eller senere) med smolten i resten av elva kan medføre økt predasjon, det vil si andel av smolten som blir spist, fra annen fisk når smolten vandrer ut av fjordsystemet. Vi har derfor undersøkt tidspunktet for smoltens utvandring i ulike deler av Altaelva.

I 2004 ble utvandringen av smolt fra Sautso og kontrollområdet Vina/Jøra undersøkt. Den merkete fisken fra Sautso vandret seinere ut (median dato 8. juli) enn fisken merket i Vina/Jøra (median dato 2. juli) (Kolmogorov-Smirnov test,  $z = 2.27$ ,  $p < 0,001$ ) (**figur 3.10**). Med unntak av én smolt gikk all merket smolt fra Vina/Jøra ( $n = 24$ ) i fellene ved Øvre Alta Bru før smolten som var merket i Sautso ( $n = 9$ ).

Kjemiske analyser av otolittene til den utvandrende smolten i 2004 tyder også på at fisk klassifisert som Sautsosmolt vandret ut seinere enn fisk fra resten av elva (se Ugedal et al. 2005). Median utvandringssdato for den merkete fisken fra Vina/Jøra og fisken som ble kjemisk klassifisert til denne gruppen, var den samme (2. juli). Median utvandringssdato for fisk kjemisk klassifisert som Sautsosmolt (8. juli) var signifikant seinere enn median utvandringssdato for resten av materialet (2. juli) (Kolmogorov-Smirnov test,  $z = 2,51$ ,  $p < 0,001$ ). Basert på gjenfangst av merket fisk og de kjemiske analysene av otolitter kan vi anslå at median utvandringssdato for smolt fra Sautso var 6 dager seinere enn for smolt fra Vina/Jøra.

I 2005 ble utvandringen av smolt fra Sautso, Sandia, Vina/Jøra og Raipas undersøkt. Den merkete fisken fra Raipas kom først (median dato 23. juni,  $n = 8$ ), så kom fisk fra Vina/Jøra (median dato 5. juli,  $n = 28$ ), fisk fra Sandia (median dato 9. juli,  $n = 6$ ) og til slutt fisk fra Sautso (median dato 13. juli,  $n = 16$ ) (**figur 3.11**). Variasjonen i median utvandringssdato mellom

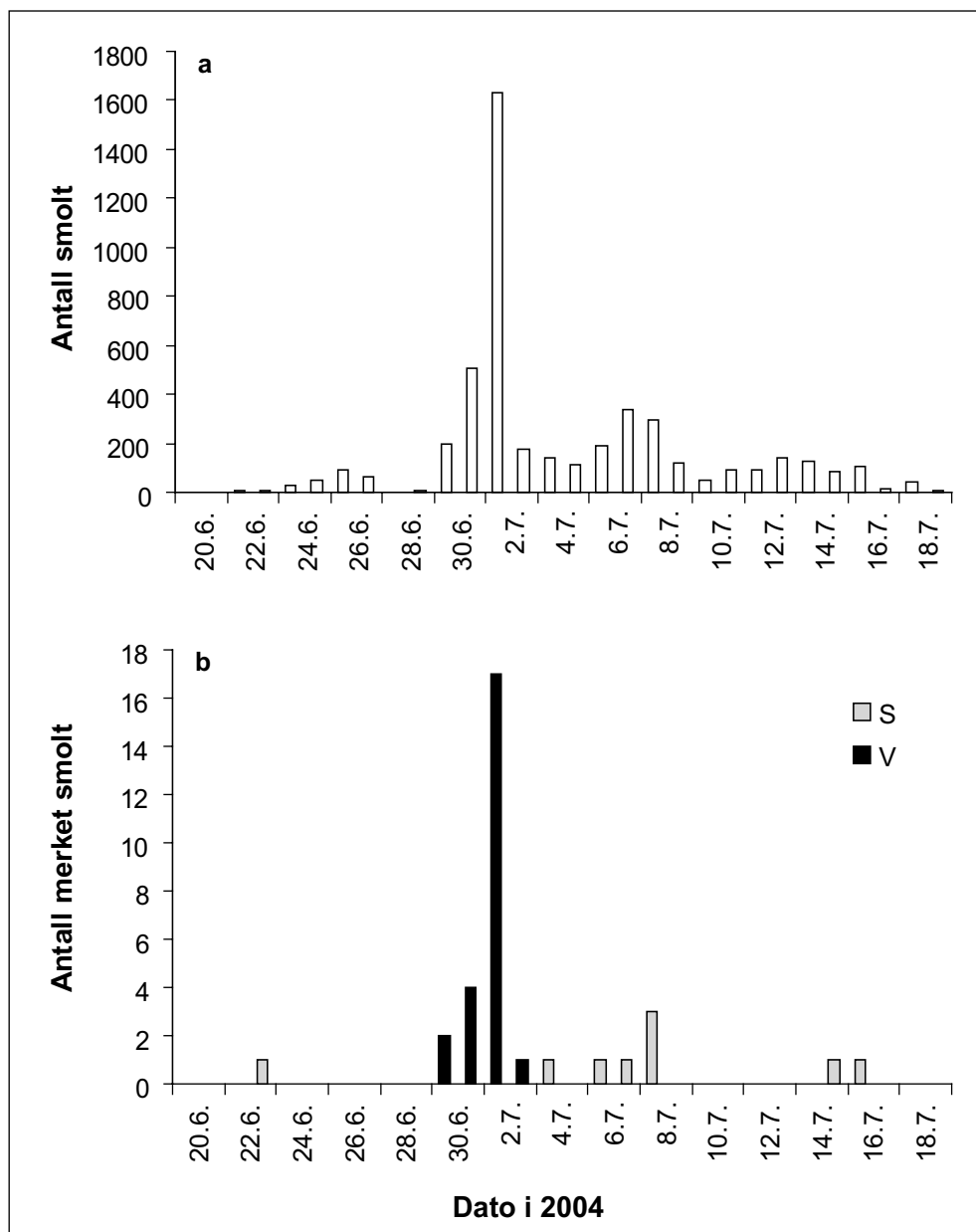
områder var signifikant (Kruskal-Wallis test,  $X^2 = 29,9$ ,  $df = 3$ ,  $p < 0.001$ ). Sekvensielt Bonferroni korrigerte Kolmogorov-Smirnov tester viste signifikante forskjeller mellom utvandringen i Sautso og Raipas (ukorrigert  $p = 0,001$ ), Vina/Gjøra og Sandia (ukorrigert  $p = 0,018$ ), samt Vina/Gjøra og Sautso (ukorrigert  $p < 0,001$ ).

Merkeforsøkene i Altaelva i 2004 og 2005 viser at smolt vandret suksessivt ut, først fra nedre deler og senere fra områder oppover i elva, slik at smolt fra Sautso vandret ut sist. Med forbehold om at utvandringsmønsteret kun er undersøkt i to år, skiller resultatene seg fra smoltutvandringen i Orkla og Stjørdalselva (Hvidsten et al. 1995, Arnekleiv et al. 2000). I disse to elvene fant en ingen forskjell i tidspunktet for utvandring av smolt fra ulike deler av elva. I Orkla, hvor utvandringsmønsteret ble undersøkt i 9 år, var det kun i ett år at smolten vandret først ut fra de nedre deler og sist fra de øvre (Hvidsten et al. 1995).

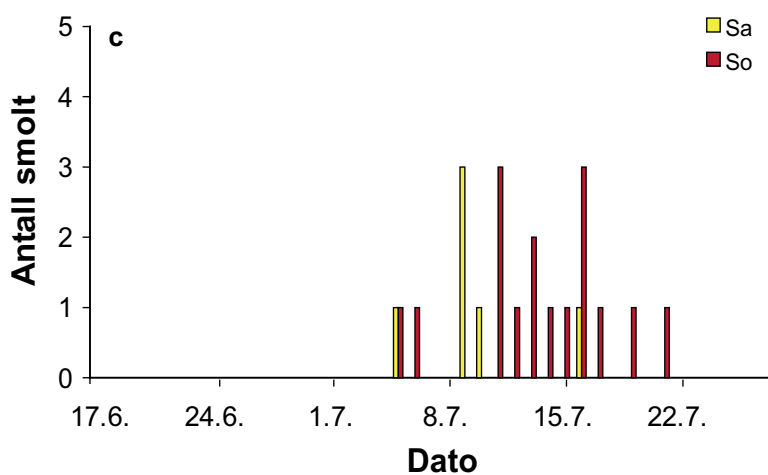
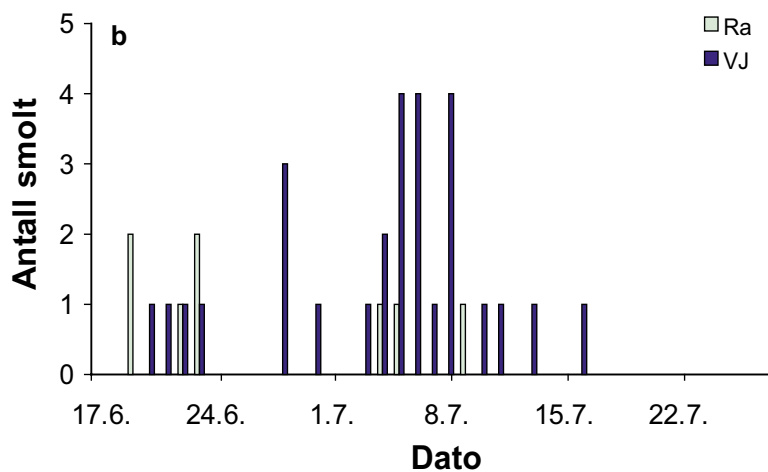
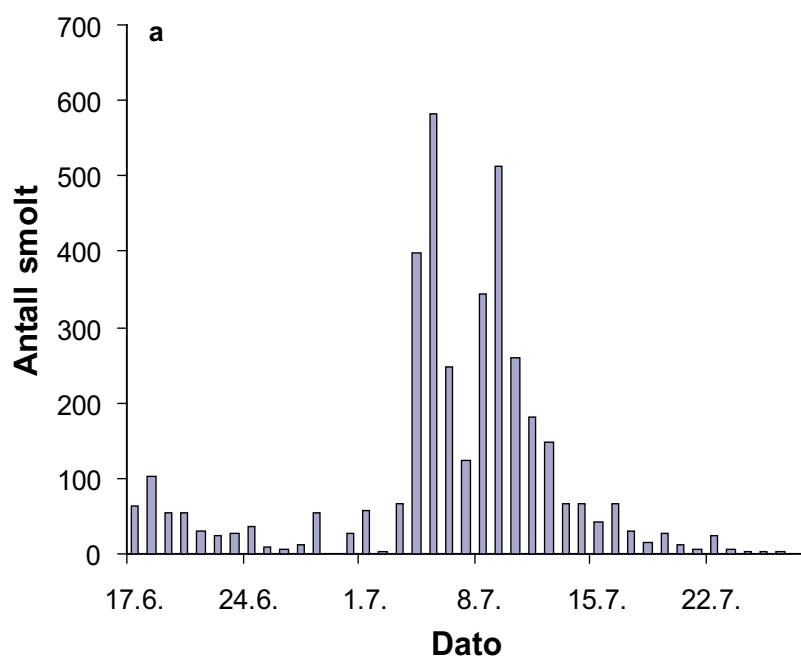
Trolig er det vanlig at smolt fra øvre deler av elva drar med seg vandringssklar smolt som står lenger nede i elva. Denne sosiale atferden er sterkest hos søskengrupper av utvandrende smolt (Olsen et al. 2004). Hensikten med sosial atferd er trolig å vandre i stimer. Stimer vil kunne forbedre overlevelsen ved predasjon (se Hvidsten & Lund 1988) og bedre presisjon i navigeringen tilbake til oppvekstelva (McKinnell et al. 1997).

Vi kjenner ikke til om smoltutvandringen fra Sautso var synkronisert med utvandringen fra resten av elva før reguleringen. På grunn økt dødelighet i sjøen hvor smolten risikerer å bli spist av annen fisk (Hvidsten & Lund 1988), kan det være fordelaktig for smolten fra Sautso å gå ut samtidig med smolten fra de nedre delene av vassdraget. På den måten vil fisken redusere sjansen for å bli spist og øke overlevelsen under utvandring i fjordsystemet.

Forsøk med Altalaks utført på settefisk anlegget i Talvik har vist at redusert vanntemperatur kan forsinke smoltutvandringen. I Sautso har vanntemperaturen blitt lavere om våren, fra ca slutten av mai, til smolten vandrer ut i slutten av juni og begynnelsen av juli. Denne temperaturreduksjonen, som jevner seg ut nedover i vassdraget, kan ha medført en forsinkelse i utvandringstidspunkt for smolten i de øvre deler.

**Figur 3.10**

Utvandring av smolt i Altaelva ved Øvre Alta Bru våren 2004. Figur 3.10a viser fordelingen av totalt antall smolt ( $n = 4836$ ) som vandret ut, mens figur 3.10b viser gjenfangstfordelingen av smolt merket i Vina ( $V, n = 24$ ) og i Sautso ( $S, n = 9$ ).

**Figur 3.11**

Utvandring av smolt i Altaelva ved Øvre Alta Bru våren 2005. Figur 3.11a viser fordelingen av totalt antall smolt ( $n = 3791$ ) som ble fanget under utvandring, mens figur 3.11b viser gjenfangstfordelingen av smolt merket i Raipas (Ra,  $n = 8$ ) og Vina/Jøra (VJ,  $n = 28$ ). Figur 3.11c viser gjenfangstfordelingen av smolt merket Sandia (Sa,  $n = 6$ ) og Sautso (So,  $n = 16$ ).

## 3.5 Voksen laks

### 3.5.1 Bestands- og fangstutvikling

Utviklingen i fangster av voksen laks i Altaelva er studert fra 1980 til 2004. Skjellprøver av laks fanget i sportsfisket er samlet årlig, og fiskernes fangst-innsats ble undersøkt ved hjelp av spørreskjemaer. Gytebestanden ble undersøkt ved tellinger av gytegrøper i ti år i perioden 1989-2004. Antallet gytefisk i Sautso ble i tillegg registrert ved at dykkere drev i overflaten av elva i fem år i perioden 1996-2004.

#### Laksens størrelse, sjøalder og kjønnsfordeling

Altalaksen er storvokst, og hvert år fanges laks større enn 20 kg. Tradisjonelt har fangststatistikken i Altaelva skilt mellom smålaks, som er mindre enn 4 kg, og storlaks, som er større eller lik 4 kg. Denne grenseverdien skiller godt mellom én-sjø-vinter laks og fler-sjø-vinter laks. I skjellprøvematerialet (1981-2004) er bare 0,4 % av smålaksen fler-sjø-vinter laks, mens bare 0,2 % av storlaksen er én-sjø-vinter laks.

Kjønnsfordeling i skjellprøvematerialet (1981-2004) for én-sjø-vinter laks var 94 % hanner og 6 % hunner, for to-sjø-vinter laks 42 % hanner og 58 % hunner, for tre-sjø-vinterlaks 20 % hanner og 80 % hunner, og for laks med flere enn tre vintre i sjøen 46 % hanner og 54 % hunner. Av hannfiskene hadde 74 % vært én vinter i sjøen før de ble fanget, 6 % hadde vært to vintre i sjøen, 15 % tre vintre og 5 % flere enn tre vintre. Av hunnfisken hadde 6 % vært én vinter i sjøen før de ble fanget, 10 % hadde vært to vintre i sjøen, 78 % tre vintre og 7 % flere enn tre vintre.

### Utviklingen i fangst av voksen laks

#### Metoder

Utviklingen i laksefangster i Altaelva i perioden 1980-2004 ble vurdert på to måter:

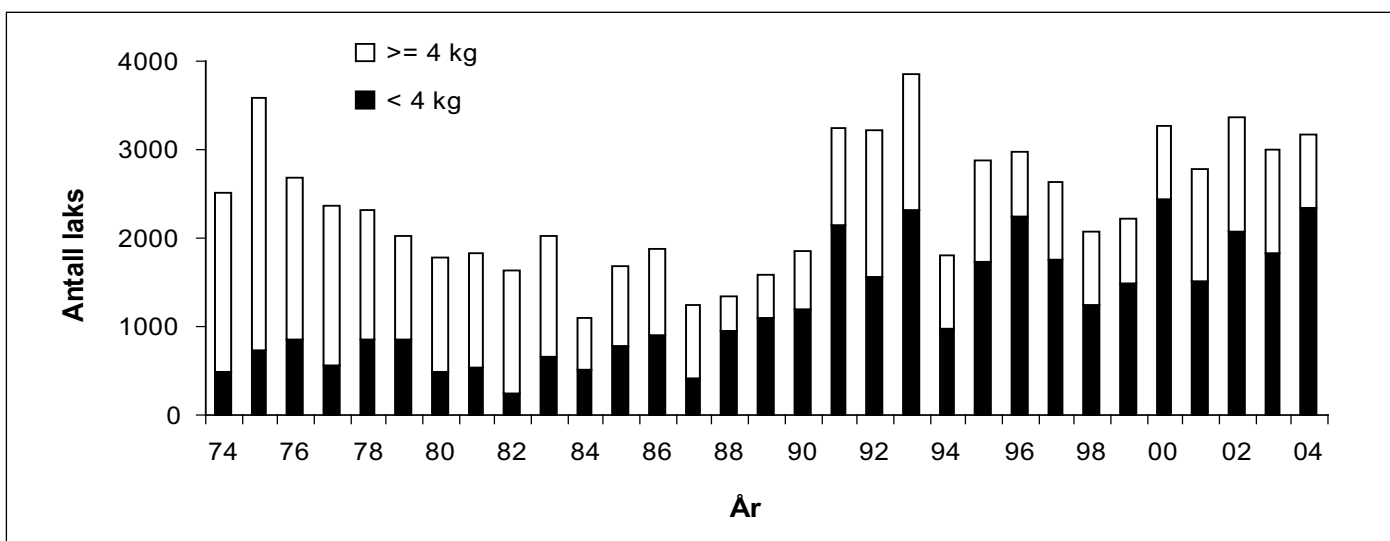
1. Absolutte fangster i de enkelte kortsoner og i hele elva sett under ett.
2. Relative fangster i de enkelte kortsoner og i forhold til årlig totalfangst i elva.

Variasjoner i de årlige fangstene av laks kan skyldes ulike smoltproduksjon og smoltkvalitet. Den årlige oppgangen av voksen laks kan også variere på grunn av ulike oppvekstforhold i havet, som for eksempel variabel næringstilgang, vanntemperatur og fangstrykk. Den relative andelen av laks som ble fisket i hver av de fem kortsonene i forhold til den totale fangsten i hele elva ble analysert for å kompensere for slike variasjoner.

For å undersøke eventuelle effekter av kraftutbyggingen ble undersøkelsesperioden delt i tre. Periode 1 er før reguleringen (1980-1986), periode 2 er overgangsår da laksungene delvis hadde vokst opp i uregulert elv (1987-1990), og periode 3 er etter regulering da de fleste laksunger hadde vokst opp i regulert elv (1991-2004).

#### Absolutt fangst

Årlig fangst i perioden 1974-2004 varierte mellom 6 202 kg (1988) og 31 897 kg (1975) (**vedlegg 6**). Perioden 1974-1983 var best med gjennomsnittlig årlig fangst på 18 425 kg, mens perioden 1984-1990 var dårligst med gjennomsnittlig årlig fangst på 9 383 kg.



**Figur 3.12**

Antall smålaks (< 4 kg) og storlaks (≥ 4 kg) fanget i Altaelva i perioden 1974-2004. Laks som er sluppet ut etter fangst, er inkludert.

Gjennomsnittlig årlig fangst økte igjen i perioden 1991-2000, til 14 782 kg.

I perioden 2001-2004 var gjennomsnittlig fangst 16 020 kg, noe som var bedre enn perioden 1984-2000, men ikke på høyde med perioden 1974-1983. Årene etter 2000 har vært preget av et høyt antall laks fanget på grunn av en stort innslag av smålaks i fangstene (**figur 3.12**).

Andelen smålaks i fangstene fra Altaelva økte i perioden 1974-2004 (Spearman korrelasjonskoeffisient,  $r = 0,81$ ;  $p < 0,001$ , **figur 3.10**). Fram til 1988 var årlig fangst av storlaks antallsmessig større enn fangst av smålaks. Fra og med 1988 har derimot fangstene av smålaks vært antallsmessig større enn fangstene av storlaks hvert år. En økt andel smålaks i laksefangstene er registrert i flere andre norske elver. Den økte andelen smålaks i Altaelva skyldes mest sannsynlig andre forhold enn reguleringen.

Fangsten av storlaks i Sautso gikk signifikant tilbake i perioden 1980-2004 (**figur 3.13**). I de andre sone-ene var det ingen signifikante endringer i fangstene av storlaks i perioden 1980-2004.

Utviklingen i fangstene av smålaks er forskjellig fra fangstene av storlaks (**figur 3.14**). I Sautso var det ingen signifikant endring i fangstene av smålaks i perioden 1980-2004. Dette er imidlertid den eneste sonen hvor fangstene av smålaks ikke har økt, slik at i forhold til de andre sonene har det vært en relativ nedgang i smålaksfangstene i Sautso. I de fire andre sonene var det en stor og signifikant økning i fangstene av smålaks i perioden 1980-2004. Økningen var størst i Raipas, lengst nede i elva.

### Relativ fangst

Sammenlignet med de andre sonene har den relative andelen av storlaks som har blitt fanget i Sautso, gått tilbake etter utbyggingen (**figur 3.15**). Før utbyggingen (1980-1986) og i overgangsperioden (1987-1990) ble i gjennomsnitt henholdsvis 16 % og 15 % av all storlaks fanget i Sautso, mens etter utbyggingen (1991-2004) sank denne andelen til 6 %. Forskjellen mellom de relative fangstene av storlaks før og etter utbyggingen er signifikant.

Sautso har hvert år siden 1991 hatt den laveste andelen av storlaksfangstene i Altaelva. Andelen var imidlertid noe høyere enn tidligere år i 2001, 2002, og

2004. I 2004 utgjorde fangsten av storlaks i Sautso 9 % av fangsten i hele elva, noe som var den største andelen siden 1990.

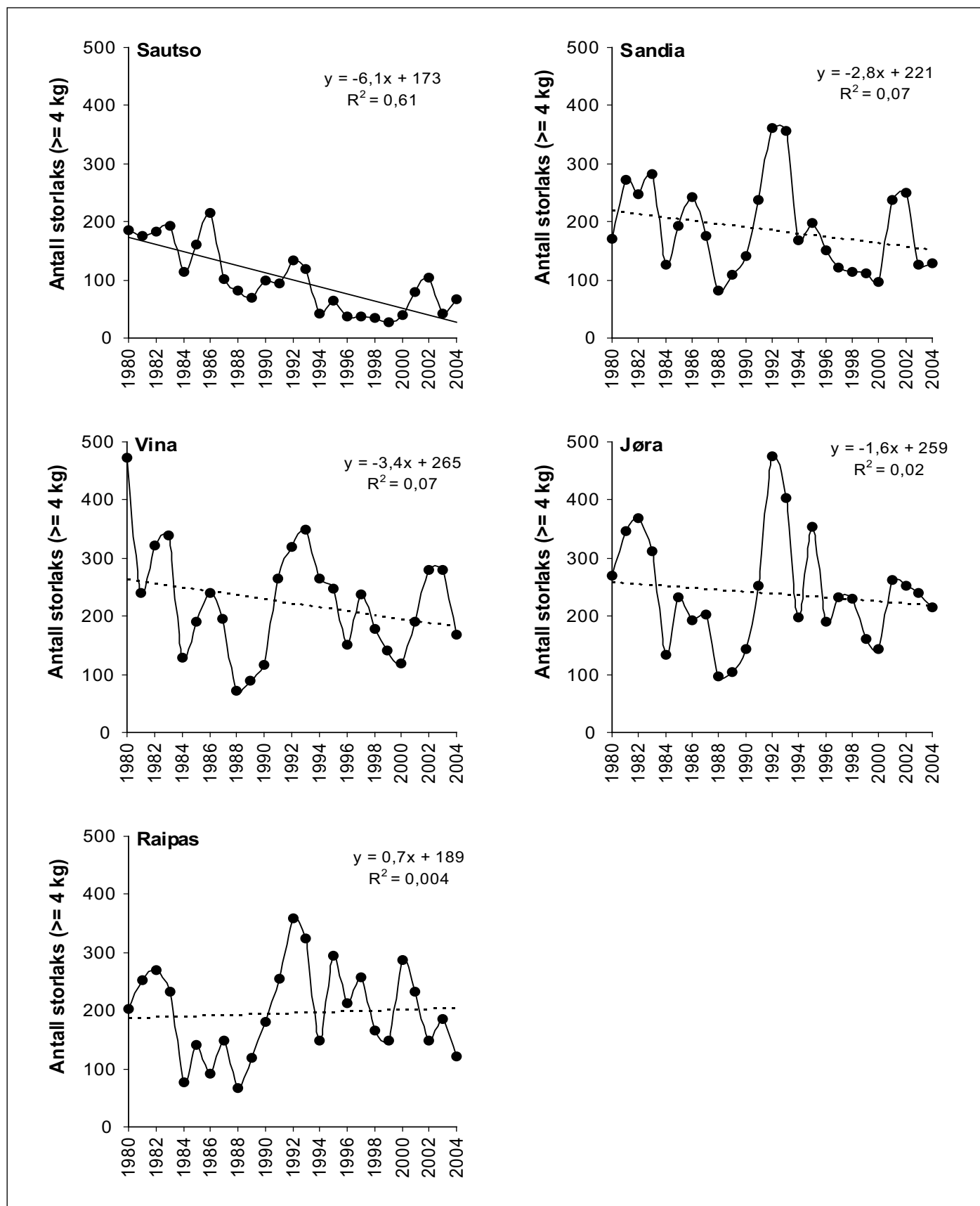
Tilsvarende negative utviklingen har også blitt observert for smålaks i Sautso (**figur 3.16**). I perioden før utbyggingen og i overgangsperioden ble i gjennomsnitt henholdsvis 12 % og 15 % av all smålaks fanget i Sautso, mens etter reguleringen sank denne andelen til 6 %. Forskjellen mellom de relative fangstene av smålaks før og etter utbyggingen er signifikant.

Fiskeinnsatsen i Sautso var lavere i perioden 1997-2004 enn i foregående år. Med større fiskeinnsats i disse siste årene ville fangstene i Sautso trolig vært noe større, men økningen ville neppe vært så stor at den generelle trenden ville blitt endret.

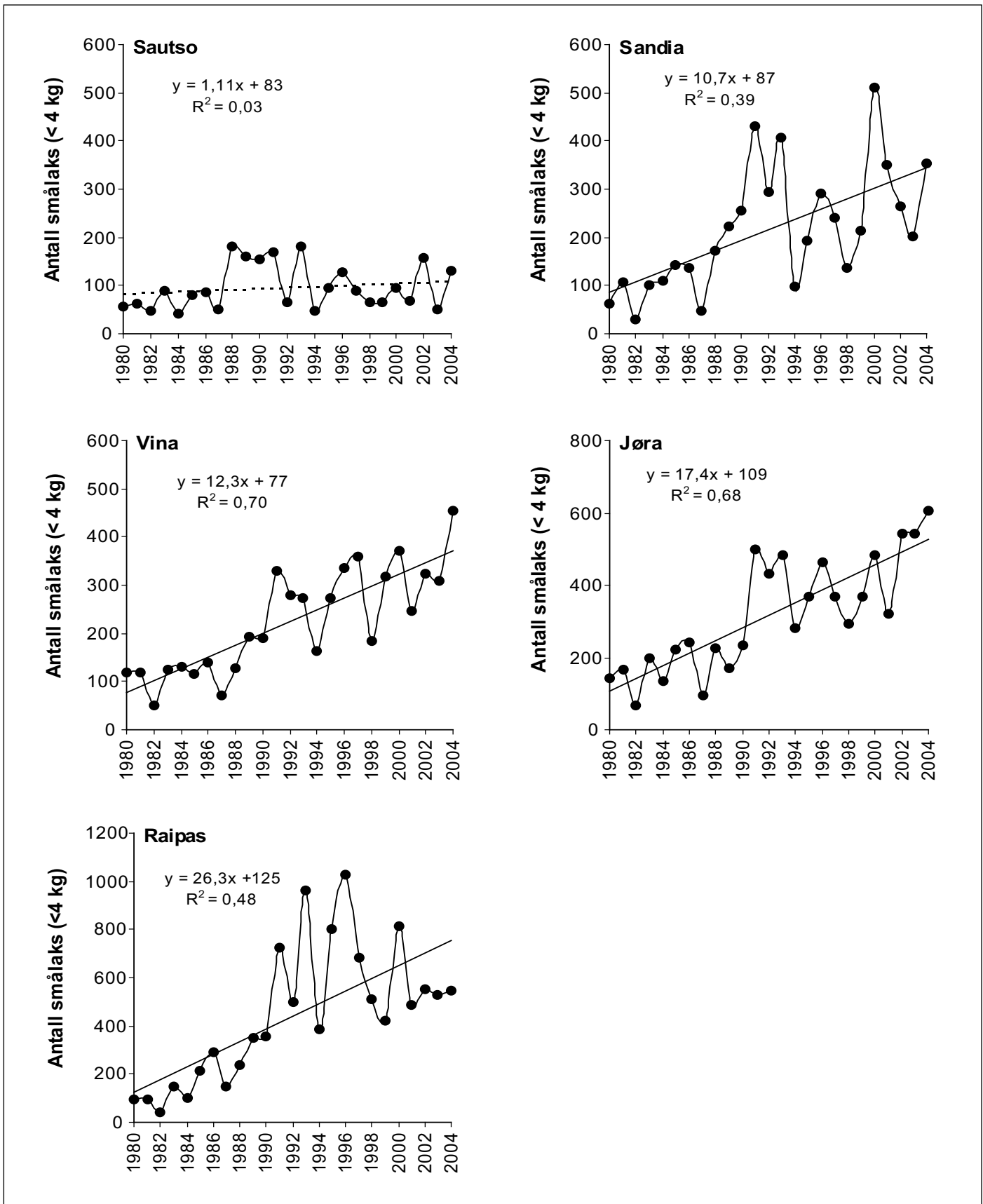
I Sandia var den relative fangsten av både smålaks og storlaks redusert noen år etter utbyggingen, særlig på siste halvdel av 1990-tallet (**figur 3.15, 3.16**). Samlet sett er det ingen signifikant forskjell i fangstene før og etter utbyggingen i Sandia. Imidlertid har det vært en signifikant nedgang i de relative fangstene på den øverste fiskekortstrekningen i Sandia, nærmest Sautso. Fangstene på denne strekningen utgjorde 4,2 % av all storlaks fanget i Altaelva før utbyggingen, mens andelen sank til 3,0 % etter utbyggingen (t-test,  $P < 0,01$ ). Fangstene på denne fiskekortstrekningen har også vært lav de siste årene, og utgjorde gjennomsnittlig 2,1 % av fangstene i perioden 2002-2004. Reduserte fangster øverst i Sandia etter utbyggingen kan ha sammenheng med tilbakegangen i laksebestanden i Sautso, og at en relativt stor andel av fangsten øverst i Sandia har vært laks på vei tilbake til Sautso.

I Vina var det ingen forskjell i relative fangster mellom perioden før og etter utbyggingen. I Jøra var den relative fangsten av storlaks signifikant større etter utbyggingen, mens fangsten av smålaks var mindre etter utbyggingen. I den nederste sonen, Raipas, var den relative fangsten av både smålaks og storlaks betydelig større etter utbyggingen, selv om de relative fangstene har gått noe ned på 2000-tallet i forhold til årene før.

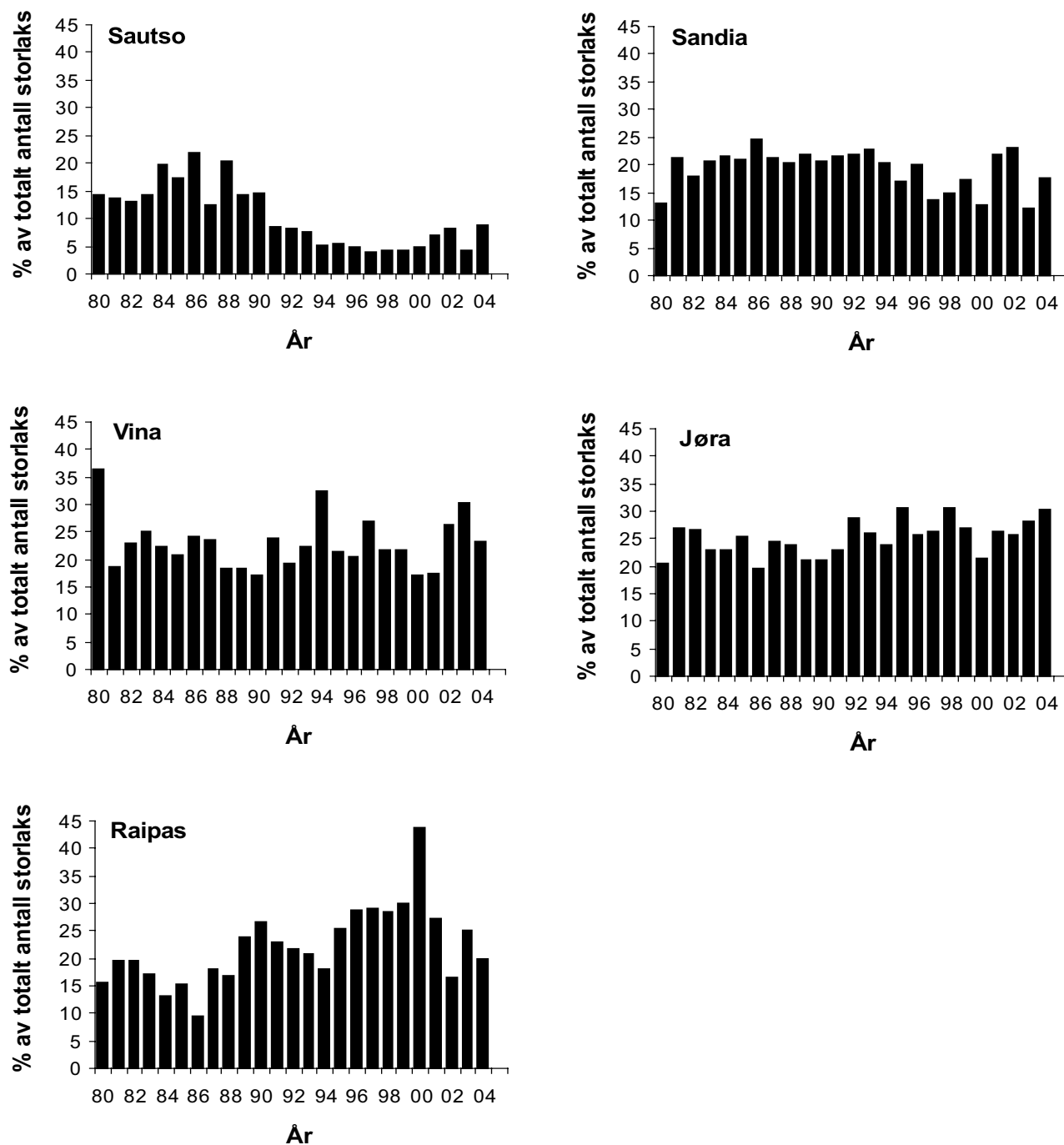


**Figur 3.13**

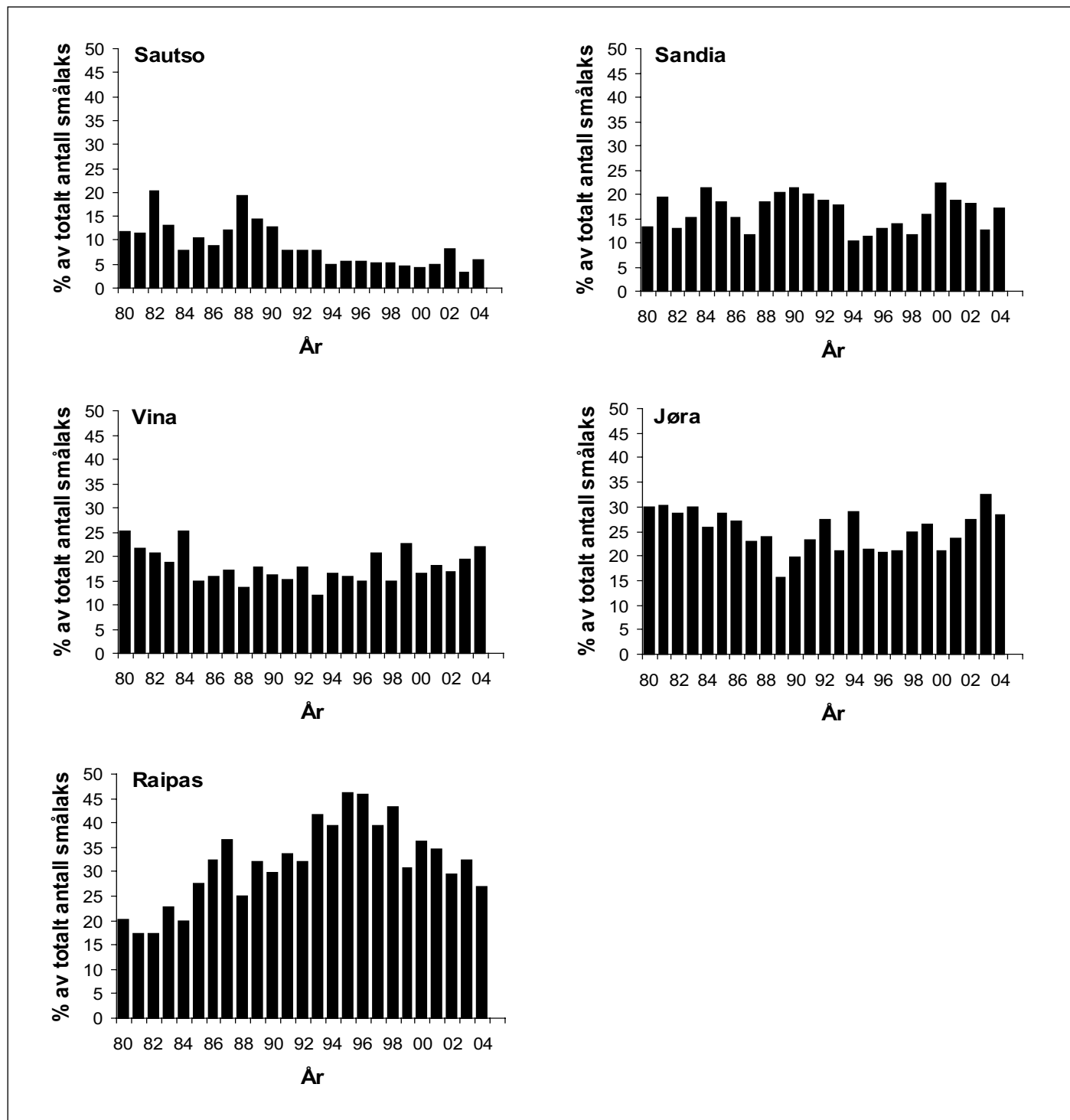
Absolutt fangst av storlaks ( $\geq 4$  kg) i tidsrommet 24. juni - 21. august i de forskjellige sonene i Altaelva 1980-2004. Linjene representerer lineære regresjoner for forholdet mellom antall storlaks og antall år etter 1980. Heltrukne linjer representerer signifikante regresjoner ( $p < 0,05$ ) og stiplede linjer representerer ikke-signifikante regresjoner ( $p > 0,05$ ).

**Figur 3.14**

Absolutt fangst av smålaks (grilse, < 4 kg) i tidsrommet 24. juni - 21. august i de forskjellige sonene i Altaelva 1980-2004. Linjene representerer lineære regresjoner for forholdet mellom antall smålaks og antall år etter 1980. Heltrukne linjer representerer signifikante regresjoner ( $p < 0,05$ ) og stiplede linjer representerer ikke-signifikante regresjoner ( $p > 0,05$ ). Merk at det er forskjellig skala på y-aksene.

**Figur 3.15**

Prosentvis fordeling av totalt antall storlaks ( $\geq 4$  kg) fanget i de ulike fiskekortsonene i Altaelva i perioden 1980-2004.

**Figur 3.16**

Prosentvis fordeling av totalt antall smålaks fanget i de ulike fiskekortsonene i Altaelva i perioden 1980-2004.

### Telling av gytegrøper og gytelaks

Totalt antall gytegrøper i Altaelva var relativt lavt i 1996 og 1997 sammenlignet med senere års registreringer. Høyeste antall ble registrert i 2002 og 2003, etterfulgt av 2004 (**vedlegg 7**). Sandia og Jøra var både absolutt og relativt sett de viktigste sonene for laksegyting i hele undersøkelsesperioden, og spesielt Sandia og Jøra i perioden 2001-2004 (**figur 3.17, vedlegg 7 og 8**).

I Sautso har antall gytegrøper økt vesentlig siden 1996 (59 gytegrøper registrert), med toppår i 2002 (434 gytegrøper registrert) (**figur 3.17, vedlegg 7**). Økningen i antallet gytegrøper i denne sonen har trolig nær sammenheng med innføring av fang og slipp av all laks som fanges i sonen fra og med 1998.

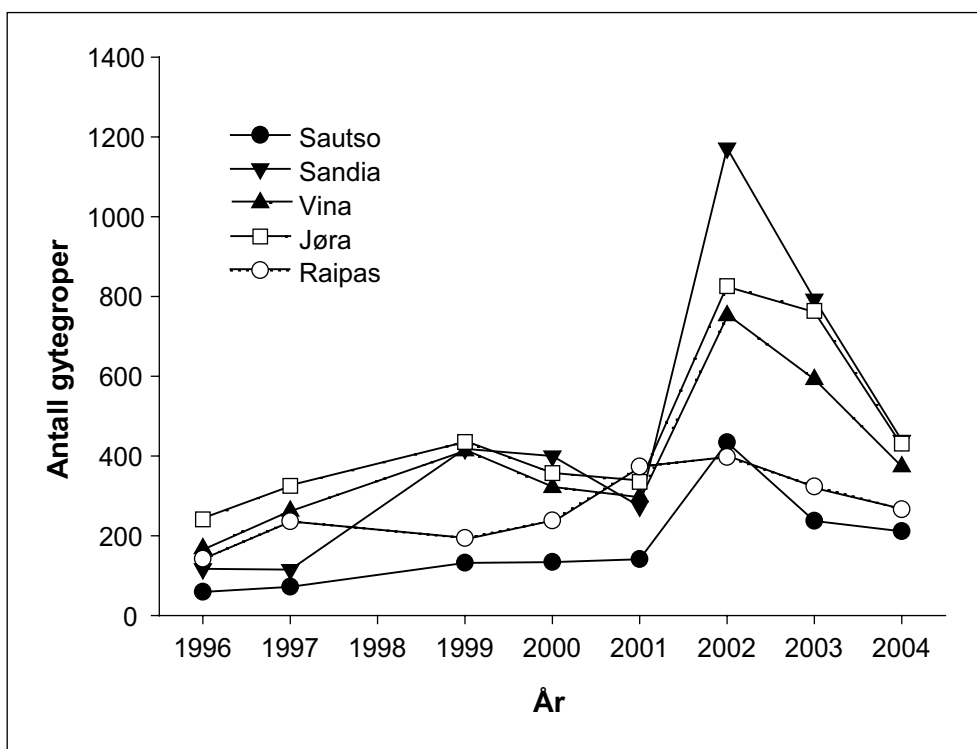
Praktisering av fang og slipp fiske ved at laksen settes levende ut i elva etter at de er fanget, har hatt økende omfang i hele elva siden 1995. I 2004 ble totalt for hele elva 35 % av storlaksen og 14 % av smålaksen sluppet ut etter fangst. Det relative omfanget av fang og slipp fisket har vært størst i Sautso, men er også av betydning i Sandia, Vina og Jøra. Laks som fanges og slippes overlever og deltar trolig i gytingen (Thorstad et al. 2001, 2003), og med så høye andeler som fanges og slippes i Altaelva, har dette trolig en betydelig positiv effekt på gytebestandens størrelse.

Antall gytelaks ble registrert i Sautso i årene 1996, 1997, 2002, 2003 og 2004 ved at tre personer drev nedover elva med dykkermaske og visuelt registrerte antall gytelaks i gyteperioden (**vedlegg 9**). En slik registrering vil være et minimumsestimat for gytebestanden.

Resultatene fra både gytefisketelling og gytegrøptelling viser at gytebestanden i Sautso var betydelig større i 2002-2004 sammenlignet med i 1996-1997. Gytebestanden i Sautso var gjennomsnittlig ti ganger større i 2002-2004 enn i 1996-1997, basert på drivtelling av fler-sjø-vinter laks i hovedgyteperioden (**vedlegg 9**). Vurdert ut fra antallet gytegrøper var gytebestanden gjennomsnittlig 4,5 ganger større i 2002-2004 enn i 1996-1997 (**vedlegg 7**). Laksefangstene tyder imidlertid på at laksebestanden i Sautso enda ikke er oppe på samme nivå som før utbyggingen.

### 3.5.2 Fangstutvikling i Altaelva sammenlignet med andre elver

Laksebestanden ble betydelig redusert i Sautso etter kraftutbyggingen. Fangstene av voksen laks ble som en følge av dette redusert i Sautso, samt en periode også øverst i Sandia, sammenlignet med fangstene i resten av Altaelva. For å undersøke om utviklingen i fangster etter kraftreguleringen i hele Altaelva har



**Figur 3.17**

Antall gytegrøper registrert i de ulike soner av Altaelva i sju år i perioden 1996-2004.

vært betydelig forskjellig fra andre elver, sammenlignes fangstutviklingen av laks i Altaelva i perioden 1979-2004 med andre lakseelver i Nord-Norge.

### Metode

Elver for sammenligning ble valgt ut fra størrelsen på fangstene og antall år det foreligger fangststatistikk fra, og ni nord-norske lakseelver ble plukket ut (**tabell 3.7**). Fangstene ble delt i smålaks og storlaks. Fangstutviklingen for laks i disse elvene er vist i **vedlegg 10** og **vedlegg 11**. For de ni elvene har vi fulgt inndelingen i laksestatistikken ved at laks opp til 3 kg ble definert som smålaks og laks over 3 kg ble definert som storlaks. Smålaks er hovedsakelig én-sjø-vinter fisk, mens storlaks hovedsakelig er fler-sjø-vinter fisk. Selv om fangststatistikken fra 1993 er delt inn i tre vektklasser har vi valgt å beholde inndelingen i to vektklasser gjennom hele perioden for å kunne gjøre direkte sammenligninger i perioden før og etter utbygging av Altaelva.

Vi har valgt å starte sammenligningen med fangstene i 1979 fordi statistikken fra og med dette året skiller mellom smålaks og storlaks. For Altaelva har vi brukt 4 kg for å skille mellom smålaks og storlaks siden denne grensen i stor grad skiller mellom én- og fler-sjø-vinterlaks (kapittel 3.5.1). I Altaelva har vi benyttet den samme fangststatistikken som i resten av denne rapporten, det vil si at laks som er sluppet fri etter fangst er inkludert. For de andre elvene har vi brukt fangstene rapportert til Direktoratet for naturforvaltning fra Statistisk sentralbyrå. Fangstene fra hele

Altaelva er brukt i sammenligningen, og ikke for elva delt opp i soner.

Bestandssammensetning av voksen laks i de elvene som ble brukt til å sammenligne fangstene i Altaelva er beskrevet i **tabell 3.7** og **vedlegg 12**. Ved sammenligning av fangstene før og etter utbygging i Altaelva har vi antatt at laks som gikk ut som smolt til og med i 1985 ikke ble vesentlig påvirket av reguleringen. Det vil si at fangsten av smålaks (hovedsakelig én-sjø-vinter fisk) fanget i 1986 eller tidligere, og at fangsten av storlaks (hovedsakelig tre-sjø-vinter fisk) fanget i 1988 eller tidligere, er regnet for å være lite påvirket av reguleringen. Fangsten i Altaelva ble standardisert mot fangstene i hver av de andre elvene ved å beregne standardiserte residualer fra den lineære regresjonen av fangstene i Altaelva mot fangstene i de andre elvene (et residual er forskjellen mellom en observerte verdi og verdien predikert av regresjonslinjen). Deretter ble det testet om det var signifikante forskjeller mellom de standardiserte residualene før og etter utbygging. Sammenligningen ble gjort elv for elv. Eventuelle signifikante forskjeller i residualer før og etter utbygging vil være en indikasjon på at fangstene i Altaelva etter utbygging har utviklet seg annerledes enn fangsten i den elva det sammenlignes med.

### Resultater og diskusjon

Fangstene av smålaks i de andre elvene forklarte fra 6 % til 46 % av variasjonen i fangstene av smålaks i Altaelva (**tabell 3.8**). Et eksempel på sammenhengen mellom smålaksfangstene i Altaelva og andre

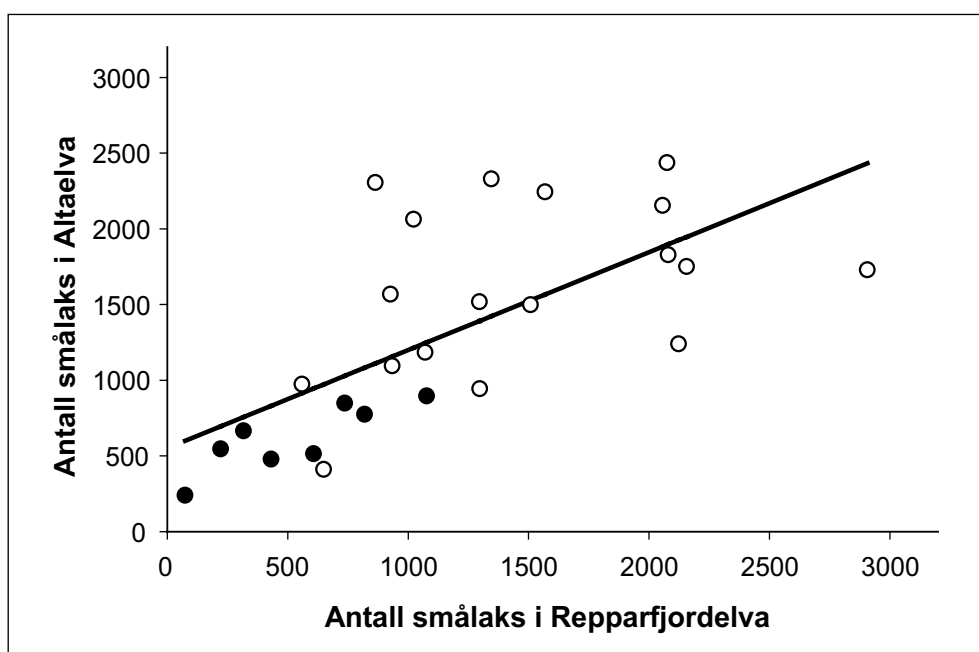
**Tabell 3.7.** Gjennomsnittlig antallsprosent av laks i ulike vektklasser (gjennomsnitt av de årlige andelene), gjennomsnittsvekt totalt og for ulike vektklasser (gjennomsnitt av de årlige snittvektene) i årene 1993-2004 for elvene som fangstene i Altaelva er sammenlignet med. I tillegg er omtrentlig avstand (km) til Altaelva målt over sjø presentert. I denne tabellen er data fra laksestatistikken brukt også for Altaelva. Tallene i parentes for Altaelva representerer prosentandelene dersom vårt skille på 4 kg blir brukt.

Vassdrag	Andel av årlige fangster (%)			Totalt	Gjennomsnittsvekt (kg)			Avstand til Altaelva (km)
	< 3 kg	3-7 kg	> 7 kg		< 3 kg	3-7 kg	> 7 kg	
Altaelva	58 (64)	14 (8)	28 (28)	4,8	2,1	4,3	10,8	0
Lakselv	58	16	26	4,7	2,3	4,4	10,8	335
Tana	60	21	19	4,0	2,0	4,5	9,4	354
Målselva	61	21	17	3,9	2,0	5,0	9,2	285
Neiden	75	15	9	2,9	1,8	4,7	8,8	508
Komagelva	76	22	2	2,4	1,7	4,1	8,4	447
Børselv	76	17	6	2,7	1,8	4,6	8,8	317
Stabburselva	77	11	12	3,1	1,8	4,7	9,3	323
Repparfjordelva	83	9	7	2,5	1,7	4,7	9,0	92
Langfjordelva	84	13	3	2,3	1,7	4,5	8,3	363

**Tabell 3.8.** Forklaringsgrad for lineær regresjon mellom smålaksfangster i Altaelva og smålaksfangster i andre elver ( $r^2$ ), samt t-test for om standardiserte residualer fra regresjonen er forskjellig mellom periodene før og etter utbygging. Elvene er sortert etter avtagende samvariasjon med Altaelva.

Elv	$r^2$	1979-1986			1987-2004			t	p
		Standardisert residual	SE	N	Standardisert residual	SE	n		
Repparfjordelva	0,46	-0,55	0,08	8	0,24	0,26	18	-2,92	0,008
Lakselva	0,39	-0,63	0,09	8	0,28	0,25	18	-3,44	0,002
Neiden*	0,28	-0,69	0,17	8	0,31	0,23	18	-3,46	0,002
Børselva	0,28	-0,71	0,13	8	0,31	0,23	18	-3,77	0,001
Langfjordelva	0,21	-0,79	0,10	8	0,39	0,24	16	-4,53	< 0,001
Tana*	0,15	-0,91	0,09	8	0,43	0,22	17	-5,69	< 0,001
Stabburselva	0,14	-0,77	0,11	8	0,34	0,23	18	-4,39	< 0,001
Målselva	0,12	-0,90	0,07	4	0,20	0,23	18	-4,60	< 0,001
Komagelva	0,06	-1,06	0,10	8	0,47	0,19	18	-7,21	< 0,001

\* Bare fangster på norsk side av elva er tatt med



**Figur 3.18**

Antall smålaks fanget i Altaelva plottet mot antall smålaks fanget i Repparfjordelva samme år. Årene før utbygging er markert med fylte sirkler, mens årene etter utbygging er markert med åpne sirkler.

elver er sammenhengen mellom fangstene i Altaelva og Repparfjordelva (**figur 3.18**). Repparfjordelva var den elva hvor korrelasjonen med smålaksfangstene i Altaelva var best. Altaelva hadde relativt sett signifikant høyere fangster av smålaks i perioden etter utbygging enn i perioden før utbygging, uavhengig av hvilken elv en benytter som referanse (**tabell 3.8**). Dette kan ha flere mulige forklaringer; 1) produksjonen av smålaks kan ha økt i Altaelva relativt til andre elver, 2) rapporteringsrutinene for smålaks kan ha blitt bedre i Altaelva enn i andre elver, 3) beskatningen i sjøfiske kan ha blitt redusert mer for smålaks fra Altaelva enn for smålaks fra andre elver, 4) endringer av forhold i

havet kan ha ført til at mer laks fra Altaelva vender tilbake som smålaks enn tidligere, og 5) en kombinasjon av ulike forklaringer.

Hvorvidt økning av smålaks i fangstene kan tilskrives utbyggingen eller ikke er uklart. Mest sannsynlig skyldes det andre faktorer, som endringer av beskatningen i sjøen. Den mest markante endringen i sjøbeskatningen var avviklingen av drivgarnsfisket fra og med 1989. Dette fisket ser ut til å ha beskattet stor smålaks hardt i Nord-Norge (Jensen et al. 1999). Siden én-sjø-vinter laks i Altaelva er storvokst kan denne laksen ha blitt hardere beskattet i drivgarnsfisket enn én-sjø-vinter

laks fra andre elver i Nord-Norge. Inndelingen av én-sjø-vinter laks i sammenligningen, laks under 4 kg i Altaelva versus laks under 3 kg i de andre elvene, kan også i noen grad ha bidratt til resultatet. Avviklingen av drivgarnsfisket sammenfaller imidlertid så mye i tid med reguleringen av Altaelva at det ikke er mulig å skille effektene fra de to hendelsene ved analyser av laksefangstene.

De aller fleste smålaks i Altaelva er hanner. Dersom en forskyving mot tidligere kjønnsmodning for hanner er noe av forklaringen på økningen i smålaksfangstene vil det forventes at andelen hanner blant storlaksen i Altaelva har gått ned i de senere årene. Analyser av kjønnsfordelingen i skjellmaterialet fra Altaelva viser at det er en signifikant ( $\chi^2 = 13,2$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,001$ ) høyere andel hanner blant førstegangsgytende tre-sjø-vinter laks som vandret ut av elva som smolt i perioden før utbygging (23 % av 1365 kjønnsbestemte tre-sjø-vinter fisk) enn blant dem som vandret ut av elva i perioden etter utbygging (18 % av 2587 kjønnsbestemte tre-sjø-vinter fisk). Denne forskjellen er imidlertid neppe så stor at den kan forklare økningen i smålaksfangstene etter utbyggingen. For de andre sjøaldersklassene var det ingen signifikante forskjeller i kjønnsfordelingen i perioden før og etter utbygging.

For fangstene av storlaks har vi valgt å sammenligne storlaksfangstene i Altaelva med storlaksfangstene året før i de andre elvene fordi storlaksen i Altaelva er dominert antallsmessig av tre-sjø-vinterlaks, mens storlaksfangstene i de fleste andre vassdrag er domi-

nert av to-sjø-vinterlaks. Vi ønsker primært å sammenlikne fangsten av fisk som gikk ut av elva som smolt samme år. Ved å gjøre sammenligningen på denne måten oppnås dette i større grad enn om fangstene samme år brukes i analysen.

Fangstene av storlaks året før i de andre elvene forklarte fra 8 % til 42 % av variasjonen i fangstene av storlaks i Altaelva (**tabell 3.9**). Et eksempel på hvordan fangstene i Altaelva samvarierer med andre elver er sammenhengen mellom fangstene av storlaks i Altaelva og i Lakselva året før (**figur 3.19**). Lakselva er den elva som viser størst samvariasjon med storlaksfangstene i Altaelva, enten vi bruker fangstene året før ( $r^2 = 0,42$ ) eller vi bruker fangstene samme år ( $r^2 = 0,49$ ). For de andre elvene unntatt Neiden er forklaringsgraden større dersom vi bruker fangstene året før enn dersom vi bruker fangstene samme år. Hvilken tilnærming vi bruker for sammenligning av storlaksfangstene påvirker ikke konklusjonene. Uansett hvilken elv vi benytter som referanse, eller om fangstene blir forskjøvet eller ikke, var det ingen signifikant forskjell i de relative fangstene av storlaks i Altaelva i perioden før og etter utbyggingen (**tabell 3.9**). Dette tyder på at fangstene av storlaks ikke har utviklet seg vesentlig forskjellig i Altaelva sammenlignet med andre elver i Nord-Norge i perioden 1980-2004.

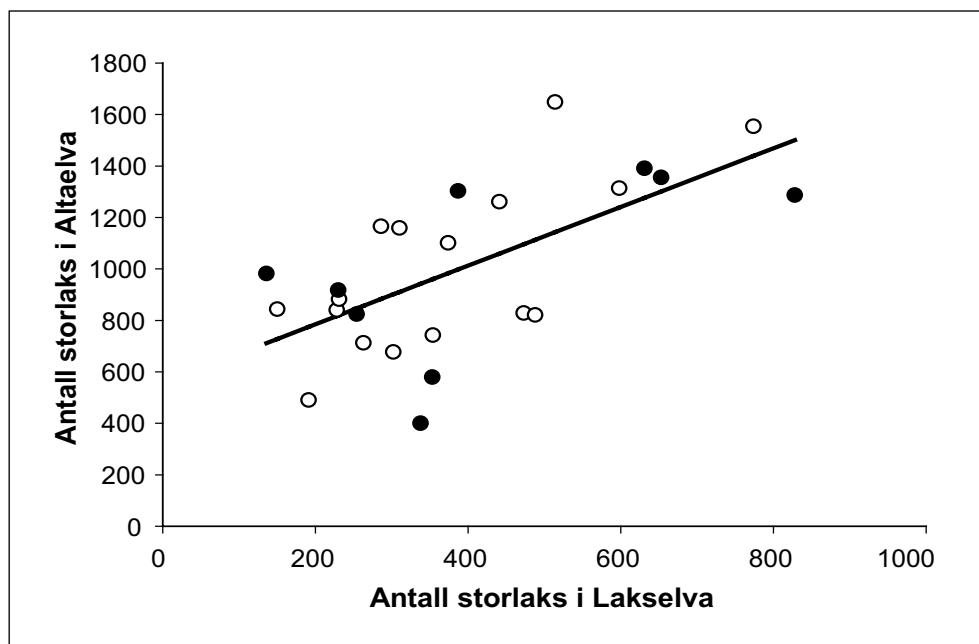
Resultatene fra sammenligning av fangstene i Altaelva med andre elver tyder på at de relative fangstene av smålaks i Altaelva har økt etter utbyggingen, mens de

**Tabell 3.9.** Forklaringsgrad for lineære regresjoner mellom storlaksfangster i Altaelva og storlaksfangster i andre elver året før ( $r^2$ ), samt t-test for om standardiserte residualer fra regresjonen er forskjellig mellom periodene før og etter utbygging. Elvene er sortert etter avtagende samvariasjon med Altaelva.

Elv	$r^2$	1980-1988			1989-2004			t	p
		Standardisert residual	SE	N	Standardisert residual	SE	n		
Lakselva	0,42	-0,14	0,37	9	0,16	0,23	16	-0,49	0,63
Børselva	0,36	0,40	0,45	9	-0,22	0,16	16	1,32	0,22
Stabburselva	0,30	0,02	0,43	9	-0,03	0,20	16	0,11	0,91
Komagelva	0,30	0,11	0,41	9	-0,06	0,21	16	0,36	0,73
Repparfjordelva	0,29	0,41	0,37	9	-0,23	0,21	16	1,51	0,15
Målselva	0,13	-0,56	0,43	5	0,17	0,23	16	-1,48	0,19
Langfjordelva	0,13	0,19	0,36	9	-0,12	0,25	14	0,73	0,48
Tana*	0,12	0,35	0,41	8	-0,17	0,22	16	1,13	0,28
Neiden*	0,08	-0,03	0,42	9	0,02	0,21	16	-0,11	0,92

\* Bare fangster på norsk side av elva er tatt med



**Figur 3.19**

Antall storlaks fanget i Altaelva plottet mot antall storlaks fanget i Lakselva året før. Årene før utbygging er markert med fylte sirkler, mens årene etter utbygging er markert med åpne sirkler.

relative fangstene av storlaks har holdt seg på samme nivå som før utbyggingen. Sammenligningen av fangstene i Altaelva med fangster i andre elver i området gir således ikke grunnlag for å konkludere at kraftverksreguleringen har gitt reduserte fangster av laks i Altaelva sett under ett.

### 3.6 Fiskeenders (laksand *Mergus mer-ganser* og sildand *M. serrator*) predasjon på lakseunger i Altaelva

#### Kan en lengre isfri periode om våren føre til økt predasjon på laksunger?

Predasjon på lakseunger fra laksand er blitt sett på som et problem i flere land (Russell et al. 1996). Dette gjelder spesielt dersom endene spiser større parr eller smolt, fordi dette trolig ikke vil bli kompensert ved tetthetsavhengig dødelighet (Russell et al. 1996) siden tetthetsavhengig dødelighet trolig har mindre betydning jo eldre laksungene blir (Jonsson et al. 1998b).

Selv om store deler av hannene fra den europeiske laksandbestanden samles ved utløpet av Tanaelva i smoltutvandringsperioden, var mageinnholdet dominert av sil, og laksesmolt utgjorde en svært liten del (ca 1 promille av antall otolitter funnet i magene) (Svenning et al. 2005). Dette er på linje med andre studier som tyder på at laksender i munningsområder i liten grad spiser smolt av laksefisk, mens ender som holder seg lenger opp i elvesystemet i stor grad har en diett domi-

nert av laksefisk (Wood 1987a, Wood 1987b). Antall hekkende laksender i elver på Vancouver Island korrelerte positivt med produksjonen av laksefisk i elvene (Wood 1986). Studier av laks- og silender i fangenskap tyder på at de foretrekker å spise laksefisk (laks og aure) framfor andre potensielle byttefisk (Sjöberg 1988), men at fangstsuksessen til endene gikk betraktelig ned når byttefiskene hadde mulighet til å gjemme seg i substratet (Sjöberg 1988). Preferansene ble bare uttrykt dersom fuglene var relativt mette, dersom de var sultne spiste de fiskene relativt uselektivt (Sjöberg 1988). En studie av ansamlinger av laksender ved utløpet av Halselva antyder at fuglene samles ved utløpet av elva når smoltutvandringen starter og et grovt anslag er at 1-2 % av smolten som forlater elva blir tatt av laksender (Kålås et al. 1993).

En studie av mageinnholdet hos fiskeender fra den lakseførende strekningen av Altaelva skutt i august 1976, påviste at fiskeender spiser alle størrelsesgrupper av laks, men at fiskeendene trolig ikke hadde stor innflytelse på mengden lakseunger som utvikles til smolt (Moen 1983). Basert på metabolismemålinger ble det gjennomsnittlige daglige energiforbruket (DEE) for voksne laksender berget til 1939 kJ (Feltham 1995). Dette tilsvarer at de daglig må sette til livs 480-522 g fisk (Feltham 1995). Dette er tall som ligger noe i overkant av de som ble brukt av Moen (1983). Da han gjorde sine beregninger av fiskandpredasjon i Altaelva, antok han at voksne laksender måtte spise 325-455 g fisk per dag. Det er mulig at estimatene til Feltham (1995) kan være noe høye fordi de kan representere

fugler som er stresset (Russell et al. 1996). For å bergene antallet smolt som ble tatt av laksender fant Feltham (1995) at estimatene for sammensetning av dietten var viktigere enn estimatene for daglig energiforbruk. Han estimerte at 12 lakseender spiste mellom 8000 og 15000 smolt i løpet av en 91 dagers smoltutvandringsperiode. Dette tilsvarer at de spiser mellom 7 og 14 smolt per dag per fugl i denne perioden.

Et problem med beregningene av hvor mye smolt som blir spist er at mange av fiskene i magene til endene er nedbrutt, og sammenhengen mellom utvalgte skjelettbitar (ganebein / første ryggvirvel) blir brukt til å beregne størrelsen på byttedyrene. Denne sammenhengen er ikke den samme for smolt og parr siden smolten er lengre for samme ryggvirvelstørrelse (Armstrong & Stewart 1996, Middlemas & Armstrong 2002). Dette fører til at andelen smolt i dietten ikke kan anslås med sikkerhet, men må beregnes som et interval (Middlemas & Armstrong 2002).

Laksunger har en naturlig fluktprespons overfor fiskeender og reduserer sitt fødeinntak som respons på å ha blitt utsatt for en kunstig laksand (Dionne & Dodson 2002). Mye av informasjonen som eksisterer om fuglepredasjon av lakseunger er basert på observasjoner og ikke på eksperimenter. Resultatene av slike studier må derfor tolkes med forsiktighet (Russell et al. 1996). Studiene har også blitt kritisert for ikke å ta hensyn til usikkerhetene i faktorer som inngår i modellene som for eksempel fødebehovet til endene, sammensetningen av føden og antall ender (Wilson et al. 2003). Estimer av predasjon fra laksand i to britiske elver (elvene Whye og Hodder) tyder på at predasjon fra laksand har en potensiell påvirkning på laksebestandene, men selv med relativt gode data var det vanskelig å kvantifisere omfanget av påvirkningen (Wilson et al. 2003).

I vårt arbeide fra Altaelva har vi forsøkt å anslå hvor mye mer laksefisk fiskandbestanden i Altaelva kan spise dersom elva blir isfri i en lengre periode på våren enn det som er naturlig. Fiskeendenes totale predasjon vil avhenge av (1) endens næringsbehov per dag, (2) det totale antallet ender i elva, og (3) sammensetningen av føden som endene spiser. Vi har benyttet simuleringer etter mønster fra Wilson et al. (2003), bortsett fra at vi har delt inn laksfisk i aldersklasser. For fordelingen av antall av de ulike aldersklassene har vi benyttet oss av data fra Moen (1983), samt materialet fra de fiskeendene som er undersøkt av oss.

## Metoder

### Tellinger av fiskeender

14.-16. mai ble antall laks- og silender talt i hele den lakseførende strekning av Altaelva. Registreringene ble utført ved at to mann padlet nedover elva i kano fra utløpet av kraftverket i Sautso ned til munningen av Altaelva.

### Mageinnhold til skutte ender

Fra 81 fiskeender skutt i Altaelva sensommerene i perioden 1998-2000 ble magene operert ut og innholdet fra mage og krås lagt på sprit for nærmere analyse. Voksne fugler ble artsbestemt på grunnlag av generelle kjennetegn (Haftorn 1971), mens ungfugler ble bestemt på grunnlag av antall "tenner" i overneb- bet (Fjeldså 1977). Vi har registrert og artsbestemt fiskerester og otolitter i prøvene. For fordeling av ulike arter og størrelsesgrupper i materialet har vi valgt å bruke otolittmateriale. Fra relativt hele fisk ble otolittene operert ut, ellers ble mageinnholdet gjennomgått og otolitter og otolittrester plukket ut og artsbestemt så langt det lot seg gjøre. Otolittene ble artsbestemt basert på størrelse og form på otolittene (Härkönen 1986, L'Abée-Lund 1988, L'Abée-Lund & Jensen 1993). Lengden på hele otolitter ble målt og lengden på litt nedbrutte otolitter ble anslått. Otolitter som var meget nedbrutte ble ikke målt. Dersom det lot seg gjøre ble fiskens alder bestemt på grunnlag av vekstmønsteret i otolittene (Jonsson 1976). Fiskenes lengde ble så beregnet på bakgrunn av sammenhengen mellom fiskelengde og otolittstørrelse som ble målt på lakseparr som ikke var nedbrutt fra fiskandmagene.

### Simuleringer av fiskandpredasjon

Simuleringene ble utført på følgende måte:

#### Antall ender:

Vi har valgt å se på ekstra predasjon fra fiskeender som en funksjon av antall ender i elva, samt antall dager de potensielt kan oppholde seg i elva.

#### Fødesammensetning:

Siden det ikke finnes data for sammensetning av føden hos voksne laksender om våren fra Altaelva, har vi valgt å simulere fødesammensetningen ut fra en skjønnsmessig overføring av våre data og data fra Moen (1983). Vi har antatt at endene i vårperioden spiser noe mer større lakseunger enn endene som ble skutt på seinsommeren hadde gjort. Dette fordi det

er mer større fisk tilgjengelig om våren før smoltutvandring enn på sommeren når mye 0+ er tilgjengelig. Fødesammensetningen på antallsbasis ble trukket fra uniforme fordelinger mellom ulike prosentsetninger: 1+ laks: 0-5 %, 2+ laks: 15-25%, 3+ laks: 15-25 %, 4+ og eldre laks: 25-35 %, og andre arter: 0-10 %. Den endelige prosentfordelingen ble bestemt ved å beregne andelen som ble trukket av hver kategori fisk, av summen av prosentene som ble trukket ut. Slik sett summerte fødesammensetningen alltid til 1 (eller 100 %). Fødesammensetningen på vektbasis ble så beregnet ved å anta følgende gjennomsnittsvekter i de ulike aldersklassene: 1+ 1,56 g, 2+ 3,02 g, 3+ 5,69 g og 4+ og eldre 13 g.

#### Fødebehov:

Siden det er en del usikkerhet knyttet til hvor mye endene må spise per dag for å opprettholde vekten, har vi valgt å bruke et relativt vidt spekter for fødebehovet per dag. Vi har også valgt å ikke skille mellom siland og laksand i simuleringene. Endene i simuleringene kan derfor betraktes som "laksender". Silender har trolig et noe mindre energibehov enn laksender. Fødebehovet ble i simuleringene trukket fra en uniform fordeling mellom 250 g og 450 g per dag. Dette er samme intervall som har blitt brukt i andre tilsvarende simuleringer (Wilson et al. 2003). For hver simulering dannet så det simulerte fødebehovet og den simulerte fødesammensetningen grunnlaget for å beregne antall fisk spist i hver aldersklasse i løpet av en dag.

Det ble gjort 1000 gjentak av uttrekkingene av fødebehov og fødesammensetning. Fra disse 1000 gjentakene ble det så beregnet gjennomsnitt, samt 5 % og 95 % persentiler for antall lakseunger i ulike aldersgrupper som ble spist av en and i løpet av en dag. Disse ble så videre benyttet for å anskueliggjøre i hvilken størrelsesorden mulig predasjon fra fiskeender vil kunne være dersom elva blir isfri i en lengre periode om våren enn det som er naturlig.

## Resultater

### Tellinger av ender

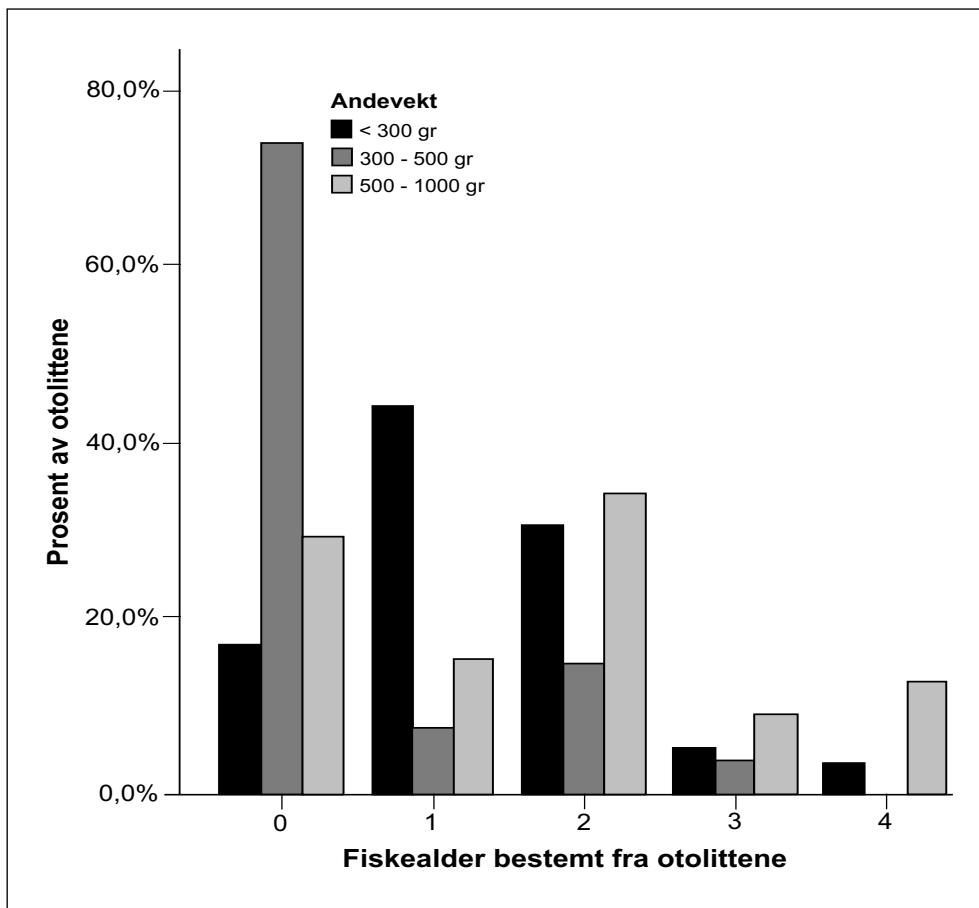
I perioden 14.-16. mai 2005 ble det talt 96 silender (49 hanner og 47 hanner) og 88 laksender (43 hanner og 45 hunner), totalt 184 fiskeender i Altaelva.

### Mageprøver av fiskeender

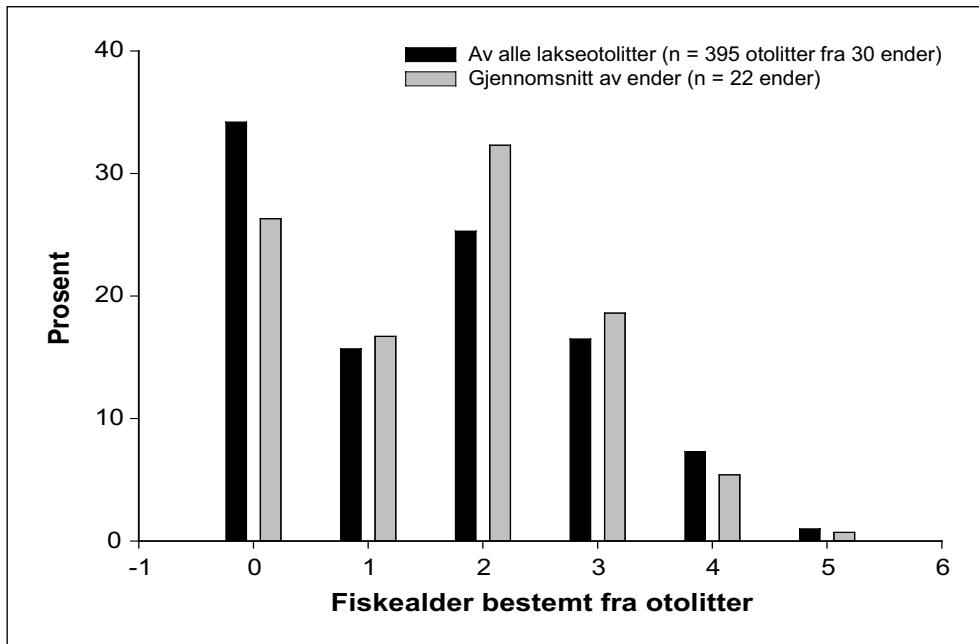
Av de 60 analyserte endene var det 30 voksne og 8 unger av laksand, 4 voksne og 13 unger av siland og 5 unger som ikke lot seg artsbestemme. Fordi det er analysert et relativt lite antall unger av hver art og noen unger ikke lot seg artsbestemme, har vi i de videre analysene delt ungene opp i vektgrupper og ikke etter art. I magene på de 60 endene ble det funnet 673 fiskerester og insekterester som ble bestemt. 606 rester ble bestemt til laks (90 %), 3 til aure (0,4 %), 13 til røye (1,9 %), 37 til ubestemt laksefisk (5,5 %), 7 til stingsild (1 %), 2 til lake (0,3 %), og 5 til insekter (0,7 %). I tillegg ble det funnet rester av minst 28 ulike Carlinmerker. 27 av disse ble funnet i voksne laksender, mens ett ble funnet i en voksen siland.

Antall otolitter i hver av de 60 mageprøvene som til nå har blitt analysert varierte mellom 0 og 54, med et gjennomsnitt på 10,9 og median på 8. Små fiskandunger hadde spist en del insekter i tillegg til fisk. I otolittmaterialet fra små fiskandunger var det mer 1+ og 2+ lakseunger enn i otolittmaterialet fra større unger, noe som tyder på at de trolig blir foret av mora den første tiden. Bortsett fra dette økte andelen større lakseparr med størrelsen og dermed alderen på fiskandungene (**figur 3.20**).

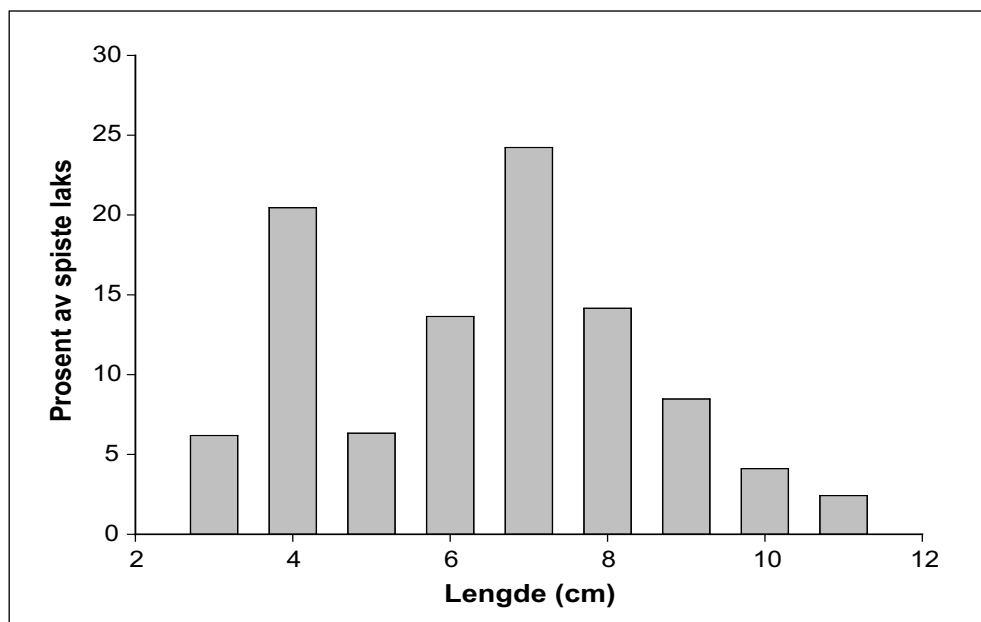
Blant voksne laksender var det stor variasjon i alderssammensetning av otolitter som ble funnet i magene. I magene til to voksne laksender ble det funnet nesten bare otolitter fra 0+ lakseunger, og disse to drar opp prosentandelen 0+ i materialet. Aldersfordelingen av lakseotolitter blir dermed noe forskjøvet mot yngre aldersklasser dersom vi ser på alle otolittene funnet i voksne laksender, enn dersom vi regner gjennomsnittet med ender som enhet (**figur 3.21**). Voksne laksender hadde spist laksunger av alle størrelsesgrupper, med fisk mellom 7 og 8 cm som den dominerende størrelsesgruppen (**figur 3.22**). Det var bare 4 voksne silender i materialet. Disse hadde 1, 2, 14 og 19 lakseotolitter i magene. Otolitter fra 3+ lakseunger (18 av 36 otolitter) dominerte i dette begrensede materialet.

**Figur 3.20**

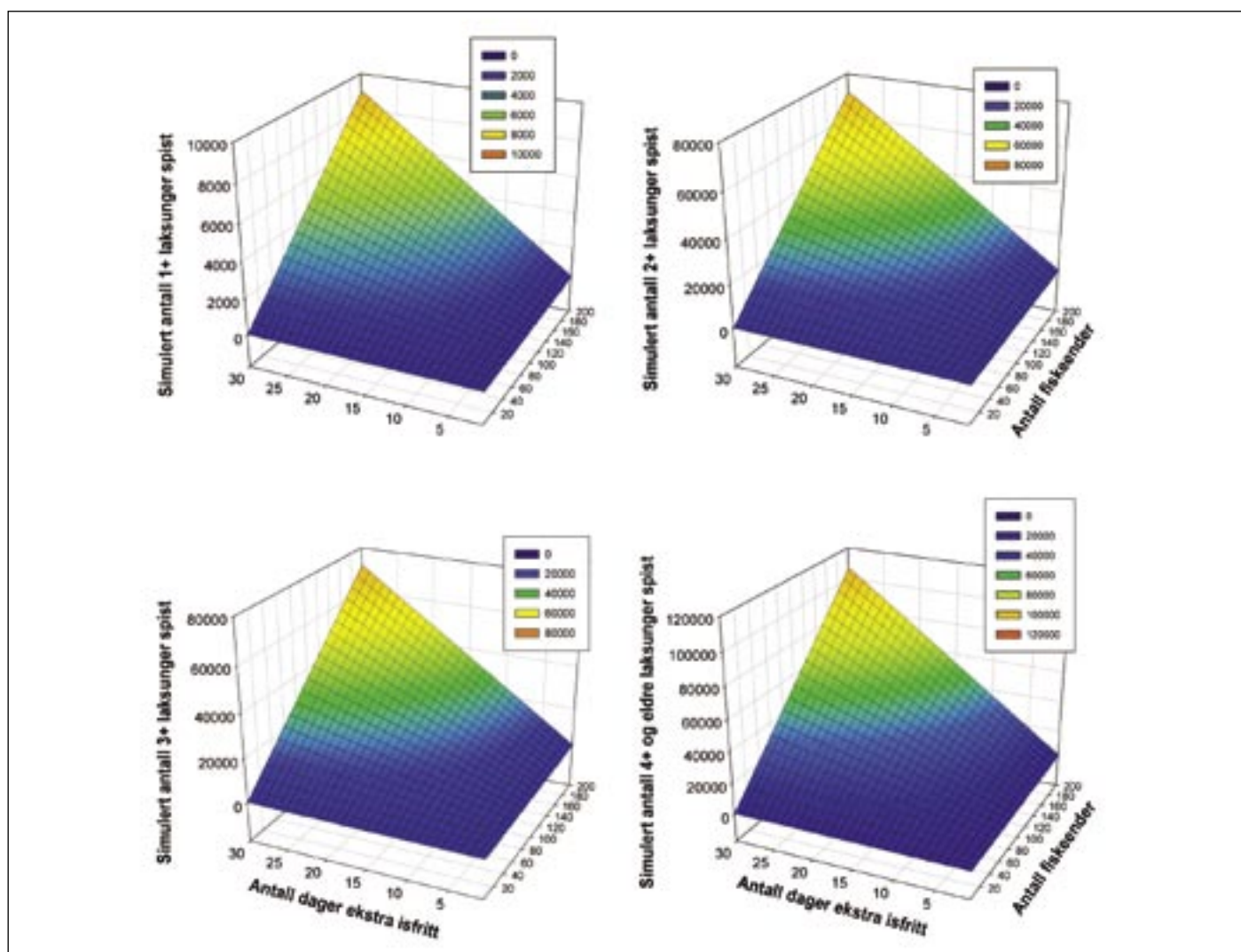
Prosentvis fordeling i ulike aldersgrupper av lakseotolitter fra mageprøver av unge fiskeandunger av ulike størrelse fra Altaelva. Små unger: < 300 g, 10 ender, 42 otolitter; mellomstore unger: 300-500 g, 5 ender 35 otolitter; store unger: 500-1000 g, 9 ender, 85 otolitter.

**Figur 3.21**

Prosentvis fordeling i ulike aldersgrupper av lakseotolitter funnet i magene fra voksne laksender. Fordelingen av alle otolitter, og fordelingen dersom gjennomsnittet blir regnet ut med hver enkelt and som enhet, er vist. Til fordelingen med ender som enhet har vi benyttet ender med 5 eller flere otolitter i magen.

**Figur 3.22**

Estimert prosentvis fordeling i ulike lengdegrupper av laks fra mageprøver av voksne laksender fra Altaelva. Lengdefordelingen i hver enkelt aldersklasse er estimert fra målte otolitter, og sammenholdt med aldersfordelingen i otolittmaterialet fra voksne ender med mer enn 5 otolitter i magene (grå søyler i **figur 3.21**).

**Figur 3.23**

Gjennomsnittlig predasjon av fiskeender (her basert på laksender) som funksjon av antall ender i gjennomsnitt på elva hver dag, og antall ekstra dager elva er tilgjengelig for endene som følge av tidligere isgang. Predasjonen er beregnet for ulike aldersklasser av laksunger. Aldersklassen 4+ og eldre vil i hovedsak bestå av presmolt. Merk at skaleringen på akse som angir antall fisk spist varierer mellom ulike aldersklasser.

### Simuleringer

Ut fra gjennomsnittet i våre simuleringer spiser en laksand i løpet av en dag ca 1,5 1+ laks (5 % og 95 % persentil: 0,1-3,1), ca 12 2+ laks (5 % og 95 % persentil: 7,7-17,1), ca 12 3+ laks (5 % og 95 % persentil: 8,2-16,7), ca 18 4+ laks (5 % og 95 % persentil: 13,1-22,7), og ca 3 individer av andre fiskearter (5 % og 95 % persentil: 0,3-6,2). Disse gjennomsnittene ble brukt for å vurdere hvor mange laksunger av de ulike aldersgruppene som kan bli tatt av fiskeender som en funksjon av antall ender i elva og antall ekstra dager elva er åpen for endene (**figur 3.23**). Trolig vil predasjon på presmoltstadiet (4+ og eldre) ha størst betydning for smoltproduksjonen i elva. Ut fra simuleringene vil 200 laksender i løpet av en 30 dagers periode kunne spise i underkant av 120 000 presmolt. Imidlertid vil usikkerheten i disse estimatene øke med økende antall ender og antall dager. For å synliggjøre dette har vi plottet 5 % og 95 % persentilen fra simuleringene for hvor mange 4+ og eldre lakseunger endene vil spise i løpet av 30 dager som en funksjon av antall ender. 200 ender i 30 dager vil i følge våre simuleringer spise mellom 78 000 og 136 000 presmolt (**figur 3.24**).

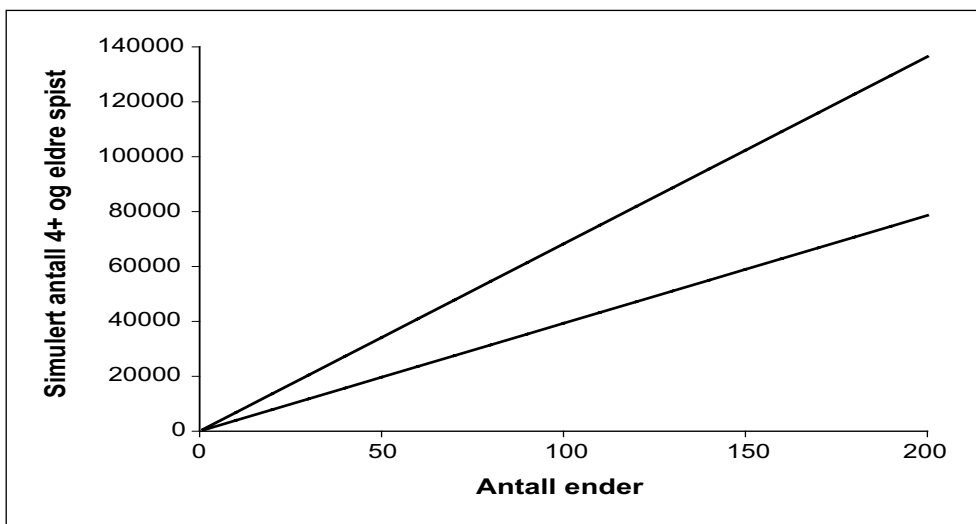
### Diskusjon

Våre simuleringer viser at dersom Altaelva blir isfri tidligere om våren, kan dette potensielt føre til en økt predasjon på laksunger fra fiskeender.

I følge Moen (1983) ankommer laksendene "Altaelva allerede før isen går opp, og de beiter da i åpne strekninger mellom kulpene". Haftorn (1971) skriver at silender vender tilbake til Troms og Finnmark i mai, mens

laksendene "besetter hekkeplassene så snart de blir isfrie om våren. I Øst-Finnmark innfinner fuglene seg i første halvdel eller omkring midten av mai, stundom i slutten av april". I sine beregninger av fiskandpredasjon på laksunger i Altaelva antar Moen (1983) at ca 50 fiskeender oppholder seg i elva fra 10. mai. Nyere studier viser at silanda finnes langs hele Norskekysten om vinteren, og den norske midtvinterbestanden er anslått til mellom 25 000 og 35 000 individer (Nygård et al. 1998, Lorentsen & Nygård 2001). Den norske hekkebestanden av siland er anslått til mellom 10 000 og 30 000 par (Gjershaug et al. 1994). Laksendene overvintrer fåtallig langs Norskekysten nordover til omtrent Trondheimsfjorden, og den norske midtvinterbestanden er anslått til mellom 2 500 og 4 000 individer (Lorentsen & Nygård 2001, Nygård et al. 1998), mens den norske hekkebestanden er anslått til mellom 1 000 og 5 000 par (Gjershaug et al. 1994). Ellers finnes det ikke mye data om de norske laksendenes trekkvaner (Lorentsen & Nygård 2001). Det er derfor mulig at størstedelen av den norske laksandbestanden overvintrer i Sør- og Midt-Norge, men det kan heller ikke utelukkes at de trekker lenger vekk om vinteren.

Et sentralt spørsmål når man skal vurdere fiskeendens mulige påvirkning på produksjonene av lakse-smolt dersom Altaelva blir åpen tidligere enn normalt om våren, blir om det er ender tilgjengelig som kan nytte seg den økte tilgjengeligheten av laksunger. Siden silanda overvintrer i Finnmark, og endene trolig flytter seg etter hvor de finner mye næring, er det i alle fall mulig at silender kan oppdage den økte tilgjengeligheten av spiseområder og dermed begynne å spise fisk i elva tidligere enn før reguleringen. For laksender er dette mer uklart siden laksanda er en



**Figur 3.24**

5 % og 95 % persentil for hvor mange 4+ og eldre lakseunger laksender vil spise i løpet av 30 dager som en funksjon av antall laksender. Resultater fra simuleringer.

mer utpreget trekkfugl og overvintrer lengre vekk fra elva. Det er derfor mulig at laksendene i første omgang ikke vil endre ankomsttid om våren og dermed ikke være i stand til å unytte den økte ressurstilgjengeligheten som kan bli skapt. I Porsangerfjorden ankommer store mengder (flere enn 1 000) laksender fjorden hvert år rundt midten av mai (Tomas Aarvaks pers medd.). Dette er trolig fugl som er på trekk til hekkeplasser i Finnmark. Dersom dette representerer det normale ankomsttidspunktet for hoveddelen av laksender til Finnmark, tyder dette på at laksendene trolig ikke vil kunne nyttegjøre seg en lengre periode med økt tilgjengelighet av fisk i Altaelva om våren. Andefugler kan imidlertid endre trekkvaner over tid. For eksempel ankommer norske grågjess nå ca 14 dager tidligere om våren enn de gjorde på 1970 tallet (Pistorius et al. in press).

Tellingene av fiskeender i midten av mai 2005 tyder på at så mye som i underkant av 200 fiskeender kan oppholde seg i Altaelva på denne tiden. Dersom vi benytter en markant økning i tilsig (vårflom) som en indikasjon på når elva normalt vil være isfri, vil isgangen i elva i perioden 1987-2005 ha variert mellom ca 15. april og ca 10. mai (skjønnsmessig vurdert fra figur 4 i Asvall 2005). Hvis det finnes fiskeender i området i mars/april som kan nyttegjøre seg en eventuell tidligere isfri elv, har våre simuleringer vist at disse potensielt kan redusere smoltproduksjonen i elva ved at de reduserer bestanden av presmolt ut over det som ville ha blitt produsert dersom elva hadde vært islagt. Altaelva har, dersom en ser bort fra Sautso, en høy produksjon av laksunger (Ugedal et al. 2005). Det er derfor grunn til å anta at økt predasjon av yngre aldersklasser og laksesmolt fra fiskender i liten grad har påvirket laksebestanden negativt i disse områdene av Altaelva (Moen 1983).

Resultatene fra våre simuleringer er svært avhengig av antallet ender i elva. Vi har også antatt at endene utelukkende vil benytte elva for å søke føde om våren. Antallet ender vil trolig påvirke våre resultater i større grad enn sammensetningen av føden, og anslagene for endenes fødebehov. For å få et bedre anslag over fiskeendenes potensielle påvirkning på laksebestanden i Altaelva, vil det være ønskelig med jevnlige tellinger av fiskespisende ender senvinters og om våren. Videre er fødesammensetningen tidlig i sesongen dårlig kjent, mens vi trolig har relativt gode anslag for sammensetningen av føden til fiskeender fra kullene klekker og utover i sesongen.





Innføring av fang og slipp fiske har medvirket til økt rekruttering og produksjon av laksunger i Sautso. Etter St. Hans er det kun tillatt med fluefiske etter laks (**øverst venstre**). Landing av laks (**nederst venstre**). "Obligatorisk" bilde av fangst, stolt fisker og stakere, men eksponering i luft bør i størst mulig grad unngås for å bedre fiskens overlevelse ved fang og slipp fiske (**øverst høyre**). "Pumping" av laks for å øke sirkulasjonen av vann og oksygen tilførselen over gjellene før laksen slippes tilbake til elva (**nederst høyre**).

Foto: Eva B. Thorstad



## 4 Effekter av utbyggingen på laksebestanden

I dette kapitlet vil vi sammenfatte kunnskapen om utviklingen av laksebestanden i Altaelva i perioden 1980-2005, med et spesielt fokus på negative forhold i øvre deler av lakseførende strekning. Mulige årsaker til denne utviklingen og ulike sannsynlige dødelighetsfaktorer diskuteres. Positive effekter av stabil og høyere minstevannføring om vinteren vil bli spesielt vurdert og diskutert i kapittel 5.

Ulike stadier av utbyggingen og manøvreringen av kraftverket som kan ha hatt betydning for utviklingen av laksebestanden siden starten av anleggsarbeidet i 1982, er oppsummert i **tabell 4.1**.

### 4.1 Faser i utviklingen av laksebestanden

Tettheten av laksunger i Sautso har utviklet seg i flere faser etter reguleringen. Fra 1985 til 1991 var ungfisk-

tettheten på de to elfiskestasjonene i Sautso redusert til halvparten i forhold referanseårene 1981-1984. Fra 1992 til 1996 var tetthetene gjennomgående enda lavere, med en reduksjon på 80 % i forhold til referanseårene. Den negative utviklingen i tetthet av laksunger i Sautso i årene etter kraftutbyggingen skyldes forhold relatert til drift og/eller bygging av Alta kraftverk. I perioden 1997-2000 økte tettheten av laksunger noe, og tettheten var i disse årene omtrent halvparten av hva den var i referanseårene.

I 2001 ble det registrert en markert økning av ungfisktetthet på de to hovedstasjonene i Sautso. Denne økningen kan sannsynligvis knyttes til økt rekruttering som følge av fang og slipp fiske av voksen laks i sonen. Tettheten av laksunger på stasjonen ved Svartfossen, nærmest kraftverket, har imidlertid vært lavere enn tettheten på starten av 1980-tallet de tre siste årene.

En sammenlikning av den gjennomsnittlige tettheten av laksunger i Sautso med resten av elva viser at tettheten av ettåringer i Sautso var like høy eller høyere

**Tabell 4.1.** Oversikt over ulike stadier av utbyggingen og manøvreringen av kraftverket, samt andre forhold som kan ha hatt betydning for utviklingen av laksebestanden i Altaelva siden start av anleggsarbeidet i 1982.

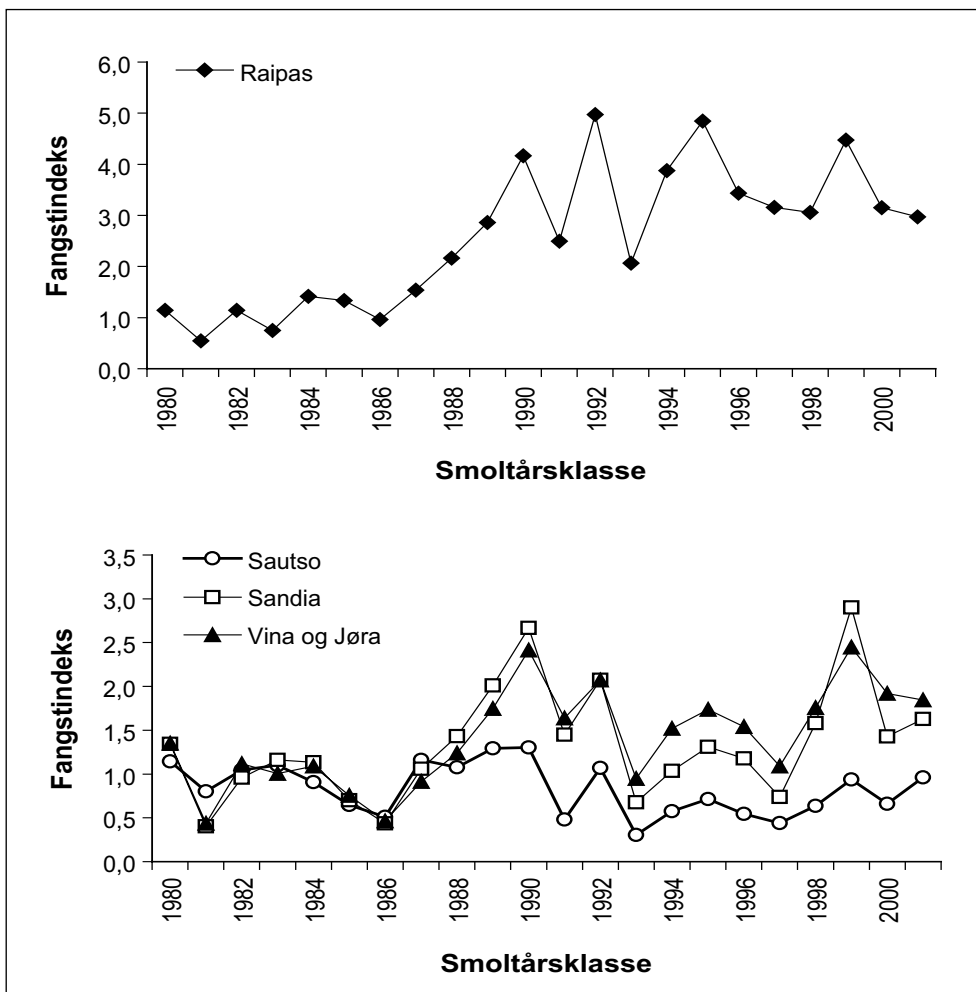
1982	Start av anleggsarbeidet med bygging av anleggsvei inn til Sautso.
1983	Start av bygging av kraftverksdammen (juni).
1985-1986	Støping av dammen.
1987	Alta kraftverk satt i drift (mai).
1987-1996	Første midlertidige manøvreringsreglement.
1987	Lukeuhell 16. august. Medførte stor flom (økning i vannføring fra 60 til 900 m <sup>3</sup> /s på 20 minutter). Betydelige erosjon og masseforflytning i Sautso.
1990-1992	Forsøk med døgnregulering om vinteren.
1992-1993	Reduksjon i antall raske vannstandsendringer. Fra og med 1994 har det forekommet få raske vannstandsendringer.
1992	Fram til 1992 ble spillerommet på $\pm 10$ % i forhold til naturlig vannføring utnyttet. Etter 1992 er det lagt vekt på å kjøre så nær opp til naturlig vannføring som mulig, noe som er påkrevd i reglementet fra 1996.
1993	Reduksjon av problemer med flimmer i vannføring.
1995-2001	Økende grad av fang og slipp av fangstene under sportsfisket, spesielt i Sautso.
1996-2001	Nytt midlertidig manøvreringsreglement. Restriksjoner på hastighet ved nedtrapping av vannføringen.
1997	Det øverste av tre fiskekort i Sautso ble midlertidig fredet.
1998-2005	Fang og slipp av all laks under fisket i Sautso.
2002-2005	Nytt midlertidig manøvreringsreglement.
2002-2005	Utpøving av ny tappestrategi om vinteren for å oppnå økt islegging i Sautso i deler av vinteren.

enn i de andre delene av elva i årene 1998-2003, men lavere i 2004. Tettheten av toårige laksunger var lavere i Sautso i 1998, 2000 og 2003, mens tettheten av treåringer har vært vesentlig lavere i Sautso enn i resten av elva i hele perioden 1998-2004. Dette kan tyde på at overlevelsen til eldre laksunger er lavere i Sautso enn i øvrige deler av elva, og at smoltproduksjonen dermed er mindre. Undersøkelser av presmolttetthet om våren i 2003 og 2004 bekrefter at smoltproduksjonen er mindre i Sautso enn i Gargia. Beregning av overlevelse vinteren 2004-2005 har også vist at vinteroverlevelsen til både yngre og eldre laksunger er lavere i Sautso enn i Gargia.

I 1992-1996, da ungfisktettheten i Sautso var på det laveste, var tettheten omtrent 20-25 % av gjennomsnittlig tetthet i årene 1981-1984. Dette tilsier at produksjonen av ungfisk på de to elfiskestrekningene i Sautso var redusert med omtrent 75-80 % i denne perioden, mens den i årene like før var redusert med omtrent 50 %. Det er god overensstemmelse mellom tallene for redusert produksjon basert på ungfisktetthet og anslag over redusert smoltproduksjon basert på relativ

fangst av ulike smoltårsklasser i Sautso sammenliknet med Vina og Jøra (Ugedal et al. 2002). Disse anslagene tyder også på at smoltproduksjonen ble redusert med omlag 50-70 % i perioden etter at reguleringen ble satt i verk. To uavhengige metoder viser således at ungfiskproduksjonen ble kraftig redusert i Sautso i en lengre periode etter reguleringen.

Den reduserte tettheten av ungfisk i Sautso ga reduserte fangster av voksen laks i området. Smoltårsklassene fra og med 1989 har alle gitt reduserte fangster i Sautso sammenliknet med resten av elva (Ugedal et al. 2002, **figur 4.1**). Den reduserte tilbakevandringen av voksen laks til Sautso førte etterhvert til svært få gytefisk i sonen. Fra og med høsten 1994 tyder beregninger av rogndeponering på at antallet gytefisk var for lavt til å fullrekruttere sonen med yngel (Ugedal et al. 2002). Hovedmengden av gytehunner i Altaelva er tre-sjøvinter fisk, slik at gytehunnene høsten 1994 vandret ut fra elva som smolt i 1991. Denne smoltårsklassen er den som har gitt den relativt laveste fangsten i Sautso (Ugedal et al. 2002). Antallet gytefisk i Sautso var lavt fram til og med 1997. Tellingene av gytegro-



**Figur 4.1**

Utviklingen i fangstindeks for ulike smoltårsklasser (fisk som har gått ut av elva som smolt i samme år) av laks på ulike fiskekortstrekninger i Altaelva. Referanseindeks (indeks = 1) er gjennomsnittlig fangst av smoltårsklassene 1980-1984 i de ulike delene av elva. Merk at verdiene på y-aksen er forskjellig mellom de to panelene.

per og gytefisk tyder også på at antallet gytefisk var lavt i Sautso høsten 1996 og 1997. Fra høsten 1998 har innføring av fang og slipp fiske i Sautso bidratt til at antallet gytefisk har økt. Dette vises ved en fordobling i antallet gytegroper i årene 1999-2001 sammenliknet med 1996 og 1997. I perioden 2002-2004 har antall gytegroper i Sautso vært på et enda høyere nivå enn i 1999-2001, og tellinger av gytefisk i Sautso viste at gytebestanden disse årene var vesentlig mer tallrik enn i 1996-1997. De siste årene har sannsynligvis antallet gytefisk i Sautso vært tilstrekkelig til at sonen fullrekrutteres med yngel.

Kraftreguleringen kan også ha hatt negative effekter i andre deler av elva enn Sautso. Smoltårsklassene 1993-1997 ga relativt sett lavere fangst i Sandia enn i Vina og Jøra (**figur 4.1**). Mesteparten av smolten fra Sandia er 4 år, slik at laksen fra disse smoltårsklassene klekket i årene 1989 til 1993. Disse årsklassene var tildels også svake i Sautso. Det er derfor ikke usannsynlig at det er forhold knyttet til reguleringen som har påvirket disse ungfiskårsklassene i Sandia. I årene 1990-1993 forekom det mange episoder med hyppige vannstandsendringer, og i vintrene 1990-1992 ble det drevet med døgnregulering av vannstanden (Ugedal et al. 2002). Et forsøk med døgnregulering i april 1992, som skjedde under kontrollerte forhold, førte til omfattende stranding av fisk i Sautso (Jensen & Koksvik 1992). Slike episoder hadde sannsynligvis også negative effekter nedenfor Sautso (Jensen & Koksvik 1992). I 1996 og 1997 ble det registrert få gytegroper i Sandia sammenliknet med de andre årene med gytegroptellinger (kapittel 3.4).

I de senere årene har fangstene i Sandia økt til normale nivåer sammenliknet med resten av elva. Antall gytegroper i denne sonen har også økt vesentlig. Det er ikke påvist noen nedgang i ungfisktetthet på de to elfiskestasjonene i Sandia perioden 1981-2004 sett under ett. Tvert imot har det vært en signifikant økning av ungfisktetthet på elfiskestasjonen i Gabo i Sandia i perioden 1981-2004.

## 4.2 Dødelighetsfaktorer

Det er flere årsaker til at laksebestanden i Sautso har gjennomgått en negativ utvikling etter kraftreguleringen. Som grunnlag for våre vurderinger fokuserer vi spesielt på ungfiskbestanden (inkludert smolt), fordi det synes å være en svært god sammenheng mellom

reduksjonen i tetthet av ungfisk og redusert oppvandring og fangster av voksen laks.

Det er fremsatt flere hypoteser for årsaker til tilbakegangen i ungfiskproduksjon i øvre deler av lakseførende strekning, og i Sautso spesielt. Disse hypotesene kan naturlig deles i tre hovedgrupper:

1. Årsaker knyttet til bygging og manøvrering av Alta kraftverk.
2. Årsaker knyttet til miljøforandringer om vinteren og våren (endringer i temperatur- og isforhold).
3. Reguleringen har ført til økt dødelighet av ungfisk og/eller smolt av andre årsaker.

Hypotesene er ikke gjensidig uavhengige av hverandre, og sannsynligvis har årsaksforhold under hver av disse hovedhypotesene innvirket på utviklingen i ungfiskbestanden.

### 4.2.1 Bygging og manøvrering av Alta kraftverk

#### Anleggsarbeidet

Utviklingen i ungfisktetthet på de to hovedstasjonene i Sautso viste at tettheten avtok allerede i 1985-1986 sammenliknet med tettheten i årene 1981-1984. Den samme nedgangen i ungfisktetthet i 1985-1986 ble funnet på andre elfiskestasjoner i elva. Nedgangen kan ha hatt sammenheng med negativ påvirkning av yngel og ungfisk som følge av byggingen av dammen og kraftverket. Vi har imidlertid liten kunnskap om hvordan byggeprosjektet påvirket vannkvalitet og vannstandsendringer i Altaelva, og det finnes generelt lite kunnskap om hvordan slike byggeprosjekter påvirker fiskebestander.

#### Stranding

Evaluerings av stranding av fisk på grunn av raske fall i vannstand relatert til driften av Alta kraftverk er gjort av Forseth et al. (1996) og Ugedal et al. (2002). Ugedal et al. (2002) konkluderte med at det var overveiende sannsynlig at dødelighet som følge av stranding, har påvirket ungfisktettheten i Sautso negativt. Det er imidlertid også klart at stranding ikke kan ha vært den eneste miljørelaterte dødelighetsfaktoren for laksunger i Sautso i perioden etter byggingen av kraftverket. Basert på antall strandingsepisoder antar vi at flest fisk døde på grunn av stranding de første årene etter utbyggingen. Etter midten av 1990-tallet er driften av kraftverket bedret, og antall episoder

som medfører stranding av laksunger er redusert (Brodtkorb 2002).

#### 4.2.2 Miljøforandringer om vinteren og våren

Reguleringen av Altaelva har ført til endringer i temperaturforholdene nedstrøms kraftverket. Vintertemperaturen er økt etter regulering, mens temperaturen om våren har blitt lavere. Den økte vintertemperaturen gjør at elva fra kraftverksutløpet ned til Sausovannet er stort sett isfri mesteparten av vinteren. Bare i kortere perioder har det vært dannet landis. Det nye tapperegimet, som er utprøvd i perioden 2002-2005, gjør at isleggingen i Sautso har økt, men varigheten og omfanget av isdekke er fremdeles vesentlig mindre enn før regulering.

Spesielt to forhold, energiavhengig vinterdødelighet og asynkron smoltifisering, som begge er knyttet til endrede miljøforhold er trukket fram som viktig for overlevelsen til laksungene.

##### Energiavhengig vinterdødelighet

I løpet av de siste årene er det gjennom felt- og laboratoriestudier fremskaffet ny kunnskap om betydningen av endrede miljøforhold om vinteren for laksungene i Sautso (kapittel 3.2.4, Finstad et al. 2005). Feltstudier av laksunger i Altaelva om vinteren har påvist energiavhengig dødelighet hos laksunger i Sautso. Laboratorieforsøkene med ungfisk av Altalaks har videre vist at det er sannsynlig at redusert isdekke i øvre deler av Altaelva har bidratt til nedgangen i produksjon av laksunger etter reguleringen. Estimaten av vinteroverlevelse bekrefter at overlevelsen av eldre laksunger er lavere i Sautso enn i Gargia lengre ned i elva. Disse resultatene har sannsynliggjort at redusert isdekke om vinteren som følge av reguleringen, har vært og fremdeles er en viktig dødelighetsfaktor for laksunger i Sautso.

Årsaken til økt vinterdødelighet hos laksunger i Sautso synes å være sammensatte. Laboratorieforsøkene, sett sammen med den generelle kunnskapen om vinterøkologi hos laksefisk, viser at fisken får flere problemer når isen forsvinner fra ei elv som naturlig islegges (som Altaelva). Dette skyldes blant annet at:

- Energiutgiftene til å holde seg i live øker fordi meta-

bolismen (stoffsiftet) øker når lysinnstrålingen øker. Dette øker forbrenningen av lagringsfett og gjør fisken mer og/eller tidligere avhengig av næringsinntak.

- Laksungene i Altaelva er avhengig av et betydelig næringsinntak for å overleve vinteren. Mulighetene til å fange mat reduseres fordi perioden med mørke og beskyttelse mot predatorer blir kortere, noe som resulterer i et lavere næringsinntak.
- Predasjonsrisikoen øker fordi elva blir tilgjengelig for predatorer som ellers er stengt ute fra isdekket elv. Denne effekten forsterkes dersom lav energistatus tvinger fisken til å eksponere seg på grunn av et mer aktivt næringssøk.

Økt begroing av alger om vinteren og våren i Sautso etter regulering har blitt foreslått å innvirke på laksungenes næringsinntak ved at næringsdyrene har blitt mindre tilgjengelige for fisken. I perioden 2000-2004 har det skjedd en sterk reduksjon i mengde begroing om vinteren i forhold til perioden 1995-1999. Samtidig er artssammensetningen endret. Denne endringen har trolig sammenheng med endret næringssalttilførsel til elva. Redusert begroing tyder på at utvaskingen av næringssalter fra jordsmonn og plantemateriale i reguleringsmagasinet avtok rundt århundreskiftet. Etter 2001 synes forholdene å være tilbake til en situasjon som antas å være nær forholdene før regulering.

Endringene i begroing kan ha påvirket byttedyrenes tilgjengelighet for laksunger. Laksungenes ernæring i april/mai har de seneste vintrene vært dominert av døgnfluelarver, steinfluelarver og vårfluelarver, i motsetning til på midten av 1990-tallet da små fjærmygglarver utgjorde en vesentlig del av dietten. Begroingen kan dermed i noen år på 1990-tallet ha medvirket til at energistatusen til laksunger ble ytterligere redusert om våren, og kan ha bidratt til økt vinterdødelighet disse årene.

##### Asynkron smoltifisering

Reguleringen av Altaelva har ført til endringer i vann-temperatur og lysforhold ( redusert isdekke) i Sautso om vinteren og våren. Begge disse miljøparametrene er vist å påvirke tidspunktet for laksens smoltifisering. I øvre del av Altaelva (Sautso) har temperaturen økt om vinteren (desember-mars) og avtatt i siste halvdel av mai, juni og juli. Forsøk ved blant annet settefiskanlegget i Talvik har vist at lavere vanntemperaturer om våren kan forsinke smoltifiseringen hos laks, men at fravær av et isdekke kan framskynde smoltifiseringen.

gen (Finstad & Nilsen 1998), slik at en har endringer i miljøfaktorer som virker i to forskjellige retninger. En asynkron smoltifisering og tidligere eller senere utvandring i forhold til smolten i resten av elva kan medføre økt predasjon fra annen fisk når smolten vandrer ut i fjordsystemet (Hvidsten & Møkkelgjerd 1987, Hvidsten & Lund 1988).

Undersøkelsene av smoltutvandring i Altaelva de to siste vintrene viser at smolt vandret suksessivt ut, først fra nedre deler og senere fra områder oppover i elva, slik at smolt fra Sautso vandret senere enn fra de andre deler av elva. Vi kjenner ikke til om smoltutvandringen fra Sautso var synkronisert med utvandringen fra resten av elva før reguleringen. Den reduserte vanntemperaturen i øvre deler av elva om våren før smolten vandrer kan imidlertid ha medført at smolten i dette området vandrer senere ut enn lengre ned hvor vanntemperaturen er mer uforandret. På grunn av predasjon i sjøen hvor smolten risikerer å bli spist av annen fisk (Hvidsten & Lund 1988), kan det være fordelaktig for smolten fra Sautso å gå ut samtidig med smolten fra de nedre delene av vassdraget.

### 4.2.3 Andre dødelighetsfaktorer

Det er flere andre mulige forklaringer til økt dødelighet hos laksunger som følge av reguleringen i Altaelva. Vi vil trekke fram følgende tre hypoteser som har vært lansert som mulige viktige årsaker til tilbakegangen i ungfiskbestanden i Sautso:

- 1) Økt parasittering
- 2) Økt konkurranse og predasjon fra andre fiskearter
- 3) Økt predasjon fra fugler og pattedyr

#### Parasitter

I 1996 ble det gjennomført en kartlegging av parasitter i laksunger fra Altaelva (Larsen & Lund 1997). Denne kartleggingen viste at de fleste av laksungene i Altaelva var infisert med øyeikter. Antallet øyeikter i den enkelte fisk var svært høyt sammenliknet med andre undersøkelser fra Norge og andre steder i verden. Høy infeksjon av øyeikter kan forårsake økt dødelighet hos fisk (se referanser i Larsen & Lund 1997), og det ble stilt spørsmål om nedgangen i ungfiskbestanden i de øvre deler av Altaelva etter kraftutbyggingen kunne settes i sammenheng med økt parasittering. En sammenlikning av antallet øyeikter i laksunger fra Sautso med laksunger fra andre deler av elva våren 2000 (Larsen

& Lund 2001) viste imidlertid at infeksjonen var lav i Sautso sammenliknet med de øvrige deler av elva. En gjennomgang av spritfiksert materiale av laksunger fra ulike deler av Altaelva fra før (1981-1985) og etter utbygging (1993 og 1995) viste også at infeksjonene av øyeikter i laksunger fra Sautso var lavere enn i resten av elva. Undersøkelsene har derfor ikke gitt støtte til hypotesen om at økt parasittbelastning av øyeikter som følge av kraftutbygging kan forklare nedgangen av laksunger i Sautso etter reguleringen.

#### Konkurranse og predasjon fra andre fiskearter

Vi har liten kunnskap om utviklingen i bestandene av de andre fiskeartene i Sautso etter reguleringen. Det er derfor vanskelig å vurdere utviklingen i konkurranse og predasjon fra andre fiskearter. Undersøkelse av den elvelevende harren ovenfor Sautso vann viste imidlertid at 4,4 % av harren hadde spist fisk (Saksgård et al. 1998). Det meste av dette var sannsynligvis laksunger. På grunn av en sannsynlig tett bestand av harr kan denne arten utøve et betydelig predasjonstrykk på laksungene på elvestrekningen ovenfor Sautso vann. Idet vi ikke kjenner tidligere eller nåværende bestandsstørrelse av harr i Sautso, kan vi ikke si noe sikkert om predasjon av lakseyngel har vært en medvirkende faktor til reduksjon i tettheten av lakseyngel. I tillegg spiste harren de samme næringsdyrene som laksunger. Diettoverlappet mellom harr og laksunger økte med alderen til laksungene. En tett harrbestand kan derfor også konkurrere med laksungene om næringsdyr (Saksgård et al. 1998).

Undersøkelsen av laksunger og andre fiskearter i Sautso vannet viste at predasjonspresset på laksungene kan være stort og bidrar til å redusere smoltproduksjonen i vannet (Ugedal et al. 2002). Vi har imidlertid ikke data til å vurdere predasjonstrykket før og etter regulering.

#### Predasjon fra fugler og pattedyr

Laksungene i Altaelva er også utsatt for predasjon fra pattedyr og fugler. Mink finnes blant annet i området og laksender hekker langs hele elva (Larsen & Lund 2001). I perioder av året når elva går naturlig åpen og vannføringen er tilnærmet lik den naturlige antas predasjonstrykket fra pattedyr og fugler å være relativt uforandret. Det forutsettes imidlertid at antallet predatorer er det samme.

Reguleringen har ført til at elva fra kraftstasjonen og ned til Sautso vann i stor grad går åpen om vinteren. Dette fravær av isdekke har åpenbart økt mulighetene for at fiskespisende dyr, som er avhengig av åpent vann for å kunne spise laksunger, kan utvide jaktsonen. For eksempel kan laksender forlenge oppholdstiden ut over høsten og vinteren i den isfrie delen av elva, eller det samme området kan ha blitt mer attraktivt for laksender og andre predatorer når isleggingen tar til i omkringliggende innsjøer (Larsen & Lund 2001). I den grad manøvreringen har medført tidligere isløsning i andre deler av elva, kan dette også ha medført økt predasjonsdødelighet. Når det gjelder fuglepredasjon, fra for eksempel laksender, er det imidlertid en forutsetning at disse artene har vendt tilbake til Altaområdet fra sine vinteroppholdssteder. Uten kunnskap om utviklingene i bestandene av slike predatorer i Altaelva og deres bruk av Sautso-sonen på senhøsten, vinter og vår, er det vanskelig å vurdere betydningen av denne dødelighetsfaktoren for utviklingen i ungfiskbestanden etter reguleringen av elva.

### 4.3 Måleparametere

Utviklingen i laksebestanden i Altaelva har blitt undersøkt siden 1981. Endringer i ungfisktetthet og fangst av voksen laks (mengde og sammensetning) har blitt brukt som måleparametere for utviklingen i bestanden i ulike deler av elva. En viktig forutsetning for å kunne bruke fangst som måleparameter for produksjon i ulike deler av elva er at laksen som er klekket og vokst opp i et område, hovedsakelig vender tilbake dit for å gyte.

Studier av populasjonsgenetikk, vekst, smoltalder og vandring til voksen laks i Altaelva støtter opp under denne forutsetningen. Studier av populasjonsgenetikk tyder på at det kan være begrenset utveksling av genetisk materiale mellom laks fra ulike deler av Altaelva (Heggberget et al. 1986). Dette innebærer at fisk som har vokst opp i et område, i stor grad vender tilbake dit for å gyte ("lokal heimfinning" eller "homing"). Undersøkelsen var imidlertid basert på ungfisk samlet inn på relativt små strekninger i de ulike deler av elva slik at det er usikkert hvor permanent de genetiske forskjellene er (Heggberget 1989). Studier av vandringsmønsteret hos oppvandrende laks i Altaelva tyder også på lokal heimfinning, ettersom hovedmønsteret er at laksen vandrer relativt målrettet opp til en plass i elva hvor de oppholder seg fram

mot gyting (Heggberget et al. 1988, 1996). I de siste årene har telemetriundersøkelser av fang og slipp laks bekreftet at mesteparten av fisk som fanges i Sautso i fiskesesongen, er tilstede på kjente gyteplasser i denne sonen under gyteperioden (Thorstad et al. 2000, 2001, 2003).

Studier av veksten til ungfisk viser at laksungene i Sautso vokser bedre enn laksungene lengre ned i elva (f.eks. Heggberget et al. 1986, Heggberget 1989, Næsje et al. 1998). Denne forskjellen gjør at smolten er gjennomgående større og yngre i Sautso enn i andre deler av elva. Sammenlikning av smoltstørrelse og smoltalder hos voksen laks viser også at voksen fisk fanget i Sautso gjennomgående var yngre og større som smolt enn fisk fanget i andre deler av elva. Denne korrelasjonen mellom biologiske særtrekk hos ung fisk og voksen fisk støtter hypotesen om at laksunger som har vokst opp i Sautso hovedsakelig vandrer tilbake dit for å gyte.

Det er gode sammenhenger mellom reduksjonen i ungfiskbestand i Sautso, og hvordan denne har gitt seg utslag i sterkt redusert fangst av voksen laks i området (Ugedal et al. 2002). Svake ungfiskårsklasser har gitt dårlig fangst og gyting av voksen fisk. Denne sammenhengen er i seg selv en god støtte for hypotesen om lokal heimfinning. Hvis gytefisken fordelte seg tilfeldig i elva ville vi ikke finne et klart mønster mellom årsklassestyrke hos ungfisk og relativ smoltårsklassestyrke for voksen laks. Sautsolaks beskattes også på vei opp i elva i de andre sonene. Vi har imidlertid ingen indikasjoner på at beskatningsraten i de øvrige deler av elva har endret seg vesentlig i løpet av undersøkelsen.

## 5 Effekter av islegging og minste- vannføring på smoltproduk- sjon i ulike deler av elva

Både endringer i isforhold og økt vintervannføring har sannsynligvis påvirket vinteroverlevelsen til laksunger i Altaelva. Redusert islegging har redusert vinteroverlevelsen i Sautso, mens økt minstevannføring om vinteren isolert sett synes å ha bedret vinteroverlevelsen i hele elva, og gitt positiv totaleffekt nedenfor Sautso. For å vurdere effekten av det foreslåtte manøvreringsreglementet er det viktig å forstå hvordan disse to faktorene, med motsatt effekt, kan ha påvirket vinteroverlevelsen og produksjon i elva som helhet.

### 5.1 Lakseproduksjon: Sautso vs resten av elva

Sautso, inkludert Sautso vann, utgjør ca 16 % av lengden på lakseførende strekning i Altaelva. Fangstene av laks i Sautso før regulering antyder at lakseproduksjonen i området var proporsjonal med arealandelen (16 %). Dette er imidlertid et minimumsanslag av tre grunner: 1) Laks fra Sautso fanges også i fiskesonene nedenfor Sautso, 2) tettheten av laksunger før regulering var høyere i Sautso enn lengre ned i elva, og 3) veksten var (og er fortsatt) høyere og smoltalderen lavere i Sautso enn lengre ned. Lavere smoltalder gir i utgangspunktet høyere produksjon. Antar vi at 10 % av laksen som før regulering ble fanget nedenfor Sautso var Sautsolaks, øker produksjonsandelen til nesten 25 %. Var andelen 15 %, foregikk nær 30 % av lakseproduksjonen i Altaelva i Sautso. Antar vi, som en forenkling, at ungfisktetthetene på våre stasjoner er representative for elva, og tar utgangspunkt i gjennomsnittlig tettheter før regulering på 59 fisk pr 100 m<sup>2</sup> i Sautso og 37 i resten av elva (se figur 3.2 og kapittel 3.2.2), foregikk 23 % av produksjonen i Sautso. Ut fra disse to betraktningene synes det rimelig å anta at i størrelsesorden 25 % av lakseproduksjonen i Altaelva foregikk i Sautso før reguleringen.

For å anslå den totale effekten av regulering på hele lakseførende strekning, kan man som utgangspunkt anta at vintervannføring etter regulering har gitt en økning på 45 % i produksjon i nedre del, hvor 75 prosent av produksjonen foregikk. Dette er i samsvar med beregningene i kapittel 3.2.4, men noe mindre effekt enn regresjonsanalysene tilsier og således et

konservativt anslag. Videre kan man anta at bortfall av isdekke i Sautso har redusert den årlige overlevelsen fra 60 % (antatt overlevelse i uregulert tilstand ut fra overlevelsesestimaterne vinteren 2004-05) til 45 % for parr og 30 % for presmolt i Sautso (kapittel 3.2.4). Vi antar videre at den tetthetsavhengige dødeligheten er sterk det første året av fiskens liv (Jonsson et al. 1998b, Einum & Nislow 2005), og at en ekstra dødelighet på grunn av bortfall av is (som vi antar primært virker tetthetsuavhengig) ikke gir økt totaldødelighet det første året. Basert på dette antar vi at laksungene i Sautso utsettes for to vintre med 45 % overlevelse og én vinter med 30 % overlevelse før de går ut som smolt. Dette forutsetter en smoltalder på fire år. Disse antagelsene gir en totaløkning i smoltproduksjonen i vassdraget som helhet på ca 16 %, til tross for at bortfall av isdekke med disse forutsetningene har redusert smoltproduksjonen i Sautso med om lag 70 %.

En reduksjon i smoltproduksjon i Sautso på om lag 70 % er høyere enn det tetthetsestimatene (Ugedal et al. 2005) og el-fiske etter presmolt (kapittel 3.4.1) tilsier. Som en alternativ tilnærming kan vi derfor anslå totaleffekten av reguleringen ved å ta utgangspunkt i dagens presmolttetthet i Sautso og Vina. I 2003 og 2004 ble det ved én gangs overfiske av relativt store områder i Vina i gjennomsnitt anslått en relativ tetthet av presmolt (fisk  $\geq 12,0$  cm) som var 2-4 ganger så høy som på områder i Sautso. Vi antar derfor konservativt at tettheten i Vina er dobbel så høy som i Sautso. Om vi videre antar at det er nok gytefisk (kapittel 3.5.1) og at rekrutteringen er lik i de to områdene, er overlevelsen fram til presmolt dobbelt så høy i Vina som i Sautso. Antar vi videre at denne forskjellen utelukkende skyldes bortfall av isdekke, fører en slik 50 % reduksjon i smoltproduksjonen i Sautso til en totaløkning av produksjonen i hele elva på 25 % når en tar hensyn til den økte produksjonen som følge av økt vintervannføring. En halvering av smoltproduksjon i Sautso kompenseres (gir ingen endring i produksjon) med en økning i smoltproduksjon, på grunn av økt vintervannføring, på 17 % i resten av elva. Dette er betydelig lavere enn det regresjonsanalysene av effekter av økt minstevannføring om vinteren antyder, selv på de stasjonene der sammenhengen var statistisk svakest og minst bratt (st. A12 Gabo, 32 % se tabell 3.5). Basert på våre elfiskestasjoner synes den positive effekten av økt vintervannføring å svekkes oppover elva. Det er således ikke sikkert at man har en positiv effekt på 75 % av ungfiskbestanden, det vil si i

hele området nedenfor Sautso. Det er ikke urimelig å anta at effekten av økt minste vannføring er mindre enn 45 % økning i ungfiskbestanden i denne delen av lakseførende strekning. En slik moderat totaløkning i smoltproduksjon i vassdraget framstår som rimelig i forhold til at fangstene av smålaks ser ut til å ha økt etter regulering, mens fangstene av storlaks ikke er endret, jfr sammenligningene av fangstene i Altaelva med andre elver i Nord-Norge (kapittel 3.5.2).

## 5.2 Effekten av islegging

Beregningene ovenfor gjelder i utgangspunktet situasjonen før den siste prøveperioden for drift av Alta kraftverk (2002-05), selv om deler av datagrunnlaget er hentet fra prøveperioden (tetthetsdata og overlevelsesestimater). Prøveperioden har medført en del endringer i miljøforhold. Siden forslaget til varig reglement ligner på driften i prøveperioden, er det viktig å vurdere effekten av islegging i denne perioden mer detaljert. I de siste fire vintrene (prøveperioden) er kraftverket manøvrert på en måte som skal gi større islegging i Sautso. Asvall (2005) gir, basert på kontinuerlig bildeovervåkning på tre områder i Sautso, indekser (1-3) for islegging gjennom vinteren (1. desember til 31. mars). Vi beregnet veid middel av isdekke (i forhold til andel av sesong) ved å benytte midtverdien for andel isdekke ved ulike indeksverdier for hvert år og stasjon. Gjennomsnittet av de tre stasjonene benyttes som et uttrykk for isleggingsandel. Fordi det ikke finnes sikker informasjon om hvor mye is det var i

Sautso i desember før regulering (Boe 1985), har vi også vurdert islegging i perioden fra 1. januar til 31. mars (dvs. at observasjonene fra desember er tatt ut). De tre stasjonene vektet likt, og isleggingens verdi er like stor hele vinteren.

Den oppnådde isleggingen beregnet for hele vinterperioden (1. desember til 31. mars) varierte fra 12 % vinteren 2004-05 til 23 % vinteren 2002-03, med et gjennomsnitt for de fire årene på 18 %. Tilsvarende beregninger for perioden 1. januar til 31. mars ga et isdekke på mellom 15 og 23 %, med et gjennomsnitt på 20 %. Siden det faktisk er registrert islegging i desember i de siste fire årene (før 10. desember i to av årene, Asvall 2005), og forskjellene i beregnet isdekke med de to beregningsgrunnlagene er små, valgte vi å bruke hele datamateriale fra Asvall (2005) og inkludere data fra desember i de videre beregningene.

Vinteren 2004-05 karakteriseres av Asvall (2005) som en mild vinter og første del av vinteren 2002-03 som kald, mens siste del var uvanlig mild. Basert på lufttemperaturene ved Alta lufthavn og i Kautokeino (data fra Meteorologisk institutt) var alle vintrene varmere enn normalen for perioden 1961-1990 (**tabell 5.1**). Disse målingene viser at vintrene 2002-03 og 2003-04 var de kaldeste. Vinteren 2004-05 var betydelig mildere enn normalen. Disse resultatene gjør det vanskelig å vurdere framtidig isdekke i Sautso med den kjørestrategi som er utprøvd de siste fire vintrene. På den ene side var alle vintrene mildere enn normalen. På den andre side skjer det en global

**Tabell 5.1.** Lufttemperaturer om vinteren ved de meteorologiske stasjonene på Alta lufthavn og i Kautokeino vintrene 2001-2005 samt normaltemperaturene.

År	Desember	Januar	Februar	Mars	Middel
<b>Alta lufthavn</b>					
2001/2002	-5.3	-6.5	-6.3	-3.4	-5.4
2002/2003	-8.1	-12.4	-1.8	-1.1	-5.9
2003/2004	-5.9	-7.7	-7.8	-2.2	-5.9
2004/2005	-1.9	-4.8	-4.7	-5.2	-4.2
Middel	-5.3	-7.9	-5.2	-3.0	-5.3
Normal 1961-1990	-7.0	-8.7	-7.9	-5.2	-7.2
<b>Kautokeino</b>					
2001/2002	-12.7	-16.2	-12.4	-8.9	-12.6
2002/2003	-17.9	-22.6	-7.7	-6.1	-13.6
2003/2004	-14.7	-14.5	-15.9	-7.1	-13.1
2004/2005	-8.9	-9.8	-11.8	-10.9	-10.4
Middel	-13.6	-15.8	-12.0	-8.3	-12.4
Normal 1961-1990	-14.3	-16.0	-14.8	-10.9	-14.0



oppvarming (IPCC 2001), og perioden med isdekke reduseres i vassdrag over hele den nordlige halvkule (Magnuson et al. 2000, Assel et al. 2003), og ytterligere reduksjoner er forventet (Blenckner et al. 2002, Yoo & C'Odorico 2002). Dette innebærer at normalen (1961-90) og temperatur og ismengde er i endring, og at det er mulig at de siste fire vintrene (i alle fall de to kaldeste) ikke var særlig mildere enn det de framtidige vintrene kan forventes å bli.

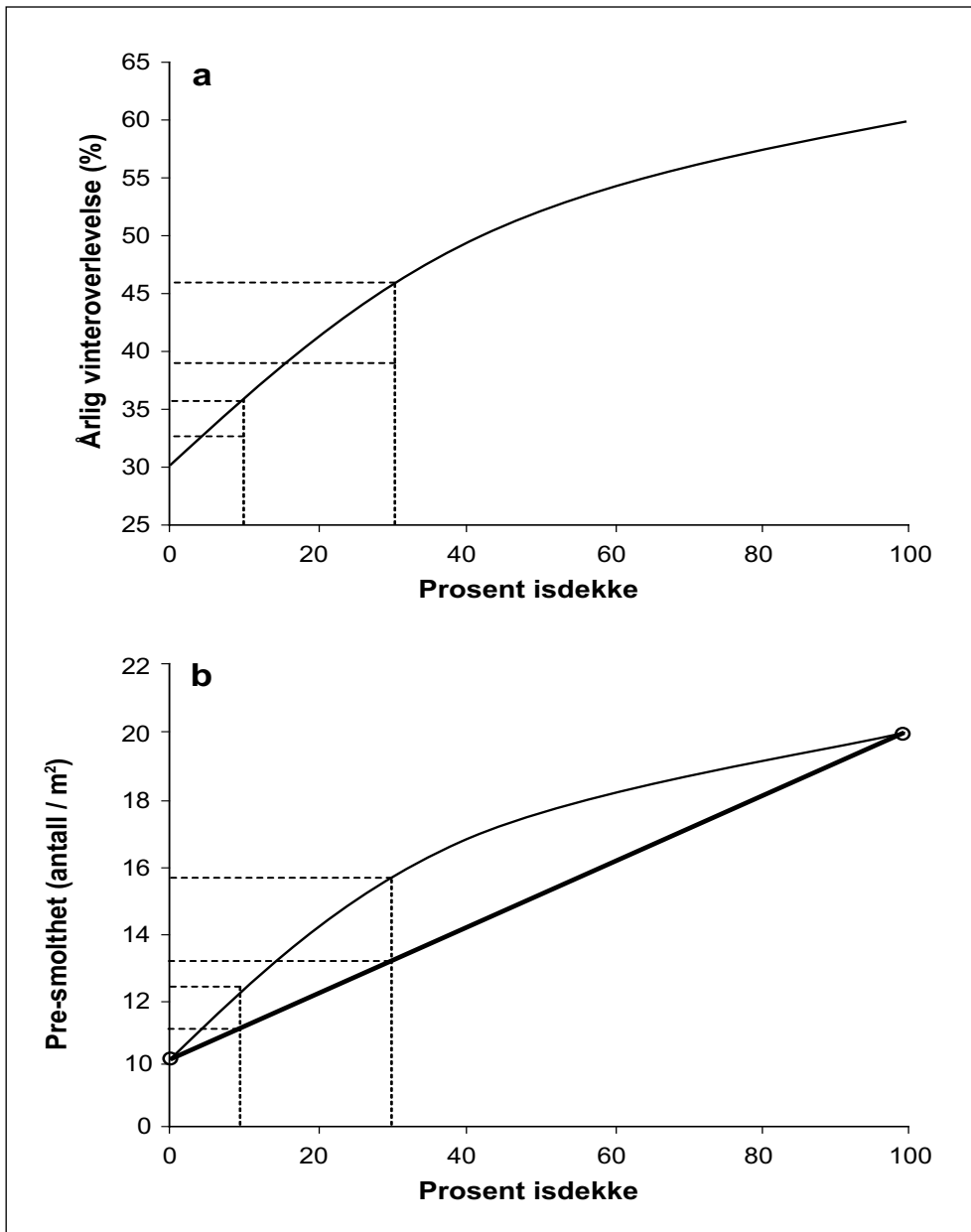
Ut fra dette vil det være rimelig å anta at de 25 % mildeste vintrene vil gi et isdekke på ca 10 % (på nivå med isdekket den milde vinteren 2004-05), mens de 25 % kaldeste vintrene vil kunne gi opp til 30 % isdekke (7 prosentpoeng eller 30 % høyere enn den høyeste estimerte isdekkeandelen som ble funnet i 2002-03). Etter 31. mars vil det med det foreslåtte reglementet bare unntaksvis være is i Sautso fordi man da normalt har gått over til nedre inntak i dammen som gir varmere vann. Det sentrale spørsmålet blir da hvordan et isdekke i størrelsesorden 10-30 % vil påvirke overlevelse og fiskeproduksjonen i Sautso.

Vi kjenner ikke sammenhengen mellom overlevelse eller smoltproduksjon og andelen isdekke i Sautso. Laboratorieforsøkene viser at is er viktig og at også delvis isdekke kan gi en positiv effekt i forhold til åpen elv (kapittel 3.2.4). Vi har ikke datagrunnlag til å etablere en sammenheng mellom isdekke og overlevelse eller produksjon som er direkte relevant for situasjonen i Sautso med delvis isdekke i perioder og nesten isfri elv i andre. Vi har imidlertid to verdier for overlevelse: 1) Situasjonen i dag med tilnærmet intet isdekke i Sautso, og 2) situasjonen før utbygging med tilnærmet heldekkende is. Dersom vi antar at årlig vinteroverlevelse i Sautso før regulering ligner på situasjonen i Vina, hvor det er isdekke, kan vi sette overlevelsen til 60 % (kapittel 3.2.4). Videre har vi et estimat for overlevelse i Tørmene i Sautso fra samme vinter. I Tørmene er det lite is selv under forsøkene på å øke islegging de siste vintrene. Det er derfor rimelig å kunne sette overlevelsen uten is i Sautso til 30 %. Den enkleste sammenhengen mellom isdekke og overlevelse blir derfor en rett linje fra 30 % overlevelse ved 0 % isdekke og 60 % ved 100 % isdekke (**figur 5.1a**). Dette representerer trolig et minimumsestimat for hvordan overlevelsen til fisken øker med økende andel isdekke. Forsøkene med delvis isdekke viste at fisken aktivt oppsøkte områder med simultert isdekke (kapittel 3.2.4). Dette betyr at en høyere andel av fisken enn den tilsvarende arealandelen vil

befinne seg under et etablert isdekke. Vi laget derfor en kurvemodell hvor overlevelsen økte raskere enn den lineære modellen (**figur 5.1a**). Denne ble laget subjektivt, men det er ikke urimelig å anta at gevinster langs denne kurven representerer opp mot maksimale effekter. Det er ikke noe fra våre eksperimenter med 0, 50 og 100 % isdekke som tyder på store avvik fra lineære sammenhenger. Ut fra denne modellen, men med forbehold om mange mulige feilkilder, vil et 10 % isdekke (dvs mild vinter) i perioden 1. desember til 31. mars øke den årlige vinteroverlevelsen fra 30 % ved null isdekke til minst 32,5 % og maksimalt 36 %. En kald vinter med 30 % isdekke vil øke overlevelsen minst til 39 % og maksimalt til 46 %.

Tilsvarende beregninger kan også gjøres med utgangspunkt i presmolttettheter om våren. Vi har tidligere konservativt antatt (se ovenfor) at presmolttettheten i Vina er dobbelt så høy som i Sautso. Våren 2005 ble det estimert en tetthet av presmolt på 11,6 fisk pr 100 m<sup>2</sup> i Tørmene i Sautso (tre gangers el-fiske). Som en forenkling har vi i de videre beregningene antatt en smolttetthet i Sautso på 10 fisk pr 100 m<sup>2</sup>. Tettheten i Vina blir da 20 fisk pr 100 m<sup>2</sup>. Milde vintre med 10 % isdekke vil med disse forutsetningene øke smoltproduksjonen i Sautso til minimum 11 og maksimalt noe over 12 fisk pr 100 m<sup>2</sup>, mens kalde vintre med opp mot 30 % isdekke vil øke produksjonen til mellom 13 og 16 smolt (**figur 5.1b**). Med denne beregningsmåten vil økt isdekke ved manøvreringstiltak i milde vintre gi økninger i smoltproduksjon fra 10 til 20 %, mens økningen i kalde vintre kan bli fra 30 til 55 %.

De ulike beregningsmåtene gir altså relativt like anslag for den positive effekten av økt isdekke. Minste effekt med milde vintre anslås til ca 10 % økning i produksjon fra dagens nivå, mens største effekt med kalde vintre anslås til ca 55 % økning. De manøvreringstiltak som er gjennomført for å øke isleggingen, vil altså øke smoltproduksjonen i Sautso. Våre grove beregninger anslår at smoltproduksjonen i Sautso i en middels kald vinter vil øke med ca 30 % fra dagens reduserte nivå. I disse beregningene er det antatt at isdekke har like stor verdi i hele perioden fra 1. desember til 31. mars. Dette er ikke nødvendigvis korrekt. I Alta er det mørketid fram til midten av januar og først 8. februar har daglengden kommet opp i 6 timer (daglengden i våre laboratorieeksperimenter). Lave energinivåer og energiavhengig dødelighet ser primært ut til å oppstå i perioden fra mars til mai. Vi vet ikke i hvilken grad isdekke i desember til medio februar (med mørketid

**Figur 5.1**

Teoretiske sammenhenger mellom a) årlig vinteroverlevelse og b) presmolttetthet og isdekke i Sautso. De lineære sammenhengene vurderes som minimumseffekter av økt isdekke, mens de kurvelineære vurderes som maksimumseffekter. De stiplede linjene angir potensielle effekter av isdekke i henholdsvis milde og kalde vintre.

og kort dag) gir full effekt. Det er derfor grunn til å betrakte våre anslag for positiv effekt av økt isdekke som maksimum mer enn minimum nivåer.

### 5.3 Minstevannføring

Basert på driftserfaringene fra de siste fire vintrene og betraktningene ovenfor er det mulig å gi prognoser for hvordan et framtidig vannføringsregime vil virke på fiskeproduksjonen i hele lakseførende strekning. Dersom kjørestreategien for økt isdekke videreføres samtidig som laveste ukemiddel for vintervannføring holdes over 20 m<sup>3</sup>/s (slik det i gjennomsnitt har vært de siste årene), antyder våre anslag at den totale smolt-

produksjonen i Altaelva vil øke med 25 % i forhold til uregulert elv, til tross for at smoltproduksjonen i Sautso er redusert med 40 % fra det opprinnelige. Beregningen er basert på at en laveste vintervannføring på 20 m<sup>3</sup>/s gir en 45 % økning i smoltproduksjonen nedenfor Sautso der 75 % av produksjonen foregår, og at redusert isdekke, etter bedring i isforholdene på grunn av manøvreringen, gir en reduksjon i smoltproduksjonen på 40 % i Sautso der 25 % av produksjonen foregår. Prognosen baserer seg på a) at den empiriske sammenhengen mellom minstevannføring og fisketetthet på stasjoner nedenfor Sautso er sann (**figur 3.7**), b) at den empirisk baserte reduksjonen i smoltproduksjon i Sautso (basert på utvikling i ung-fisketetthet, rettet tetthetsfiske etter presmolt samt

estimerer av vinteroverlevelse i Sautso og Vina) etter regulering er sann og at endringer i isdekke er en viktig årsak til denne reduksjonen, og c) at den modellerte gevinsten av økt islegging er i riktig størrelsesorden. Redusert smoltproduksjon i Sautso er godt underbygget både gjennom overvåkningen av fisketettheter på hovedstasjonene, el-fiske etter presmolt på store stasjoner i Sautso og Vina samt ved overlevelsesestimater vinteren 2004-05. Størrelsen på reduksjonen er mer usikker, men vi har vært konservative i våre anslag. Den modellerte gevinsten ved økt isdekke er basert på relativt grove betraktninger og er således usikker, og isdekkeregistreringene er konvertert til relativt grove anslag for isdekkeandel (Asvall 2005).

Vår beste prognose, basert på en manøvrering som gir maksimalt isdekke sammen med en minstevannføring om vinteren på i størrelsesorden  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  (ved Kista), er at smoltproduksjonen i Altaelva som helhet, i gjennomsnitt vil bli minst like stor som før regulering og mulig opp til 25 % høyere. Det meste av den positive endringen har allerede skjedd (økt smoltproduksjon nedenfor Sautso pga. økt vintervannføring), mens resten vil komme når det blir full effekt av økt islegging i Sautso. Basert på dagens kunnskap vurderer vi det imidlertid som sannsynlig at smoltproduksjonen i Sautso vil forbli redusert i forhold til før utbyggingen med det foreslåtte manøvreringsreglementet.

## 6 Vurdering av prøveperioden 2002-2005

I prøveperioden 2002-2005 har det vært utprøvd et nytt tapperegime for å gi økt islegging av Altaelva i Sautso. Effektene av dette tapperegimet på omfang og varighet av isdekke er rapportert av Asvall (2005). Prøveperiodens lengde er for kort til at feltundersøkelser kan gi klare svar på hvilke biologiske effekter det nye tapperegimet har hatt på laksebestanden i Sautso. Den første vinteren med det nye tapperegimet var i 2001-2002. Laksungene vandrer ut i sjøen som smolt, etter 3-5 år i elva (kapittel 3.2.3). Dette innebærer at kun en mindre andel av laksungene som klekket våren 2002, forlot elva som smolt (3-åringer) i 2005.

I løpet av prøveperioden er tettheten av laksunger i Sautso opprettholdt på et rimelig høyt nivå (kapittel 3.2.2). I 2001, altså før prøveperioden, skjedde en markert økning i tettheten av laksunger på de to stasjonene i Sautso. En viktig årsak til dette var økt antall gytefisk på grunn av fang og slipp fiske (kapittel 3.2.2). I perioden 2002-2004 var imidlertid tettheten på den øverste stasjonen nærmest kraftverket, stasjon A16 Svartfossen, fremdeles lavere enn tettheten i referanseårene før utbygging. En sammenlikning av den gjennomsnittlige tettheten av laksunger på elfiskestasjonene i Sautso med stasjonene i resten av elva viser at tettheten av ettåringer i Sautso var like høy eller høyere i årene 1998-2003, men lavere i 2004 (kapittel 3.2.2). Tettheten av toårige laksunger var lavere i Sautso i 1998, 2000 og 2003, mens tettheten av treåringer har vært vesentlig lavere i Sautso enn i resten av elva i hele perioden 1998-2004. Dette tyder på at overlevelsen til eldre laksunger fremdeles er lavere i Sautso enn i øvrige deler av elva, og at smoltproduksjonen dermed er mindre. Undersøkelser av relativ tetthet av presmolt våren 2003 og 2004 bekrefter at tettheten fremdeles er lavere i Sautso enn i Vina/Jøra. Estimaten av vinteroverlevelse til laksunger vinteren 2004-2005 tyder på at overlevelsen til eldre laksunger (29 %) så vel som yngre laksunger (45 %) er lavere i Sautso enn i Gargia (ca 60 % for begge grupper) lengre ned i elva (kapittel 3.2.4).

I perioden 2000-2004 har det i øvre deler av elva skjedd en sterk reduksjon i mengde begroing i vinterperioden i forhold til perioden 1995-1999, samtidig som artssammensetningen er endret. Denne endringen har trolig større sammenheng med endret nærings-salttilgang, enn med den økte isleggingen (se kapittel

3.1), fordi endringen startet allerede før 2001/2002. Endringene i begroing i Sautso har muligens påvirket tilgjengeligheten av byttedyr for laksunger om senvinteren. Laksungenes ernæring i april/mai har de seneste vintrene vært dominert av døgnfluelarver, steinfluelarver og vårfluelarver, i motsetning til på midten av 1990-tallet da små fjærmygglarver utgjorde en vesentlig del av dietten. Et skifte til større næringsdyr om vinteren/våren kan ha bidratt til at energistatusen til laksungene på denne tiden av året har blitt bedre de siste vintrene (kapittel 3.2.4).

Det nye tapperegimet i perioden 2002-2005 gjør at isleggingen i Sautso har økt, men varigheten og omfanget av isdekke er fremdeles vesentlig mindre enn før regulering (Asvall 2005, kapittel 5 denne rapporten). I løpet av de siste årene er det gjennom felt- og laboratoriestudier fremskaffet ny kunnskap om betydningen av endrede miljøforhold om vinteren for laksungene i Sautso (kapittel 3.2.4, Finstad et al. 2005). Feltstudier utført om vinteren i Altaelva har påvist energiavhengig dødelighet hos laksunger i Sautso (kapittel 3.2.4). Laboratorieforsøk har videre vist at det er sannsynlig at redusert isdekke i øvre deler av Altaelva har bidratt til nedgangen i produksjon av laksunger etter reguleringen. Estimaten av vinteroverlevelse vinteren 2004-2005 bekrefter at overlevelsen av eldre laksunger er lavere i Sautso enn i Gargia lengre ned i elva. Disse resultatene har sannsynliggjort at endrede miljøforhold om vinteren som følge av reguleringen, har vært og fremdeles er en viktig dødelighetsfaktor for laksunger i Sautso. De mulige effektene av det nye tapperegimet på smoltproduksjonen i Sautso er detaljert behandlet i kapittel 5.

Reguleringen av Altaelva har ført til endringer i vanntemperatur og lysforhold (redusert isdekke) i Sautso om vinteren og våren. Begge disse miljøparametrene påvirker tidspunktet for laksens smoltifisering. I øvre del av Altaelva (Sautso) har temperaturen økt om vinteren (desember - mars) og avtatt i siste halvdel av mai, juni og juli. Forsøk, ved blant annet settefiskanlegget i Talvik, har vist at lavere vanntemperaturer om våren kan forsinke smoltifiseringen hos laks, men at fravær av isdekke kan framskynde smoltifiseringen (Finstad & Nilsen 1998).

Undersøkelsene av smoltutvandring i Altaelva vintrene 2004 og 2005 viser at smolt vandret suksessivt ut, først fra nedre deler og senere fra områder oppover i elva, slik at smolt fra Sautso i gjennomsnitt

forlater elva sist (kapittel 3.4.2). Vi kjenner ikke til om dette mønsteret avviker fra utvandringsmønsteret før reguleringen. Den reduserte vanntemperaturen i øvre deler av elva om våren, før smolten vandrer, kan imidlertid ha ført til senere utvandring enn lengre ned hvor vanntemperaturen er mer uforandret. På grunn av predasjon i sjøen, hvor smolten risikerer å bli spist av annen fisk (Hvidsten & Lund 1988), kan det være fordelaktig for smolten fra Sautso å gå ut til samme tid som i de nedre delene av vassdraget.

Tidligere maksimum grenser for økning i vannføring før vårflommen har vært 33 m<sup>3</sup>/s og i senere år 38 m<sup>3</sup>/s. I 2004 og 2005 har det vært gjennomført en tappestrategi hvor vannføringen på senvinteren er økt ut over tidligere grenser på 33/38 m<sup>3</sup>/s. Hensikten har blant annet vært å undersøke hvordan økt vannføring påvirker isløsningen i de nedre deler av elva slik at mer av magasinet kan utnyttes før vårflommen. En slik tappestrategi gjør at isdekket i de nedre deler av elva sannsynligvis forsvinner tidligere enn det ville gjort under naturlige forhold. Dette kan være uheldig for fisken av to årsaker. For det første kan det gi økt vinterdødelighet på grunn av kortere periode med isdekket elv (på samme måte som i Sautso) (kapittel 3.2.4). Åpningen av elva skjer på senvinteren når laksungene også i de nedre deler har dårlig kondisjon. Forstyrrelser i energibalansen kan derfor gi økt dødelighet. Effekten av en tidligere åpning av elva på bestanden av laksunger avhenger av hvor mye tidligere elva åpnes sammenliknet med en mer naturlig tappestrategi. Antar vi at økningen i vannføring gir 2-4 uker tidligere isløsning (10-20 % reduksjon i isdekket periode) vil dette, basert på sammenhengen mellom vinteroverlevelse og varighet av isdekke i Finstad et al. (2005), teoretisk redusere vinteroverlevelsen med 5 til 10 % i områdene nedenfor Sautso. En slik direkte overføring av prediksjoner fra en modell basert på laboratoriestudier til Altaelva er usikker, men betraktningene antyder at tidligere åpning av elva kan være et problem.

Det andre potensielle problemet med tidligere isløsning er at fjerning av isdekket i de nedre deler av elva kan gjøre at laksungene blir mer utsatt for predasjon fra fiskespisende fugl (kapittel 3.6). Dette forutsetter at fuglene kommer tidligere til vassdraget hvis det blir åpent, noe vi ikke har kunnskap om.

I 2004 og 2005, da vannføringen økte utover 38 m<sup>3</sup>/s, skjedde en markant reduksjon i vannføring senere på

vinteren. Senvinteren 2004 ble vannføringen økt til mer enn 38 m<sup>3</sup>/s den 17. april og nådde en topp på 63 m<sup>3</sup>/s i slutten av måneden. Deretter ble vannføringen senket til 41 m<sup>3</sup>/s. Tilsigsøkningen i forbindelse med vårflommen kom få dager senere. Senvinteren 2005 ble vannføringen økt til mer enn 38 m<sup>3</sup>/s den 12. april, og vannføringen nådde en topp på 60 m<sup>3</sup>/s fire dager senere. Deretter ble vannføringen senket til om lag 27 m<sup>3</sup>/s i midten av mai. Tilsigsøkningen i forbindelse med vårflommen kom om lag en uke senere.

Vi har ikke kunnskapsgrunnlag fra Altaelva eller andre vassdrag som gjør at vi sikkert kan si hvordan slike vannstandsreduksjoner om våren påvirker laksungene. Basert på generell kunnskap om laksungers atferd og fysiologi og undersøkelsene av fysiologisk kondisjon om vinteren i Altaelva er det imidlertid to forhold som tilsier at slike vannføringsreduksjoner potensielt kan være uheldig for laksungene. For det første skjer reduksjonene i en periode når fisken har dårlig fysiologisk kondisjon slik at ekstra stress med økte overlevelseskostnader kan medføre ekstra dødelighet. I forsøk i en kunstig elvestrekning fant Flodmark et al. (2002) moderate og kortvarige fysiologiske stressreaksjoner hos ørretunger ved senking av vannføring. Forsøkene var ble gjennomført slik at vannstandsreduksjonen ikke ga tørrlagte arealer. I karforsøk med ørret eksponert for kombinasjoner av daglige fluktuasjoner i vannstand og vanntemperatur fant Flodmark et al. (2004) negative effekter på vekst og næringsinntak og tildels vektseffektivitet (som tyder på økt stoffskifte). Begge forsøkene tyder altså på at store endringer i vannstand kan gi negative effekter på laksefisk, men resultatene er ikke direkte overførbare til Altaelva. På den ene side var hastigheten av vannstandsreduksjonene mye større i forsøkene enn endringene er i Altaelva. På den andre side ga reduksjonene i vannstanden endringer i vanddekt areal i forsøkene, mens slike reduksjoner vil finne sted i Altaelva. I en slik situasjon kan stress og energimessige kostnader oppstå ved at fisken må flytte på seg og finne nye oppholdssteder i konkurranse med andre individer (se Flodmark et al. 2004 for en nærmere diskusjon og flere referanser). Studiene gir således ikke grunnlag for konklusjoner om hvordan store reduksjoner i vannføring om senvinteren/våren kan påvirke vinteroverlevelsen i Altaelva, men de tyder på at det potensielt kan oppstå negative effekter på energibalansen.

Stranding er en annen potensiell negativ effekt av store reduksjoner i vannføring. Elektrofiske på stigende vannføring om vinteren og våren har vist at fisken gradvis tar i bruk oversvømte områder. Når vannføringen deretter avtar vil det kunne være risiko for at fisk blir fanget under landis eller i bakevjer og sidefar som tørrelegges. Aktivitetsnivået til laksunger er lavt ved lave vintertemperaturer, spesielt på dagtid når fisken ligger i skjul (Heggenes 1996). Risikoen for stranding er størst ved raske og store vannføringsreduksjonene og når reduksjonene skjer på dagtid (Saltveit et al. 2001, Halleraker et al. 2003). De reduksjonshastigheter som er gjennomført i prøveperioden og forslått i reglementet, er imidlertid langt lavere enn anbefalte grenseverdier for vintersituasjoner (10 cm per time) i Halleraker et al. (2003). Halleraker et al. (2003) anbefaler også at nedkjøringene primært bør skje om natta fordi fiskene er aktive i mørke. Dette er trolig mindre relevant for Altaelva der daglengden er ca 16 timer og økende fra midten av april (når de største vannstandsreduksjonene kan komme), og hvor det ikke er særlig mørkt om natta (midnattssol ca 15. mai). Forsøkene til Saltveit et al. (2001) og Halleraker et al. (2003) er gjennomført med fisk fra Midt-Norge og i isfrie vassdrag. Vi har ikke kunnskap om hvor sensitive laksunger fra Altaelva er for reduksjoner i vannføring om vinteren, hvor lysforholdene kan gi andre aktivitetsmønstre og hvor isforhold kan komplisere habitatstrukturen. Ut fra mangelen av spesifikk kunnskap fra Altaelva og andre isdekte elver konkluderer vi at også stranding er et potensielt problem ved store vannstandsendringer om sen vinteren/våren. Sannsynligheten for at dette vil oppstå avtar dersom vannføringsendringene reduseres og endringene skjer sakte.

## 7 Faglige kommentarer til foreslåtte manøvreringsreglement

NINAs mandat er å gi fiskefaglige vurderinger av det foreslåtte manøvreringsreglementet for Altaelva kraftverk med spesielt fokus på produksjon av laks. De fiskebiologiske vurderingene gjelder for effekter av det foreslåtte manøvreringsreglementet på lakseførende strekning. Mulige effekter på fiskebestanden i reguleringsmagasinet er ikke vurdert. I våre vurderinger legger vi spesielt vekt på effekten av minste vannføring, maksimum vannføring, vannføringsendringer og islegging, samt produksjon av laks i Sautso avveid mot resten av lakseførende strekning.

Vi skal først gi faglige vurderinger som gjelder den generelle utforming av reglementet og deretter vurdere forhold som mer spesielt går på reglementets tre perioder.

### Generelle kommentarer til reglementet

De påfølgende kommentarer og anmerkninger er generelle og uavhengig av de ulike manøvreringsperiodene.

- I forslaget til endelig manøvreringsreglement er "manøvreringsrådet" fjernet. "Manøvreringsrådet" har fungert som et faglig forum hvor ulike manøvreringstrategier har vært diskutert. Manøvreringen har skjedd i samråd med en fiskesakkyndig utpekt av fylkesmannen. Ordlyden i forslaget til manøvreringsreglement, spesielt i vinter- og vårperioden fram til vårfloppen, er skrevet slik at det kan være rom for ulike fortolkninger (se neste punkt). Hvis det endelige manøvreringsreglementet gir rom for ulike fortolkninger og/eller gir rom for ulike kjørestrategier av kraftverket, vil et "manøvreringsråd" bedre mulighetene til å ivareta de fiskebiologiske interessene.
- For at reglementet skal være entydig i sin utforming er det ønskelig at utformingen blir mer presis. Manøvreringsreglementet er i dag utformet slik at det kan gi rom for ulik tolkning. Dette kan skape usikkerhet om hvorledes vannføringen vil bli for de biologiske interessene i vassdraget. Det bør legges vekt på at reglementet er entydig og kriterier objektive. En nærmere presisering (definisjon) av hva en

mener med blant annet følgende uttrykk er ønskelig (uthevet og kursiv):

- **Start tilsigsøkning**
- **Begynnende islegging**
- **Senvinteren**
- **Avhengig av isforholdene**, normalt fra månedskiftet januar/februar, kan vannføringen.....(NINAs kommentar: *Hva som menes med avhengig av isforholdene bør forklares nærmere.*)
- Begynnelsen og slutten på **isleggingstiden** bør være klart definert, og ikke være avhengig av kjørestrategier i kraftverket.
- Endring i vannføring skal fordeles **så langt det teknisk lar seg gjøre** over døgnet.  
(NINAs kommentar: *Det er uklart hva som menes med teknisk mulig og hvilke begrensninger som ligger i dette.*)

- Minste vannføringer, maksimum vannføringer og begrensninger på opp og nedkjøring må komme klart fram av reglementet og klart defineres for alle deler av de tre periodene.
- Erfaringsmessig vil det skje avvik fra det vedtatte reglementet, for eksempel ved at turbiner skrus av ved uhell eller uforutsette hendelser. Det er derfor viktig at det foreligger prosedyrer for hvorledes manøvreringen (f.eks. for opp- og nedkjøring) skal skje ved uforutsette hendelser. Reglementet bør stadfeste at slike prosedyrer blir utarbeidet i samråd med fiskesakkyndige.

### Kommentarer til foreslåtte manøvrering i ulike perioder

Det foreslåtte manøvreringsreglementet er delt inn i tre perioder: 1) Vinter, 2) vår, og 3) sommer og høst. I det påfølgende skal vi gå gjennom de ulike periodene og kommentere forhold ved den foreslåtte manøvreringen som kan være uheldig for fisken. Etter vår vurdering vil forslaget til manøvrering av kraftverket ha størst innvirkning på laksebestanden i vinter- og vårperioden fram til naturlig vårflopp.

#### Vinter

#### Statkraft Energis forslag til manøvrering

**Periodens lengde:** *Fra begynnende islegging i nedre del av elva til start tilsigsøkning om våren.*

## Vannføring

**Maksimum:** Fra start av perioden reduseres vannføringen gradvis til maksimal driftvannsføring som ikke kan overstige  $38 \text{ m}^3/\text{s}$ , eller tilsig dersom dette er større enn  $38 \text{ m}^3/\text{s}$ . Det er ingen maksimum vannføring fra åpning av elva i halve strømdraget til start tilsigsøkning.

**Minimum:** Fra starten av perioden reduseres vannføringen gradvis til minimum  $18 \text{ m}^3/\text{s}$ . På senvinteren (etter isleggingsperioden) kan vannføringen bli lik tilsiget, men ikke gå under  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Vannstandsendringer:** Ved vannføringer mellom  $18$  og  $38 \text{ m}^3/\text{s}$  skal opp- og nedkjøring ikke skje raskere enn  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  pr døgn. Ved vannføring fra  $10$  til  $18 \text{ m}^3/\text{s}$  skal nedkjøring ikke skje raskere enn  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  per døgn. Endringen skal fordeles så langt det lar seg gjøre over døgnet. Ved tømning av reguleringsmagasin er maksimal reduksjon i vannføring  $10 \%$  per døgn for vannføringer fra  $38$  til  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $3,8\text{--}5,0 \text{ m}^3/\text{s}$  pr døgn). Ved vannføringer over  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  er maksimal reduksjon i vannføring  $15 \%$ .

**Tømning av reguleringsmagasin:** Økning i vannføring ut over  $38 \text{ m}^3/\text{s}$  kan skje når elva i strømdraget er blitt åpen i mer enn halve elvas lengde. Økning i vannføringen i isleggingsperioden skal så langt det lar seg gjøre unngås.

**Anmerkning:** Kraftverket skal kjøres slik at det oppnås størst mulig grad av islegging i Sautso.

## NINAs kommentarer til vinterperioden og vårperioden fram til vårflommen

### Generelt

Vinter og vår, fram til vårflommen, antas som den mest kritiske perioden for laksungene i Sautso, og i den øvre delen av lakseførende strekningen har laksungenes levevilkår blitt forringet blant annet fordi elva går isfri om vinteren (kapittel 3.2.4). Forslaget til manøvreringsreglement vil øke isleggingen om vinteren, men partier vil fremdeles være isfri i deler av eller hele vinteren (kapittel 3.2.4, 5 og 6). Produksjon av laksunger har imidlertid økt på strekninger nedenfor Sautso (kapittel 5). Den viktigste grunnen til dette er trolig en høyere minstevannføring om vinteren (kapittel 5).

Ut fra et fiskefaglig synspunkt bør manøvreringen i vinterperioden etterstrebe størst mulig grad av islegging i Sautso samtidig som vannføringen holdes stabil og høy i hele lakseførende strekning (kapittel 5).

Avhengig av lufttemperatur, vannføring og tilsig vil en kun i varierende grad lykkes med å islegge Sautso fra midten av desember til slutten av mars, det vil si i isleggingsperioden. Selv med optimal kjøring etter foreslåtte reglement vil en ikke oppnå islegging i Sautso tilsvarende uregulert elv. Fra vanligvis slutten av mars er sannsynligheten for islegging svært lav da det slippes varmere vann fra nedre lukeinntak i dammen.

I henhold til det foreslåtte reglementet skal minstevannføringen fra begynnelsen av vinterperioden fram til senvinteren være  $18 \text{ m}^3/\text{s}$  sluppet gjennom kraftverket. Dette er tilnærmet lik minstevannføringen vi anbefaler for hele vinterperioden ( $20 \text{ m}^3/\text{s}$  målt ved Kista vannmerke, se kapittel 5). Den anbefalte minstevannføring på  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  er relativt lik vintervannføringen i isleggingsperioden i prøveperioden 2002-05 (henholdsvis 23, 18, 19,  $26 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Ved å benytte en minstevannføring på  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  vil det være mulig å bedre isleggingsforholdene i Sautso samtidig som de gode produksjonsforholdene for laks i nedenforliggende områder opprettholdes.

Fra elva i strømdraget er blitt åpen i mer enn halve elvas lengde kan vannføringen i henhold til reglementet økes ut over  $38 \text{ m}^3/\text{s}$  for å benytte restvannet i magasinet. Tømning av magasinet har de to siste årene av prøveperioden 2002-05 ført til en markant reduksjon i vannføring før vårflommen (2004: fra  $63 \text{ m}^3/\text{s}$  til  $41 \text{ m}^3/\text{s}$ ; 2005: fra  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  til  $27 \text{ m}^3/\text{s}$ ). En slik reduksjon i vannføringen i vinter- og vårperioden er potensielt uheldig for laksungene og skjer i fiskens mest sårbare periode (kapittel 3.2.4 og 4.3.2). I Sautso er laksungene og presmolt i spesielt dårlig kondisjon på denne tiden da fiskens energistatus er tildels sterkt redusert (kapittel 3.2.4). Større reduksjoner i vannføring vil kunne føre til økt stress og forbruk av energi for laksungene når de må skifte leveområde (kapittel 3.2.4 og 6). Store tørrlagte arealer kan også forårsake at fisk blir fanget i områder under isen og i dammer som tørrlegges (kapittel 6). Større reduksjoner i vannføring vil derfor kunne ha en negativ innvirkning på laksungenes overlevelse. Ut fra tilgjengelig kunnskap på området er det imidlertid vanskelig å kvantifisere denne effekten på fiskebestanden.

Reduksjoner i vannføring under tapping av magasinet kan oppstå hvis prognosene for vårflommens tidspunkt ikke slår til, og den naturlige vårflommen blir seinere enn antatt. For å unngå uheldige reduksjoner i vannføringen bør reguleringsmagasinet til enhver tid ha vannreserver til å kunne møte en forsinket flom uten



at en blir nødt til å redusere vannføringen. Høyere vannføring fører til raskere nedtapping av magasinet og større krav til prognosene.

Tappestrategier som medfører tidligere isfrie områder nedfor Sautso enn tilfellet ville være under naturlige forhold, kan også ha en negativ virkning på laksungenes overlevelse på grunn av lysindusert dødelighet og økt predasjon fra fugl. Disse forholdene er diskutert i kapittel 3.6 og 6. Effekten av å åpne elva tidligere enn under naturlige forhold i områdene nedenfor Sautso bør derfor vurderes når en planlegger strategier for å tappe restvannet fra magasinet.

Ut fra ønsker om 1) å redusere for tidlig isløsning og åpning av elva om våren, og 2) å redusere sannsynligheten for markante reduksjoner i vannføring før vårflommen, kan det settes en øvre grense for vannføringen fram til den naturlige vårflommen (i vårperioden). Ut fra det øvrige vinterreglementet vil vi anbefale at maksimal driftsvannføringen under tapping av magasinet på slutten av vinterperioden og begynnelsen av vårperioden er  $38 \text{ m}^3/\text{s}$  eller naturlig tilsig ved høyere vannføring. Fordi det kan oppstå situasjoner hvor en er nødt til å redusere vannføringen, og fordi vannføringen påvirker fiskens overlevelse (kapittel 5), vil vi anbefale en minste vannføring på  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  for vinterperioden også etter tilsigsøkning og i vårperioden.

Generelt for hele vinter- og vårperioden anbefaler vi en minste vannføring på  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  målt ved Kista. I de samme perioder anbefaler vi at maksimum vannføring etter nedkjøring i begynnelsen av vinterperioden skal være  $38 \text{ m}^3/\text{s}$  eller opptil tilsig ved høyere tilsig enn  $38 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Spesielt

- Reglementet sier ikke noe om hvordan vannstands- endringer skal skje ved tilsig over  $38 \text{ m}^3/\text{s}$ . Etter NINAs oppfatning bør dette skje som ved vannføringer mellom  $18$  og  $38 \text{ m}^3/\text{s}$ ; det vil si opp- og nedkjøring skal ikke skje raskere enn  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  pr døgn eller maksimalt lik tilsig ved fullt magasin.
- Reglementet sier ikke noe om hvordan oppkjøring av vannføring mellom  $10$  og  $18 \text{ m}^3/\text{s}$  skal skje. Reglementet beskriver bare grensen for nedkjøring. Etter NINAs oppfatning bør grensen for oppkjøring være som for nedkjøring mellom  $18$  og  $38 \text{ m}^3/\text{s}$ ; det vil si oppkjøring skal ikke skje raskere enn  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  per døgn.

- Markante reduksjoner i vannføring ved tømning av reguleringsmagasinet kan potensielt være uheldig for laksungene (se over). Hvis det endelige reglementet ikke setter en maksimum vannføring på  $38 \text{ m}^3/\text{s}$ , eller grensen blir høyere ved tømning av reguleringsmagasinet før vårflommen, anbefaler vi at begrensningene for nedkjøring mellom  $38$  og  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , det vil si maksimal reduksjon på  $10\%$  pr døgn, også gjelder for vannføringer over  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## Vår

### Statkraft Energis forslag til manøvrering

**Periodens lengde:** Fra start tilsigøkning om våren til fullt magasin.

#### Vannføring

Gradvis økning til full driftsvannføring, med gradvis oppfylling av magasinet. Overgangen til naturlig vårflom skal ikke bli for brå.

### NINAs kommentarer til vårperioden

I det foreslåtte reglementet er det ikke angitt noen minste eller maksimum vannføringer i noen deler av perioden. Vi henviser til anmerkninger gjort under vinterperioden og anbefaler en minste vannføring på  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  og en maksimum vannføring på  $38 \text{ m}^3/\text{s}$  eller opp til lik tilsig ved høyere tilsig enn  $38 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## Sommer og høst

### Statkraft Energis forslag til manøvrering

**Periodens lengde:** Fra fullt magasin til begynnende islegging i nedre del av elva.

#### Vannføring

Vannføringen lik tilsiget. Spesielt skal vannføringen holdes lik tilsiget i perioden 10. juni til 15. juli.

### NINAs kommentarer til sommer- og høstperioden

Etter vår fiskebiologiske vurdering er reglementet i sommer- og høstperioden godt utformet og vil ta hensyn til laksens interesser.

## 8 Referanser

- Anon. 1997. Rettsbok for Alta herredsrett. Skjønn vedrørende laksefisket. - Sak nr. 315/92B (18/79B), avhjemlet 2. og 3. mai 1997. 105 s.
- Armstrong, J.D. & Stewart, D.C. 1996. The relationship between first vertebra width and body length of Atlantic salmon differs between parr and smolts. - J. Fish Biol. 49: 1038-1040.
- Arnekleiv J.V., Kjærstad, G., Rønning, L., Koksvik, J. & Urke, H.A. 2000. Fiskeribiologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-1999. - Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 2000-3. 99s.
- Assel, R., Cronk, K. & Norton, D. 2003. Recent trends in Laurentia Great Lake ice cover. - Climatic Change 57: 185-204.
- Asvall, R.P. 1998. Endringer i vanntemperatur og isforhold. - s. 64-70 i: T.F. Næsje (red.), Altalaksen. Kultur, kraftutbygging og livsmiljø. Bidrag til konferansen "Altaelva 10 år etter". Alta kommune. 164 s.
- Asvall, R.P. 2005. Altautbyggingen. Vanntemperatur og isforhold ved bruk av øvre inntak om vinteren. - Rapport (in prep.). Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Asvall, R.P. & Kvambekk, Å.S. 2001. Ny strategi for tapping av Altamagasinet om vinteren. Endring av vanntemperatur- og isregimet fra utløpet av kraftstasjonen i Savco ved utvidet bruk av øvre inntak. - NVE Oppdragsrapport nr 10. Norges vassdrags- og energidirektorat. 19 s.
- Berg, O.K. & Bremset, G. 1998. Seasonal changes in the body composition of young riverine Atlantic salmon and brown trout. - J. Fish Biol. 52: 1272-1288.
- Bergersen, R. 1987. Bunnfauna og ernæring hos laksunger i Altaelva nedenfor demningen, 1984-1986. - Tromsø, Naturvitenskap 60: 1-69.
- Bergersen, R. 1992. Bunndyr og ernæring hos laksunger i Altaelva, 1980-1992. - Tromsø, Naturvitenskap 71: 1-45.
- Blenckner, T., Omstedt, A. & Rummukainen, M. 2002. A Swedish case study of contemporary and possible future consequences of climatic change on lake function. - Aquat. Sci. 64: 171-184.
- Boe, C.A. 1985. Sakkyndig uttalelse om vanntemperatur og isforhold. - Altautbyggingen, skjønnsrapport, Bodø. 81 s.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rassmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - Theory and practice with special emphasis on salmonids. - Hydrobiologia 173: 9 - 43.
- Brodtkorb, E. 2002. Vannstandsfluktasjoner i Altaelva ved Sautso 1991 - 2002. - SG-Rapport S7092G-R01/02. Statkraft Grøner. 16 s + vedlegg.
- Crisp, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for eggs of five species of salmonid fishes. - Freshw. Biol. 11: 361-368.
- Cunjak, R.A., Prowse, T.D. & Parrish, D.L. 1998. Atlantic salmon (*Salmo salar*) in winter: "the season of parr discontent"? - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55(Suppl. 1): 161-180.
- Dahl, R. & Korbøl, B. 1993. Altautbyggingen - Fiskeskjønn. Sakkyndig uttalelse om regulerings innvirkning på erosjonsforholdene i Altaelva. - Elvegard/Oslo 5. februar 1993.
- Dionne, M. & Dodson, J.J. 2002. Impact of exposure to a simulated predator (*Mergus merganser*) on the activity of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a natural environment. - Can. J. Zool. 80: 2006-2013.
- Einum, S. & Nislow, K.H. 2005 Local-scale density-dependent survival of mobile organisms in continuous habitats: an experimental test using Atlantic salmon. - Oecologia 143: 203-210.
- Erikstad, L., Storeid, S.-E. & Hansen, L.P. 1999. Estimering av produksjonen av laksesmolt i norske vassdrag ved hjelp av GIS. - NINA Oppdragsmelding 602. 10 s.
- Feltham, M.J. 1995. Consumption of Atlantic salmon smelts and parr by goosanders: estimates from doubly-labelled water measurements of captive birds released on two Scottish rivers. - J. Fish Biol. 46: 273-281.
- Finstad, A.G., Forseth, T., Næsje, T. & Ugedal, O. 2004a. The importance of ice cover for energy turnover in juvenile Atlantic salmon. - J. Anim. Ecol. 73: 959-966.
- Finstad, A.G., Ugedal, O., Forseth, T. & Næsje, T. 2004b. Energy related juvenile winter mortality in a northern population of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61: 2358-2368.
- Finstad, A.G., Forseth, T., Næsje, T.F. & Ugedal, O. 2005. Effekter av isdekke på vinteroverlevelse til laksunger i Altaelva. - NINA Rapport 57. 23 s.
- Finstad, B. & Nilsen, S.T. 1988. Smoltproduksjonsforskning med laks - 1997. - NINA Oppdragsmelding 558. 44 s.
- Fiske, P. & Jensen, A.J. 2004. Mot en modell for sammenhengen mellom vannføring og fiskeproduksjon. - NVE, Rapport Miljøbasert Vannføring 7-2004. 30 s.

- Fjeldså, J. 1977. Guide to the young of European precocial birds. - Skarv Nature Publications, Tisvildeleje.
- Flodmark, L.E.W., Vøllestad, L.A. & Forseth, T. 2004. Performance of juvenile brown trout exposed to fluctuating water level and temperature. - J. Fish. Biol. 65: 460-470.
- Flodmark, L.E.W., Urke, H.A., Halleraker, J.H., Arnekleiv, J.V., Vøllestad, L.A. & Poleo, A.B.S. 2002. Cortisol and glucose responses in juvenile brown trout subjected to a fluctuating flow regime in an artificial stream. - J. Fish Biol. 60: 238-248.
- Forseth, T., Næsje, T.F., Jensen, A.J., Saksgård, L. & Hvidsten, N.A. 1996. Ny forbitappingsventil i Alta kraftverk: Betydning for laksebestanden. - NINA Oppdragsmelding 392. 26 s.
- Forseth, T., Næsje, T.F., Saksgård, R., Ugedal, O., Aursand, M., Thorstad, E.B. & Hørsaker, K. 2000. Fettforbrenning og fysiologisk kondisjon hos laksunger fra Altaelva. - Altaelva-rapport nr. 14. Statkraft Engineering. 37 s.
- Fraser, N.H.C. & Metcalfe, N.B. 1997 The cost of becoming nocturnal: feeding efficiency in relation to light intensity in juvenile Atlantic salmon. - Func. Ecol. 11: 385-391.
- Gardiner, V.R. & Geddes, P. 1980. The influence of body composition on the survival of juvenile salmon. - Hydrobiologia 69: 67-72.
- Gibson, R.J. 1993. The Atlantic salmon in fresh water: spawning, rearing and production. - Rev. Fish. Biol. Fish. 6: 379-416.
- 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.
- Gjershaug, J.O., Thingstad, P.G., Eldøy, S. & Byrkjeland, S. 1994. Norsk fugleatlas. - Norsk Ornitologisk Forening, Klæbu.
- Haftorn, S. 1971. Norges fugler. - Universitetsforlaget, Oslo.
- Halleraker, J.H., Saltveit, S.J., Harby, A., Arnekleiv, J.V., Fjeldstad, H.-P. & Kohler, B. 2003. Factors influencing stranding of wild juvenile brown trout (*Salmo trutta*) during rapid and frequent flow decreases in an artificial stream. - Reg. Rivers: Res. & Mgmt. 19: 589-603.
- Härkönen, T. 1986. Guide to the otoliths of the bony fishes of the Northeast Atlantic. - Danbiu ApS. Biological Consultants, Hellerup, Danmark.
- Heggberget, T.G. 1989. The population structure and migratory system of Atlantic salmon *Salmo salar*, in the River Alta, North Norway. A summary of the studies 1981 -1986. - s. 124-139. i: E. Brannon & B. Jonsson (red.) Proceedings of the Salmonid Migration and Distribution Symposium. Trondheim, Norway, juni 1987. University of Washington, Seattle, WA.
- Heggberget, T.G., Hansen, L.P. & Næsje, T.F. 1988. Within-river spawning migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 1691-1698.
- Heggberget, T.G., Lund, R.A., Ryman, N. & Ståhl, G. 1986. Growth and genetic variation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from different sections of the River Alta, Norway. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1828 - 1835.
- Heggberget, T.G., Økland, F. & Ugedal, O. 1996. Prespawning migratory behaviour of wild and farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a north Norwegian river. - Aquacult. Res. 27: 313-322.
- Heggenes, J. 1996. Habitat selection by brown trout (*Salmo trutta*) and young Atlantic salmon (*S. salar*) in streams: static and dynamic hydraulic modelling. - Reg. Rivers: Res. & Mgmt. 12: 155-169.
- Hesthagen, T., Ousdal, J.-O. & Bergheim, A. 1986. Smolt production of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) in a small Norwegian river influenced by agricultural activity. - Polish Arch. Hydrobiol. 33: 423-432.
- Hoar, W.S. 1988. The physiology of smolting salmonids. - p. 275-343 i: Hoar, W. S and D. J. Randall (red.) Fish physiology: The physiology of developing fish. Viviparity and posthatching juveniles, volume XIB. Academic Press, New York.
- Huru, H. 1984. Konesjonsundersøkelser i Alta-Kautokeinovassdraget 1980-1983. Bunnfauna og ernæring hos laksunger. - Tromsø, Naturvitenskap 41: 1-103.
- Hvidsten, N.A. 1993. High winter discharge after regulation increases production of Atlantic salmon smolts in the river Orkla. - Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 118: 175-177.
- Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T.G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation 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 referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. Samlerapport for perioden 1979 - 2002. - NINA Fagrapport 079. 94 s.
- Hvidsten, N.A. & Lund, R.A. 1988. Predation on hatchery-reared and wild smolts of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the estuary of River Orkla, Norway. - J. Fish Biol. 33: 121-126.
- Hvidsten, N.A. & Møkkelgjerd, P.I. 1987. Predation on salmon smolts, *Salmo salar* L., in the estuary of the River Surna, Norway. - J. Fish Biol. 30: 273-280.
- IPCC 2001. Climate change 2001: the scientific basis. - Cambridge University Press.
- Jensen, A.J. 2004. Geografisk variasjon og utviklingstrekk i norske laksebestander. - NINA Fagrapport 80. 79 s.
- Jensen, A.J. 2003. Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the regulated River Alta: effects of altered water temperature on parr growth. - River Res. Applic. 19: 733-747.
- Jensen, A.J., Finstad, B., Hvidsten, N.A., Jensås, J.G., Johnsen, B.O., Lund, E. & Holte, E. 2004. Fiskebiologiske undersøkelser i Auravassdraget. Årsrapport 2003. - NINA Oppdragsmelding 813. 35 s.
- Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Saksgård, L. 1989. Temperature requirements in Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), and Arctic char (*Salvelinus alpinus*) from hatching to initial feeding compared with geographic distribution. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 786-789.
- Jensen, A.J., Zubchenko, A.V., Heggberget, T.G., Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O., Kuzmin, O., Loenko, A.A., Lund, R.A., Martynov, V.G., Næsje, T.F., Sharov, A.F. & Økland, F. 1999. Cessation of the Norwegian drift net fishery: changes observed in Norwegian and Russian populations of Atlantic salmon. - ICES J. Mar. Sci. 56: 84-95.
- Jensen, J.W. & Koksvik, J.I. 1992. Rapport fra forsøk med korttidsregulering av Altaelva 07.04.92. - Trondheim 29.04.92.
- Jonsson, B. 1976. Comparison of scales and otoliths for age determination in brown trout, *Salmo trutta* L. - Norw. J. Zool. 24: 295-301.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1998a. Long-term study of the ecology of wild salmon smolts in a small Norwegian stream. - J. Fish Biol. 52: 638-650.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1998b. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. - J. Anim. Ecol. 67: 751-762.
- Kålås, J.A., Heggberget, T.G., Bjørn, P.A. & Reitan, O. 1993. Feeding behaviour and diet of goosanders (*Mergus merganser*) in relation to salmonid seaward migration. - Aquat. Living Resour. 6: 31-38.
- L'Abée-Lund, J.H. 1988. Otolith shape discriminates between juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L. - J. Fish Biol. 33: 899-903.
- L'Abée-Lund, J.H. & Jensen, A.J. 1993. Otoliths as natural tags in the systematics of salmonids. - Environ. Biol. Fish. 36: 389-393.
- Larsen, T. & Lund, F.R. 1997. Parasitter i laksyngel fra Altaelva. - HiF-Forskning 1997-3. 40 s.
- Larsen, T. & Lund, F.R. 2001. Øyeikter i laksyngel fra Altaelva - framdriftsrapport for 2000. - Altaelva - Rapport nr. 19. Statkraft Grøner. 24 s.
- Lorentsen, S.-H. & Nygård, T. 2001. Det nasjonale overvåkingsprogrammet for sjøfugl. Resultater fra overvåkingen av overvintrende sjøfugl fram til 2000. - NINA Oppdragsmelding 717. 62 s.
- Næsje, T.F., Finstad, B., Jensen, A.J., Koksvik, J.I., Reinertsen, H., Saksgård, L., Aursand, M., Forseth, T., Heggberget, T.G. & Hvidsten, N.A. 1998. Fiskeribiologiske undersøkelser i Altaelva 1981 - 1998. - Altaelva-rapport nr. 9. Statkraft Engineering. 159 s.
- Magnell, J.-P. 1998. Manøvreringens innvirkning på hydrologien. - s. 56-63 i: T.F. Næsje (red.), Altalaksen. Kultur, kraftutbygging og livsmiljø. Bidrag til konferansen "Altaelva 10 år etter". Alta kommune. 164 s.
- Magnuson, J.J., Robertson, D.M., Benson, J.B., Wynne, R.H., Livingstone, D.M., Arai, T., Assel, R.A., Barry, R.G., Card, V., Kuusisto, E., Granin, N.G., Prowse, T.D., Stewart, K.M. & Vuglinski, V.S. 2000. Historical trends in lake and river ice cover in the Northern hemisphere. - Science 289: 1743-1746.
- McCormick, S.D. & Saunders, R.L. 1987. Preparatory physiological adaptations for marine life of salmonids: osmoregulation, growth and metabolism. - Am. Fish. Soc. Symp. 1: 211-229.
- McKinnell, S., Pella, J.J. & Dahlberg, M.L. 1997. Population-specific aggregations of steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the North Pacific Ocean. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 2368-2376.

- Metcalfe, N.B., Fraser, N.H.C. & Burns, M.D. 1999. Food availability and the nocturnal vs. diurnal foraging trade-off in juvenile salmon. - J. Anim. Ecol. 68: 371-381.
- Middlemas, S.J. & Armstrong, J.D. 2002. Reconstructing the lengths of juvenile Atlantic salmon from atlas bones: estimating the parr to smolt ratio from regression analyses revisited. - J. Fish Biol. 60: 134-138.
- Miranda, L.E. & Hubbard, W.E. 1994. Length dependent winter survival and lipid composition of age-0 largemouth bass in Bay Springs Reservoir, Mississippi. - Trans. Am. Fish. Soc. 123: 80-87.
- Moen, K. 1983. Fiskeendens (*Mergus merganser* L. og *M. serrator* L.) beskatning av laksunger (*Salmo salar* L.) i Altaelva. - Hovedfagsoppgave, Universitetet i Tromsø. 63 s.
- Muladal, R. 2003. Fiskeribiologiske etterundersøkelser i Reisaelva, Eibyelva og Lakselva 2003. - Naturtjenester i Nord, Rapport. 23 s.
- Nygård, T., Larsen, B.H., Follestad, A. & Strann, K.-B. 1998. Numbers and distribution of wintering waterfowl in Norway. - Wildfowl 39: 164-176.
- Olsen, K.H., Peterson, E., Ragnarsson, B., Lundquist, H. & Järvi, T. 2004. Downstream migration in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt sibling groups. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61: 328-331.
- Pistorius, P., Follestad, A. & Taylor, F.E. 2005. Temporal changes in spring migration phenology in Norwegian greylag geese *Anser anser* (1971-2003). - Wildfowl (in press).
- Post, J.R. & Evans, D.O. 1989. Size dependent overwintering mortality of young-of-the-year yellow perch (*Perca flavescens*): Laboratory, in situ enclosure, and field experiments. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 1958-1968.
- Russell, I.C., Dare, P.J., Eaton, D.R. & Armstrong, J.D. 1996. Assessment of the problem of fish-eating birds in inland fisheries in England and Wales. - Report from The Directorate of Fisheries Research, Lowestoft. 130 s.
- Saksgård, L.M., Heggberget, T.G., Jensen, A.J. & Hvidsten, N.A. 1992. Utbygging av Altaelva. Virkninger på laksebestanden. - NINA Forskningsrapport 34. 98 s.
- Saksgård, R., Næsje, T.F. & Koksvik, J.I. 1998. Undersøkelser av elvelevende harr i Sautso, Altaelva 1996. - Altaelva - Rapport nr. 2. Statkraft Engineering.
- Saltveit, S.K. & Bremnes, T. 2004. Effekter på bunndyr og fisk av ulike vannføringsregimer i Suldalslågen. - Suldalslågen - Miljørapport nr. 42. 156 s.
- Saltveit, S.J., Brabrand, Å. & Pavels, H. 1998. tiltak etter flom i nordnorske vassdrag: fiskeundersøkelser i Lakselva, Eibyelva og Reisaelva i Finnmark og Troms. Laboratorium for ferskvannsökologi og innlandsfiske, Rapport 108. 52 s.
- Saltveit, S.J., Halleraker, J.H., Arnekleiv, J.V. & Harby, A. 2001. Field experiments on stranding in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) during rapid flow decrease caused by hydropowering. - Reg. Rivers: Res. & Mgmt. 17: 609-622.
- Sjöberg, K. 1988. Food selection, food-seeking patterns and hunting success of captive goosanders *Mergus merganser* and red-breasted mergansers *Mergus serrator* in relation to the behavior of their prey. - Ibis 130: 79-93.
- Strand, R. & Finstad, B. 2000. Smoltproduksjonsforsøk og utsettinger av laks i Halselva og Altaelva - 1999. - NINA Oppdragsmelding, 631. 23 s.
- Svenning, M.-A., Fagermo, S.E., Barrett, R.T., Borgstrøm, R., Vader, W., Pedersen, T. & Sandring, S. 2005. Goosander predation and its potential impact on Atlantic salmon smolts in the River Tana estuary, northern Norway. - J. Fish Biol. 66: 924-937.
- Symons, P.E.K. 1979. Estimated escapement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) for maximum smolt production in rivers of different productivity. - J. Fish. Res. Board Can. 36: 132-140.
- Thorstad, E.B., Næsje, T.F., Finstad, B. & Breistein, J.B. 2000. Effekter av fang og slipp fiske - undersøkelser av laks i Altaelva 1998 og 1999. - NINA Oppdragsmelding 656. 26 s.
- Thorstad, E.B., Næsje, T.F., Fiske, P. & Finstad, B. 2003. Effects of catch and release on Atlantic salmon in the River Alta, northern Norway. - Fish. Res. 60: 293-307.
- Thorstad, E.B., Næsje, T.F., Fiske, P., Leinan, I., Leinan, T. & Berger, H.M. 2001. Effekter av fang og slipp fiske - undersøkelser av radiomerket laks i Altaelva 1999 og 2000. - NINA Oppdragsmelding 713. 19 s.
- Traaen, T. 1983. Basisundersøkelser i Alta-Kautokeinovassdraget 1980-82. NIVA-Rapport 68/83. Norsk institutt for vannforskning. 117 s.
- Ugedal, O., Forseth, T., Jensen, A.J., Koksvik, J.I., Næsje, T.F., Reinertsen, H., Saksgård, L. & Thorstad, E.B. 2002. Effekter av kraftutbyggingen på laksebestanden i Altaelva: undersøkelser i perioden 1981-2001. - Altaelva-rapport nr. 22. Statkraft Grøner. 166 s.

- Ugedal, O., Saksgård, L., Reinertsen, H., Koksvik, J.I., Jensen, A.J., Thorstad, E.B., Næsje, T.F., Saksgård, R. & Blom, H.H. 2003. Biologiske undersøkelser i Altaelva 2002. - NINA Oppdragsmelding 791. 63 s.
- Ugedal, O., Saksgård, L., Koksvik, J.I., Reinertsen, H., Thorstad, E.B., Hvidsten, N.A., Næsje, T.F., Jensen, A., Saksgård, R. & Blom, H.H. 2004. Biologiske undersøkelser i Altaelva 2003. - NINA Oppdragsmelding 833. 74 s.
- Ugedal, O., Thorstad, E.B., Næsje, T.F., Reinertsen, H.R., Koksvik, J.I., Saksgård, L., Hvidsten, N.A., Blom, H.H., Fiske, P. & Jensen, A. 2005. Biologiske undersøkelser i Altaelva 2004. - NINA Rapport 43. 98 s.
- Wilson, B.R., Feltham, M.J., Davies, J.M., Holden, T., Cowx, I.G., Harvey, J.P. & Britton, J.R. 2003. A quantitative assessment of the impact of goosander, *Mergus merganser*, on salmonid populations in two upland rivers in England and Wales. - I: I.G. Cowx (red.) Interactions between fish and birds: Implications for management. Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Wood, C.C. 1986. Dispersion of common merganser (*Mergus merganser*) breeding pairs in relation to the availability of juvenile Pacific salmon in Vancouver Island streams. - Can. J. Zool. 64: 756-765.
- Wood, C.C. 1987a. Predation of juvenile Pacific salmon by the common merganser (*Mergus merganser*) on Eastern Vancouver Island. I. Predation during the seaward migration. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 941-949.
- Wood, C.C. 1987b. Predation of juvenile Pacific salmon by the common merganser (*Mergus merganser*) on Eastern Vancouver Island. II. Predation of stream-resident juvenile salmon by merganser broods. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 950-959.
- Yoo, J. & D'Odorico, P.D. 2002. Trends and fluctuations in the dates of ice break-up of lakes and rivers in the Northern Europe: The effect of the North Atlantic Oscillation. - J. Hydrology 268: 100-112.
- Økland, F., Thorstad, E.B., Næsje, T.F., Berger, H.M. & Lamberg, A. 2003. Forflytninger og habitatbruk hos laksunger i Altaelva. - NINA Oppdragsmelding 786. 24 s.

## 9 Vedlegg

**Vedlegg 1.** Registrerte biomasser av begroing av alger og moser (gram askefri tørrvekt  $m^{-2}$ ) ved stasjonene A16, A15B, A18 og A8 (se figur 2.1) i perioden mai 1995 - november 2004. Apriltall for 1999 og 2000 angir biomasser før og etter vannslipp fra demningen, 28. april 1999 og 5. april 2000. På øvrige prøvedager i mars, april og september, er det angitt om resultatene er fra prøvetakinger i første eller andre halvdel av måneden.

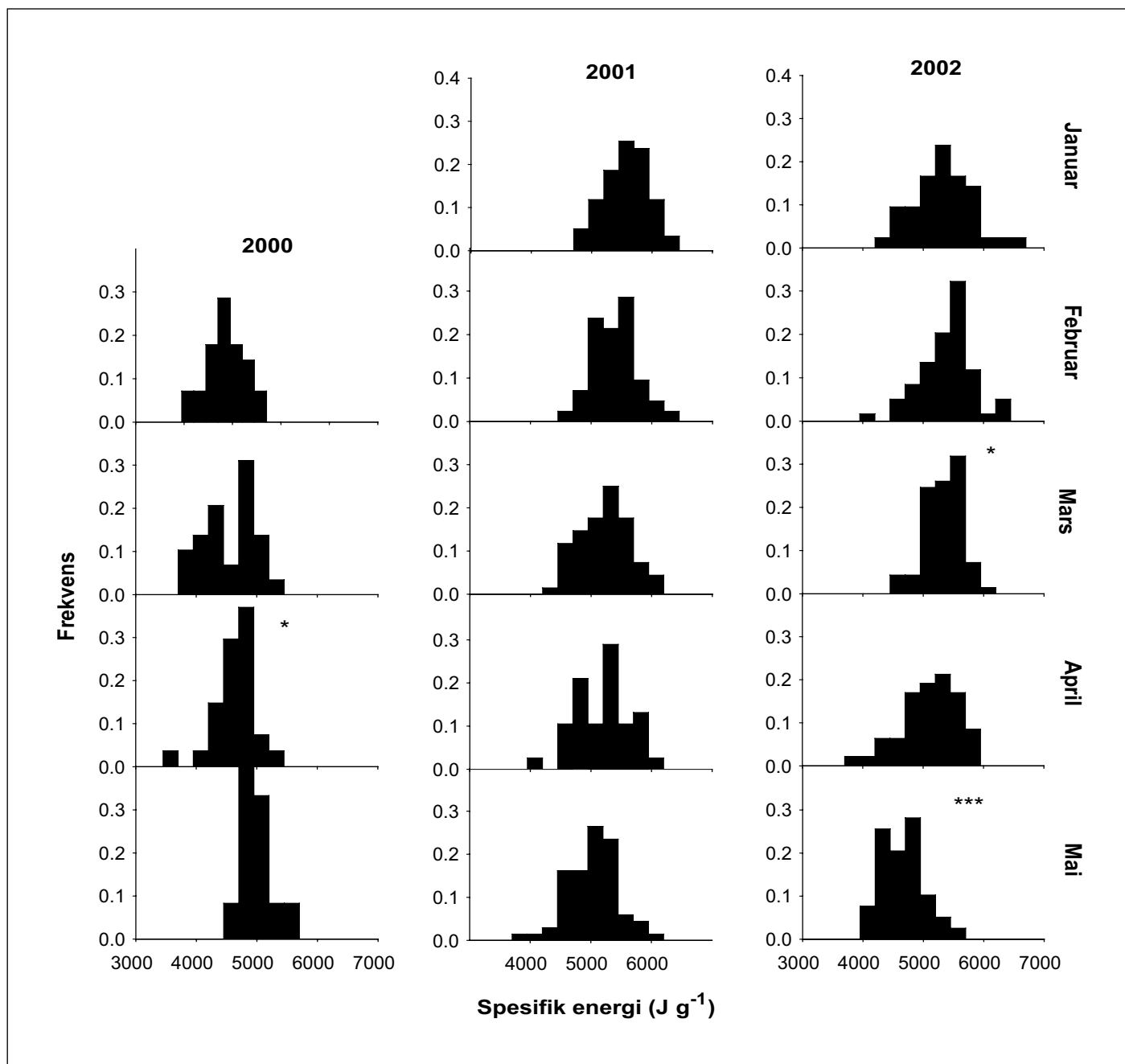
	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Nov.
<b>A16</b>										
1995					98±16/		9±3	30±14	17±5/	
1996			/210±47	/99±27	201±62/			21±17	15±3/	50±8
1997			/20±5	/106±18	21±7/		6±3	26±6	48±21/	21±3
1998	19±6	/60±20	/14±5	/141±21	25±10/		9±5	8±2	/4±1	
1999	6±3	/22±5	/33±12	112±15/31±5	27±5/		4±1		4±2/26±3	
2000		9±3/17±4	11±3/24±1	36±4/38±4	30±10/			8±3	27±8/32±5	
2001	15±1	/16±4	11±1/30±6	/80±22				*	13±6/20±1	3±1
2002		20±8/16±8	11±3/24±12	28±5/		21±9	*	6±2	11±3/	46±14
2003		/20±6	35±16/12±2	14±4/23±5	69±10/		/24±7	/27±7	/51±5	20±7/
2004		16±4/	9±3/10±4	23±2/10±2	13±3/		/6±2	/14±4	17±4/	35±10/
<b>A15B</b>										
1996			/172±34		180±17/			23±6	6±1/	46±14
1997			/9±3	/158±14	21±12/		2±1	38±8	22±11/	35±7
1998	5±2	/21±10	/14±7	/293±82	66±25/		13±4	7±2	/4±1	
1999	8±4	/12±4	/49±14	125±14/105±14	40±5/		7±3		11±4/	
2000		9±3/5±1	12±3/31±1	30±5/28±3	10±2/			1±0,2	10±2/	
2001	21±9	/17±4	8±2/32±11	/124±18				*	26±6/23±9	3±1
2002			/2±1	36±13/		9±5	*	*	4±1/	17±3
2003		/20±4	12±4/27±14	22±5/38±10	55±17/		/24±8	/15±4	/23±6	21±10/
2004			4±2/9±1	37±8/6±1	6±1/		/3±1	/8±2	4±1/	11±3/
<b>A18</b>										
2002										15±3
2003			/9±1		26±3/					5±1/
2004			/3±1		3±1/					9±3/
<b>A8</b>										
1995					33±5		17±3	17±3	5±1/	
1996								46±3	15±2/	38±10
1997					117±32		21±11	65±22	67±25/	
1998							21±4	50±16	/12±3	
1999					14±3		21±3		7±0,3/10±3	
2000					13±2			4±1	10±1/20±4	
2001								15±5	14±7/37±3	3±1
2002							8±2	16±3	17±4/	
2003							/14±3	/26±6	/33±7	
2004						7±4/	/7±1	/25±7	10±1/	

\* = ikke synlig begroing

**Vedlegg 2.** Beregnet tidspunkt for når lakseeggene i Altaelva ved Sautso klekket, og når plommesekk-ungelen begynte å spise de enkelte år fra 1981 til 2004. Til beregningene er det benyttet vanntemperaturer målt i Sautso, sammen med modeller for inkubasjonstid for egg (Crisp 1981) og for utviklingstid fra klekking og til første næringsopptak (Jensen et al. 1989). Beregningene er utført for egg som klekket 5. oktober hvert år (tidligste gyting), 20. oktober (midtpunkt for gyting) og 5. november (seneste gyting). Vanntemperatur ved første fødeopptak for yngel klekket fra egg som ble gytt 20. oktober er også gitt.

År	Klekking			Først fødeopptak			Vanntemperatur ved median fødeopptak
	Tidligst	Median	Senest	Tidligst	Median	Senest	
1981	24.mai	10.jun	15.jun	07.jul	13.jul	16.jul	11,1
1982	30.mai	15.jun	22.jun	12.jul	15.jul	17.jul	12,6
1983	01.jun	11.jun	14.jun	03.jul	07.jul	08.jul	13,3
1984	26.mai	04.jun	09.jun	25.jun	29.jun	03.jul	11,8
1985	02.jun	19.jun	24.jun	10.jul	13.jul	15.jul	15,4
1986	23.mai	04.jun	09.jun	24.jun	28.jun	01.jul	13,1
1987	25.mai	09.jun	16.jun	14.jul	17.jul	20.jul	9,0
1988	17.mar	09.mai	10.jun	08.jul	09.jul	11.jul	11,3
1989	19.apr	29.mai	13.jun	06.jul	07.jul	10.jul	12,5
1990	12.apr	25.mai	12.jun	07.jul	08.jul	12.jul	10,6
1991	08.apr	28.mai	13.jun	05.jul	06.jul	10.jul	11,4
1992	02.mai	04.jun	13.jun	01.jul	03.jul	07.jul	11,9
1993	11.apr	22.mai	10.jun	12.jul	14.jul	16.jul	11,7
1994	22.apr	28.mai	11.jun	06.jul	08.jul	12.jul	10,1
1995	25.mar	15.mai	11.jun	07.jul	08.jul	11.jul	10,7
1996	20.apr	01.jun	17.jun	14.jul	15.jul	18.jul	10,2
1997	30.mar	18.mai	13.jun	10.jul	11.jul	14.jul	11,2
1998	05.mar	08.mai	07.jun	12.jul	12.jul	14.jul	11,0
1999	03.mai	06.jun	15.jun	06.jul	07.jul	10.jul	12,5
2000	06.apr	28.mai	14.jun	08.jul	09.jul	13.jul	11,1
2001	18.feb	21.apr	28.mai	01.jul	02.jul	04.jul	11,6
2002	27.mar	16.mai	02.jun	21.jun	23.jun	27.jun	12,0
2003	21.apr	29.mai	09.jun	04.jul	06.jul	09.jul	12,0
2004	14.apr	27.mai	11.jun	08.jul	10.jul	13.jul	11,5
Snitt 81-86	27. mai.	10. jun.	15. jun.	05. jul.	08. jul.	11. jul.	12,3
Snitt 87-04	06. apr.	22. mai.	10. jun.	06. jul.	07. jul.	10. jul.	11,4





### Vedlegg 3

Fordeling av vektspesifikk kroppsenergi (Joule per gram) for ungfisk av laks innsamlet i Sautso vintrene 2000, 2001 og 2002. Stjerne angir signifikant reduksjon i andelen individer med lavt energiinnhold (venstre hale av fordelinga) i forhold til foregående måned (\* $p < 0,05$ , \*\*\* $p < 0,001$ )

**Vedlegg 4.** Antall fisk undersøkt (n), prosentandel fisk med tomme mager (% T), gjennomsnittlig magefyllingsgrad basert på all fisk undersøkt (MF), og gjennomsnittlig fyllingsgrad for fisk med mageinnhold (MFM) for laksunger i Sautso og Forbygningen i månedene januar til juli 1996-2001.

Måned	Sautso				Forbygningen			
	n	% T	MF	MFM	n	% T	MF	MFM
Januar	283	43,5	1,3	2,4	27	7,4	3,4	3,7
Februar	255	59,2	0,9	2,2	120	15,0	2,8	3,2
Mars	430	48,1	1,3	2,5	219	16,4	2,9	3,4
April	494	41,1	1,5	2,5	233	12,9	3,0	3,3
Mai	484	24,6	2,2	3,0	418	27,0	2,2	3,0
Juni	192	6,8	3,3	3,5	201	0	4,2	4,2
Juli	335	3,0	3,3	3,4	277	2,5	3,2	3,3

**Vedlegg 5.** Tetthet (antall per m<sup>3</sup>) av forskjellige dyregrupper registrert i drivprøver fra Svartfossen og Gargia samlet inn i to forskjellige perioder i sommersesongen sammenliknet med tilsvarende resultater fra vintrene 2002, 2003 og 2004. Totalt volum med vann som er silt (m<sup>3</sup>) er også gitt.

Lokalitet	Periode	Silt volum	Vann- opper	Hoppe- krep	Døgn- fluer	Stein- fluer	Knott	Fjær- mygg	Andre
Svartfossen	Sommer 1980-83	32,5	144,9	28,8	2,0	0,9	0,0	23,8	6,1
Svartfossen	Sommer 1988-91	13,0	325,9	110,9	1,4	0,0	0,1	29,8	6,9
Svartfossen	Vinter 2002	26,0	0,1	11,7	0,3	0,0	0,2	7,3	0,0
Svartfossen	Vinter 2003	26,0	0,0	79,5	0,8	0,1	0,3	12,7	0,1
Svartfossen	Vinter 2004	26,0	0,0	51,1	0,5	0,0	0,1	30,5	1,1
Gargia	Sommer 1980-83	7,5	22,1	6,8	2,4	1,1	0,2	74,3	10,2
Gargia	Sommer 1988-91	12,0	4,4	2,7	1,6	0,2	0,0	56,3	2,7
Gargia	Vinter 2002	26,0	0,0	1,9	0,8	1,3	5,3	30,7	0,0
Forbygningen	Vinter 2003	26,0	0,0	3,3	0,5	0,2	0,9	17,6	0,3
Forbygningen	Vinter 2004	26,0	0,0	1,7	0,0	0,1	0,4	5,5	0,2

**Vedlegg 6.** Antall og kilo smålaks (grilse, < 4 kg) og storlaks ( $\geq 4$  kg) fanget i Altaelva i perioden 1974-2004 (etter data fra ALI). Fisk som er sluppet ut etter fangst, er inkludert i oversikten.

År	Antall smålaks (grilse, < 4 kg)	Antall storlaks ( $\geq 4$ kg)	Totalt antall smålaks og storlaks	Total vekt (kg) smålaks og storlaks
1974	485	2025	2510	21949
1975	736	2858	3594	31897
1976	846	1838	2684	19386
1977	550	1808	2358	18910
1978	860	1447	2307	17000
1979	848	1168	2016	14500
1980	479	1303	1782	14256
1981	547	1287	1834	14639
1982	241	1391	1632	15447
1983	666	1356	2022	16267
1984	515	580	1095	7632
1985	776	918	1694	11922
1986	896	982	1878	12389
1987	412	824	1236	9928
1988	945	400	1345	6202
1989	1095	490	1585	7912
1990	1185	677	1862	9697
1991	2154	1101	3255	16693
1992	1569	1649	3218	21075
1993	2305	1554	3859	22583
1994	974	821	1795	10466
1995	1729	1159	2888	16275
1996	2244	743	2987	12659
1997	1752	882	2634	12370
1998	1240	844	2084	11074
1999	1499	713	2212	10573
2000	2436	840	3276	14050
2001	1518	1261	2779	15845
2002	2064	1314	3378	18568
2003	1828	1166	2994	16155
2004	2330	829	3159	13510
Gjennomsnitt 1217		1169	2386	14898

**Vedlegg 7.** Antall gytegrøper registrert ved tellinger fra helikopter i perioden 1996-2004 i de ulike fiskekortsoner i Altaelva. \* betyr at området er inkludert i tilgrensende områder. - betyr at området var for dypt til at bunnen kunne observeres.

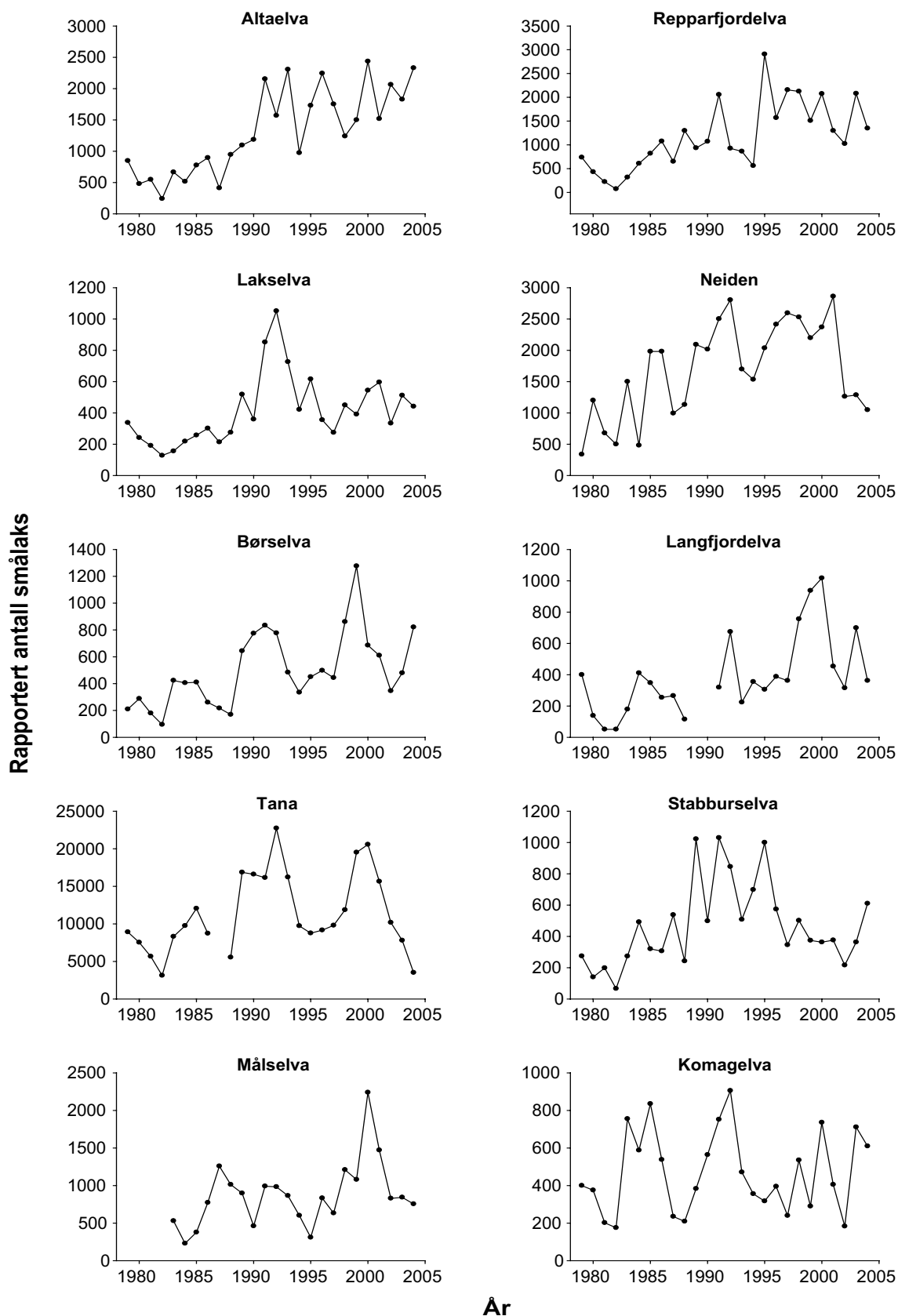
LOKALITET	1996	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2004	LOKALITET	1996	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Sone 5 Raipas:</b>									<b>Sone 2 Sandia:</b>								
1 Patouma	3	2	1	10	10	6	10	16	41 Kilvonska	5	1	15	0	0	2	13	7
2 Grøttelandet	4	7	1	0	21	1	0	0	42 Tango	8	3	3	13	1	81	49	37
3 Ellilåh.-Tippen	13	16	35	40	9	34	17	13	43 Okley	26	0	23	26	0	60	39	27
4 Gammelpl.	0	6	6	7	17	12	10	17	44 Hersja	14	10	33	24	10	90	77	69
5 Elvestrand	23	26	15	5	33	13	8	5	45 Mikkeliniva	3	0	5	14	0	55	33	22
6 Bhatkorva	22	23	28	30	32	38	31	34	46 Sandiakoski	26	23	73	62	21	112	86	14
7 Heikiniva	0	6	3	0	38	0	0	0	47 Vanha-Sandia	11	53	74	86	77	294	205	83
8 Navnløst plass	2	18	5	23	25	39	34	17	48 Saarikoski	11	0	83	110	71	166	119	27
9 Forbygningen	12	16	11	15	41	24	23	18	49 Barrila	1	4	46	43	41	109	45	68
10 Tølløvs.-Haraldh.	43	24	22	26	36	78	55	33	50 Walterspl.	2	6	8	6	8	31	13	0
11 Juphølen	0	14	33	34	61	66	57	70	51 Væhæniiva	0	0	12	4	2	12	9	20
12 Lamas	0	63	34	39	50	78	78	43	52 Mostajokki	8	0	17	10	43	63	36	33
13 Killstrømmen	20	15	0	9	0	8	0	0	53 Ronga	2	15	26	2	0	97	69	32
									54 Steinfossen	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Sone 4 Jorja:</b>									<b>Sone 1 Sautso:</b>								
14 Åkergerdet	3	3	2	7	7	18	17	8	55 Gabonakken	-	-	-	-	-	-	-	0
15 Jørja	12	14	15	20	44	83	87	34	56 Væliniva	-	-	-	-	-	-	-	0
16 Shortsplass	21	41	42	20	46	57	67	11	57 Sautsovanne	-	-	-	-	*	136	36	23
17 Langstilla	12	20	38	42	32	33	44	38	58 Goddanjelu	22	22	24	42	23	34	14	4
18 N. Stengelsen	28	30	35	61	45	69	83	44	59 Goddaniemi	2	3	1	6	0	17	13	7
19 Granstrømmen	2	0	1	2	1	10	1	0	60 Ø. Sideløp	0	6	2	8	4	0	0	13
20 Brattstrømmen	16	17	4	1	1	8	13	11	61 Sirppiniska	10	6	8	6	11	16	8	0
21 Ø. Stengelsen	11	2	22	26	37	59	52	15	62 Banas	0	0	17	14	15	0	23	22
22 N. Sorrisniva	30	11	27	32	31	100	63	54	63 Bataniemi	0	0	0	0	8	17	0	0
23 Ø. Sorrisniva	23	65	68	35	8	81	86	67	64 Bataniemi	2	4	0	0	6	0	0	0
24 Garvarteigen	7	17	17	28	6	63	64	31	65 Ura	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Mørkengamma	0	6	11	9	0	38	26	27	66 Jænissari	5	7	18	18	46	44	19	23
26 Detsika	*	*	*	*	*	*	*	*	67 Sideløp	0	0	19	0	0	34	57	50
27 Ø. Detsika	76	99	153	74	77	207	161	91	68 Hapalathi	13	23	28	31	0	48	38	44
<b>Sone 3 Vina:</b>									69 Tørmenen	0	1	15	0	18	16	7	17
28 Møkk.-N. Sierra	13	36	35	25	11	56	51	21	70 Ø. Tørmenen	0	0	0	0	0	29	5	0
29 Ø. Sierra	0	2	1	0	0	0	4	2	71 Mustakoski	2	0	0	0	0	6	7	0
30 Kavala	29	6	86	31	42	85	70	18	72 Bolvero	0	0	0	9	4	19	0	0
31 Vinakorva	29	41	74	102	87	197	126	125	73 Joagoiki	3	0	0	0	0	0	0	0
32 Boveri	5	27	48	30	25	75	33	57	74 Langfossen	-	-	-	-	-	-	-	8
33 Bollo	17	23	45	10	36	65	37	25	<b>Sum per sone:</b>								
34 Nedre Gønges	9	20	16	12	5	29	65	50	<b>Sone 5 Raipas</b>	142	236	194	238	373	397	323	266
35 Øvre Gønges	1	3	4	0	0	44	26	0	<b>Sone 4 Jorja</b>	241	325	435	357	335	826	764	431
36 Tangl.-N. Kista	26	85	42	90	86	140	123	60	<b>Sone 3 Vina</b>	168	262	413	321	298	752	592	373
37 Kista	14	14	30	8	1	30	21	8	<b>Sone 2 Sandia</b>	117	115	418	400	274	1172	793	439
38 Slingerplassen	13	0	6	7	0	22	8	4	<b>Sone 1 Sautso</b>	59	72	132	134	141	434	237	211
39 Storkista	0	0	13	2	3	0	3	0	<b>Total sum</b>	727	1010	1592	1450	1421	3581	2709	1720
40 Kilvo	12	5	13	4	2	9	25	3									

**Vedlegg 8.** Antall gytegroper per km elvestrekning i de ulike soner i Altaelva i perioden 1989-2004. Sautso er målt fra utløpet av kraftverkstunnelen og ned til Sautsovannet. Området fra Sautsovannet til Gabonakken hvor det er for dypt til at bunnen kan observeres, er ikke tatt med i beregningene. Raipas er målt ned til Nedre Alta Bru.

År	Sautso (5,2 km)	Sandia (9,0 km)	Vina (8,1 km)	Jøra (9,2 km)	Raipas (11,0 km)	Hele elva (42,5 km)
1989	9	25	14	12	11	14
1991	12	60	37	45	20	36
1996	11	13	21	26	13	17
1997	14	13	32	35	22	24
1999	25	46	51	47	18	38
2000	26	44	40	39	22	34
2001	27	30	37	36	34	33
2002	84	130	93	90	36	84
2003	46	88	73	83	29	64
2004	41	49	46	47	24	41

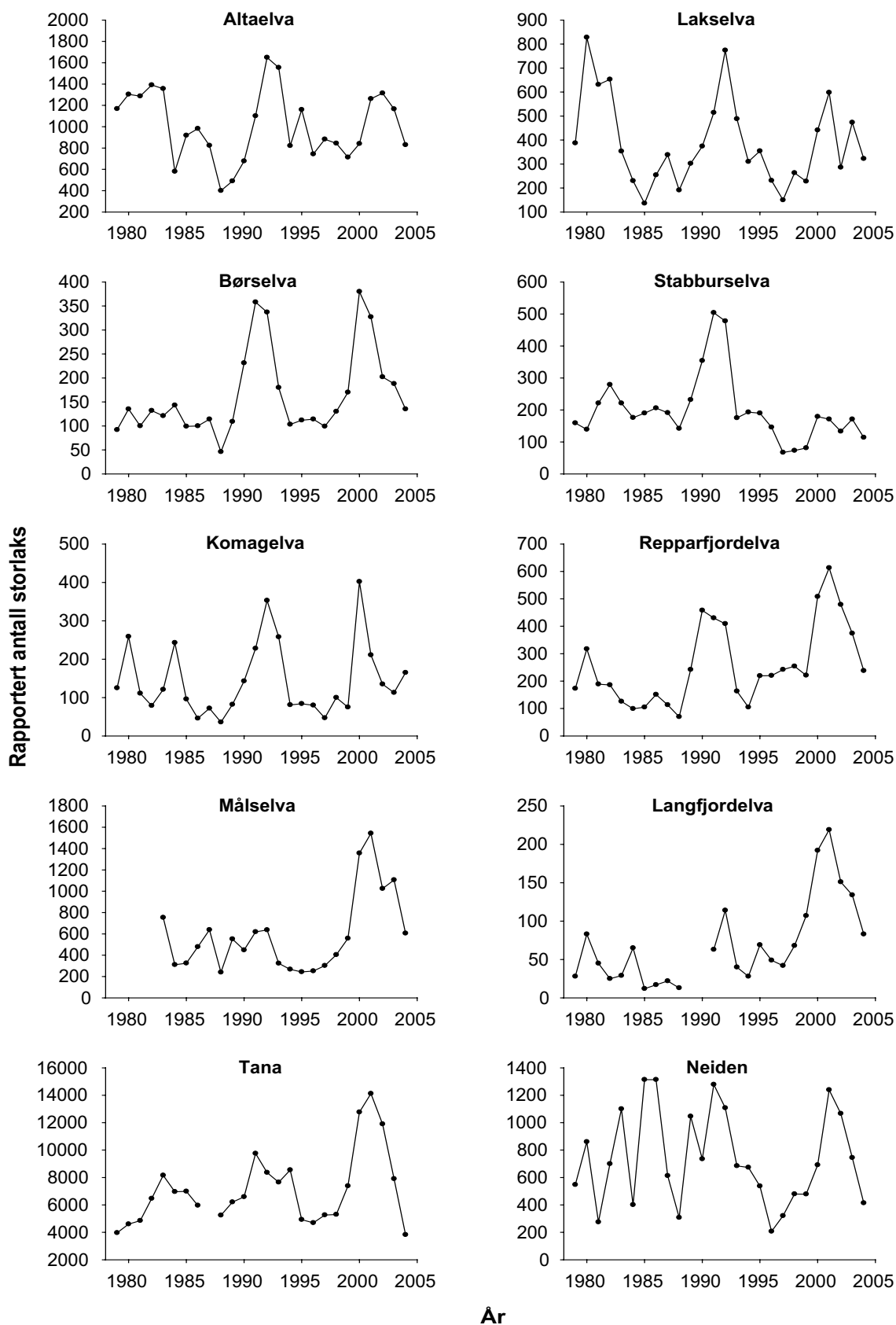
**Vedlegg 9.** Antall smålaks (én-sjø-vinter, < 4 kg) og storlaks (fler-sjø-vinter, > 4 kg) registrert ved drivtelling i Sautso i perioden 1996-2004. Opplysning om hvilket område som ble dekt og vannføring ved registreringene er også gitt.

ÅR	Dato	Antall smålaks	Antall storlaks	Totalt antall laks	Vannføring	Område
1996	19. september	11	3	14	41 m <sup>3</sup> /s	Øvre Tørmene-Sautsogården
1996	4. oktober	27	9	36	33 m <sup>3</sup> /s	Toppen-Sautsogården
1997	4. oktober	21	1	22	34 m <sup>3</sup> /s	Toppen-Sautsogården
1997	12. oktober	53	15	68	41 m <sup>3</sup> /s	Toppen-Sautsogården
2002	12. oktober	183	142	325	66 m <sup>3</sup> /s	Toppen-Sautsogården
2002	19. oktober	177	105	282	52 m <sup>3</sup> /s	Toppen-Sautsogården
2003	11. oktober	115	85	200	87 m <sup>3</sup> /s	Toppen-Sautsovannet
2003	12. oktober	171	125	296	87 m <sup>3</sup> /s	Toppen-Sautsovannet
2004	16. oktober	191	167	358	ca 100 m <sup>3</sup> /s	Toppen-Sautsovannet
2004	17. oktober	205	114	319	ca 95 m <sup>3</sup> /s	Toppen-Sautsovannet



### Vedlegg 10

Smålaksfangster i Altaelva og ni andre nord-norske lakseelver i perioden 1979-2004. Elvene er sortert etter avtagende samvariasjon med fangstene i Altaelva samme år. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom elver.



### Vedlegg II

Storlaksfangster i Altaelva og ni andre nord-norske lakseelver i perioden 1979-2004. Elvene er sortert etter avtagende samvariasjon med fangstene i Altaelva året etter. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom elver.

**Vedlegg 12.** *Beliggenhet og beskrivelse av bestandssammensetning i lakselvene som er benyttet i sammenligningen av fangstutvikling til voksen laks i Altaelva.*

**Repparfjordelva:**

Vassdraget ligger i Kvalsund kommune i Finnmark. Vassdraget er lite påvirket av inngrep. Fangstene i elva er dominert av ensjøvinterlaks (årlig snitt i perioden 1979-2004: 78 %). I følge skjellprøvene var mesteparten av laksen (94-99 %) under 3 kg ensjøvinterlaks. De fleste laksene mellom 3 og 7 kg var tosjøvinterlaks (38 - 93%), men eldre laks finnes også i denne størrelseskategorien (Jensen 2004). Vi antar derfor at variasjonene i fangstene av laks under 3 kg i denne elva i stor grad gjenspeiler variasjonene i årsklassestyrken til ensjøvinterlaks. For laks over 3 kg vil denne i de fleste år domineres av tosjøvinterlaks, men disse fangstene vil i enkelte år kunne være vesentlig påvirket av fangster av eldre laks.

**Tanaelva (norsk side):**

Tanaelva ligger i kommunene Tana, Karsjøk, Kautokeino og Alta i Finnmark. Elva er Norges største lakseelv og det fanges laks fra en rekke sidevassdrag i tillegg til laks fra hovedstrengen, slik at fangstene neppe kan sies å tilhøre én bestand. I følge fangststatistikken er gjennomsnittlig 59% av fangstene i årene 1979-2004 laks under 3 kg. Fangstene av laks under 3 kg vil trolig representere ensjøvinterlaks, mens fangstene av laks over 3 kg vil påvirkes av både tosjøvinter og eldre laks, noe som vises ved at 48 % av fangstene av laks over 3 kg var større enn 7 kg i årene 1993-2004. Dersom vi antar at laks over 7 kg er tresjøvinter og eldre vil variasjonene i fangstene av laks over 3 kg bare i relativt moderat grad gjenspeile variasjonene i enkelte årsklasser.

**Neiden (norsk side):**

Neidenelva ligger i Sør-Varanger kommune i Finnmark. Det aller meste av laksen under 3 kg er ensjøvinterlaks (86-100 % i følge skjellprøver), mens det meste av laksen mellom 3 og 7 kg er tosjøvinterlaks (70-87 % i følge skjellprøver). I følge fangststatistikken er gjennomsnittlig 67 % av fangstene i årene 1979-2004 laks under 3 kg. Fangstene av laks under 3 kg vil derfor trolig i stor grad gjenspeile variasjoner i årsklassestyrke av ensjøvinterlaks. 39 % av laksen over 3 kg var større enn 7 kg i perioden 1993-2004, noe som viser at fangstene av laks over 3 kg bare i moderat grad gjenspeiler variasjoner i årsklassestyrke siden denne størrelseskategorien inneholder flere årsklasser.

**Målselva:**

Målselva ligger i kommunene Målselv, Bardu, Balsfjord og Sørreisa i Troms. Det aller meste av laksen under 3 kg er ensjøvinterlaks (97-100 % i følge skjellprøver). I følge fangststatistikken er 60 % av fangstene i årene 1979-2004 laks under 3 kg. Fangstene av laks under 3 kg vil derfor trolig i stor grad gjenspeile variasjoner i årsklassestyrke. 45 % av laksen over 3 kg var større enn 7 kg i perioden 1993-2004, noe som viser at fangstene av laks over 3 kg bare i moderat grad gjenspeiler variasjoner i årsklassestyrke siden denne størrelseskategorien inneholder flere årsklasser.

**Lakselva:**

Lakselva ligger i kommunene Porsanger og Karasjøk i Finnmark. I følge fangststatistikken er 51 % av fangstene i årene 1979-2004 smålaks. Uten at vi har skjellprøver å støtte oss til er det likevel rimelig å anta at variasjonene i fangstene av laks under 3 kg gjenspeiler variasjonene i årsklassestyrke til ensjøvinterlaks. 61 % av laksen over 3 kg var større enn 7 kg i årene 1993-2004, noe som tyder på at fangstene av større laks er dominert av tre sjøvinter og eldre laks. Denne elva vil derfor trolig være den elva som i størst grad ligner på Altaelva i bestandssammensetning av de elvene vi sammenligner med.

**Stabburselva:**

Stabburselva ligger i Porsanger kommune i Finnmark. I følge fangststatistikken er 68 % av fangstene i perioden 1979-2004 smålaks. Variasjonene i fangstene av laks under 3 kg vil derfor trolig representere variasjoner i årsklassestyrke av ensjøvinterlaks. 51% av laksen over 3 kg var større enn 7 kg i årene 1993-2004, noe som viser at fangstene av laks over 3 kg bare i moderat grad gjenspeiler variasjoner i årsklassestyrke siden denne størrelseskategorien inneholder flere årsklasser.

**Komagelva:**

Komagelva ligger i Vardø kommune i Finnmark. I følge fangststatistikken er 76 % av fangstene i perioden 1979-2004 smålaks. Variasjonene i fangstene av laks under 3 kg vil derfor trolig representere variasjoner i årsklassestyrke av ensjøvinterlaks, selv om denne vektklassen også kan inneholde noen eldre fisk. 9 % av laksen over 3 kg var større enn 7 kg i årene 1993-2004. Det er mulig at noe av tresjøvinterlaksen kan være mindre enn 7 kg, men likevel er det grunn til å tro at fangstene av laks større enn 3 kg i hovedsak vil representere variasjoner i årsklassestyrke av tosjøvinterlaks.



**Vedlegg 12. Fortsettelse.****Langfjordelva:**

Langfjordelva ligger i Gamvik og Lebesby kommuner i Finnmark. I følge laksestatistikken var 83 % av fangstene i perioden 1979-2004 smålaks. Variasjonene i fangstene av laks under 3 kg vil derfor trolig representere variasjoner i årsklassestyrke av ensjøvinterlaks, selv om denne vektklassen også kan inneholde noen eldre fisk. 20 % av laksen over 3 kg var større enn 7 kg i årene 1993-2004. Det er mulig at noe av tresjøvinterlaksen kan være mindre enn 7 kg, men likevel er det grunn til å tro at fangstene av laks større enn 3 kg i hovedsak vil representere variasjoner i årsklassestyrke av tosjøvinterlaks.

**Børselva:**

Børselva ligger i Porsanger kommune i Finnmark. I følge laksestatistikken var 70 % av fangstene i perioden 1979-2004 smålaks. Variasjonene i fangstene av laks under 3 kg vil derfor trolig representere variasjoner i årsklassestyrke av ensjøvinterlaks, selv om denne vektklassen også kan inneholde noen eldre fisk. 27 % av laksen over 3 kg var større enn 7 kg i årene 1993-2004. Det er mulig at noe av tresjøvinterlaksen kan være mindre enn 7 kg, men likevel er det grunn til å tro at fangstene av laks større enn 3 kg i hovedsak vil representere variasjoner i årsklassestyrke av tosjøvinterlaks.

## Vedlegg 13. Overlevelse hos laksunger i områdene Gargia og Sautso i Altaelva vinteren 2004/2005 – nærmere beskrivelse av metoder og resultater

### Metoder

#### Datamateriale

Totalt 1441 laksunger ble merket i Gargia og 1226 i Sautso med PIT (Passive Integrated Tags) merker i oktober 2004 (**tabell 13.1**, **tabell 13.2**). Merkene ble ført inn i bukhulen på fisken gjennom et snitt i bukveggen. Fiskene ble sluppet ut etter å ha blitt merket, lengdemålt til nærmeste mm, veid til nærmeste tidels gram og fotografert og tilstanden sjekket i balje. I april 2005 (Sautso) og mai 2005 (Gargia) ble det gjennomført to gjenfangstrunder i hvert av områdene (**tabell 13.2**). Fiskenes størrelse ved merking varierte mellom 59 og 199 mm (**figur 13.1**). En betydelig større andel av de merkede fiskene ble gjenfanget i Gargia enn i Sautso (**tabell 13.1**).

#### Beregning av overlevelse

Ved å ha flere fangstrunder kunne vi benytte tradisjonelle fangst-merking-gjenfangst metoder for å beregne overlevelsen (Lebreton et al., 1992). Overlevelse ble beregnet i programmet MARK (White & Burnham 1999), og valget mellom ulike modeller ble gjort med Akaikes Informasjons Kriterium (AIC) (Akaike 1974, Anderson & Burnham 1999). Ved å bruke AIC søker vi å velge et kompromiss mellom en modell som har en høy forklaringsgrad for variasjonen i datamateria-

let, samtidig som den inneholder relativt få parametere. Som en tommelfingerregel kan vi si at to modeller er tilnærmet like dersom det skiller mindre enn 2 i AIC verdi mellom dem. Dersom forskjellen i AIC verdier mellom to modeller er mellom 2 og 7 kan vi si at det er betydelig støtte for at det er reelle forskjeller mellom dem, og dersom forskjellen er større enn 7 er det sterk støtte for at det er reelle forskjeller mellom modellene (Anderson & Burnham 1999).

Ved beregning av overlevelse delte vi materialet i fire grupper. Vi skilte mellom områder (Sautso og Gargia) og mellom størrelsesgrupper av fisk. Laksunger større enn eller lik 105 mm ble betegnet som presmolt, mens laksunger mindre enn 105 mm ble betegnet som parr.

Overlevelsen som blir beregnet ut fra modellene er tilsynelatende overlevelse (engelsk: "apparent survival"), og dersom noen fisker flytter permanent ut fra undersøkelsesområdet vil dette føre til at "overlevelse" blir underestimert.

### Resultater

#### Modellutvalgelse

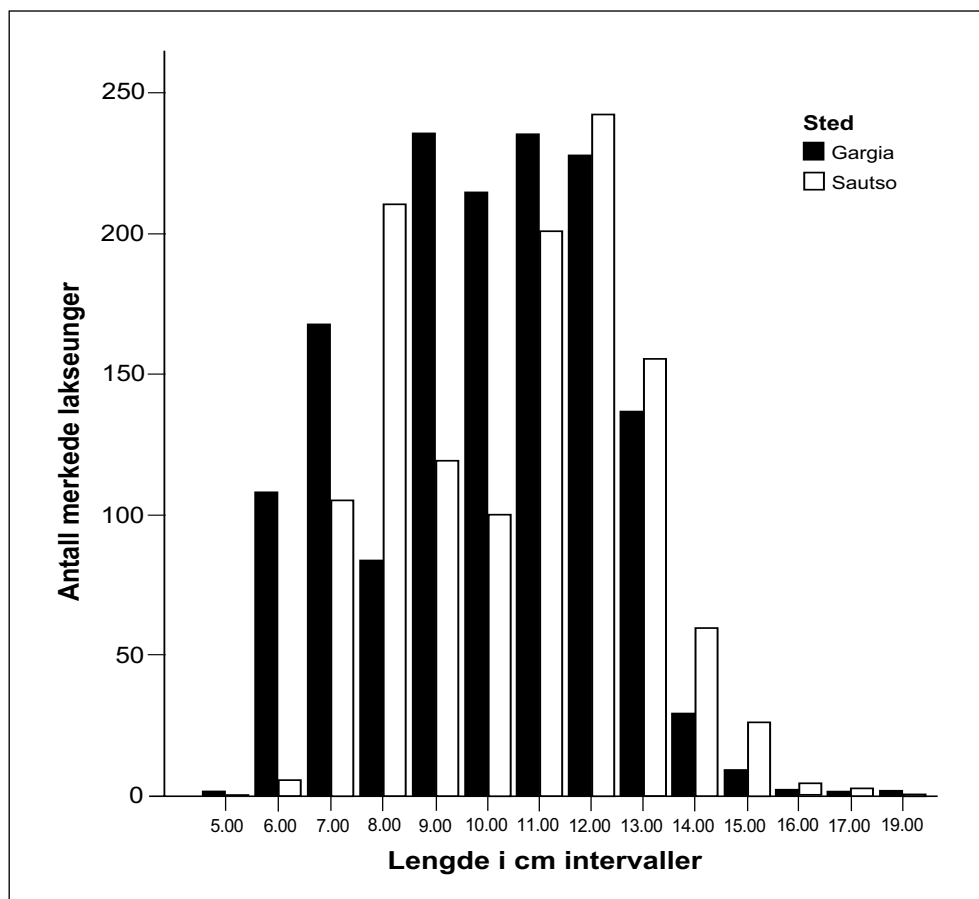
Vi startet med en modell hvor både overlevelsesestimaterne og fangbarhetsestimaterne varierte mellom de fire gruppene. Så ble antallet parametere gradvis redusert (**tabell 13.3**). Modellen med lavest AIC verdi (modell 4) var en modell hvor det ikke var forskjeller i "overlevelse" mellom størrelsesgruppene i Gargia, forskjeller i "overlevelse" mellom størrelsesgruppene

**Tabell 13.1.** Antall merkede og gjenfangede laksunger benyttet til overlevelsesestimering i Gargia og Sautso i perioden høst 2004 til vår 2005.

Sted	Parr (< 105 mm)		Presmolt (≥ 105 mm)	
	Antall merket	Antall gjenfanget	Antall merket	Antall gjenfanget
Gargia	694	291 (42 %)	747	290 (39 %)
Sautso	486	103 (21 %)	740	101 (14 %)

**Tabell 13.2.** Perioder for merking og gjenfangst av laksunger i Gargia og Sautso høsten 2004 og våren 2005.

Sted	Merking	Gjenfangst 1	Gjenfangst 2
Gargia	9/10 - 18/10-2004	1/5 - 7/5-2005	9/5 - 14/5-2005
Sautso	13/10 - 16/10-2004	1/4 - 6/4-2005	19/4 - 25/4-2005

**Figur 13.1**

Frekvensfordelingen av lengde ved merketidspunkt for laksunger merket med PIT merker i Gargia og Sautso i Altaelva i oktober 2004. Lengdene er slått sammen til nærmeste cm, slik at fisk mellom 6 og 7 cm får verdien 6, fisk mellom 7 og 8 cm får verdien 7 osv.

i Sautso og lik fangbarhet mellom størrelsesgruppene innen hvert område. Modellene som antar at "overlevelsen" var lik mellom områdene (modell 6 og 7) hadde vesentlig høyere AIC verdier enn den valgte modellen (**tabell 13.3**).

#### Overlevelsesestimater

Innen den valgte modellen var det høyest "overlevelse" i Gargia og lavest "overlevelse" for presmolt fra Sautso (**tabell 13.4, figur 13.2**). Fangbarheten var også høyere for laksunger fra Gargia enn fra Sautso (**tabell 13.4**). Dersom vi også betrakter estimatene for modellen med nest laveste AIC blir overlevelsesestimaterne høyest for parr i Gargia, nest høyest for presmolt i Gargia og lavest for presmolt i Sautso (**tabell 13.5**).

#### Diskusjon

Våre estimater av "overlevelse" tyder på at laksunger fra Sautso overlever vesentlig dårligere enn laksunger fra Gargia. Det kan ikke utelukkes at fisk fra Sautso i større grad enn fisk fra Gargia vandrer bort fra undersøkelsesområdet. Imidlertid er det flere faktorer ved

vårt forsøksoppsett som tyder på at forskjellene i vinteroverlevelse mellom Sautso og Gargia i virkeligheten er større enn det som ble beregnet. For det første ble den første gjenfangstrunden i Sautso gjennomført en måned før den første gjenfangstrunden i Gargia. Seinvinteren og tidlig vår er antatt å være den perioden i året da dødeligheten hos lakseunger trolig er størst i Altaelva (Finstad et al. 2004). Fiskene i Gargia har dermed blitt utsatt for en måned med ekstra dødelighet i forhold til fiskene fra Sautso, og likevel var overlevelsesestimaterne betydelig høyere. Videre ble andre gjenfangstrunde i Sautso gjennomført i en periode med relativt høy vannføring. Høy vannføring førte trolig til at færre fisk ble fanget i andre runde enn det ville ha blitt gjort dersom vannføringen hadde vært lavere. Dette kan ha ført til at estimatene for fangbarhet (sannsynligheten for at en fisk ble fanget i første runde dersom den var i live) for Sautso kan ha blitt mer usikre enn dersom de hadde blitt basert på et større antall fisk. Vi ser også at standard feil for fangbarhetsestimatene i Sautso er nesten dobbelt så store som for Gargia (**tabell 13.4**).

**Tabell 13.3.** Modeller som ble testet med vurdering av overlevelse ( $\Phi$ ) og fangbarhet ( $P$ ) av laksunger vinteren 2004/2005 i to områder i Altaelva. Se teksten for beskrivelse den beregnede overlevelsen.

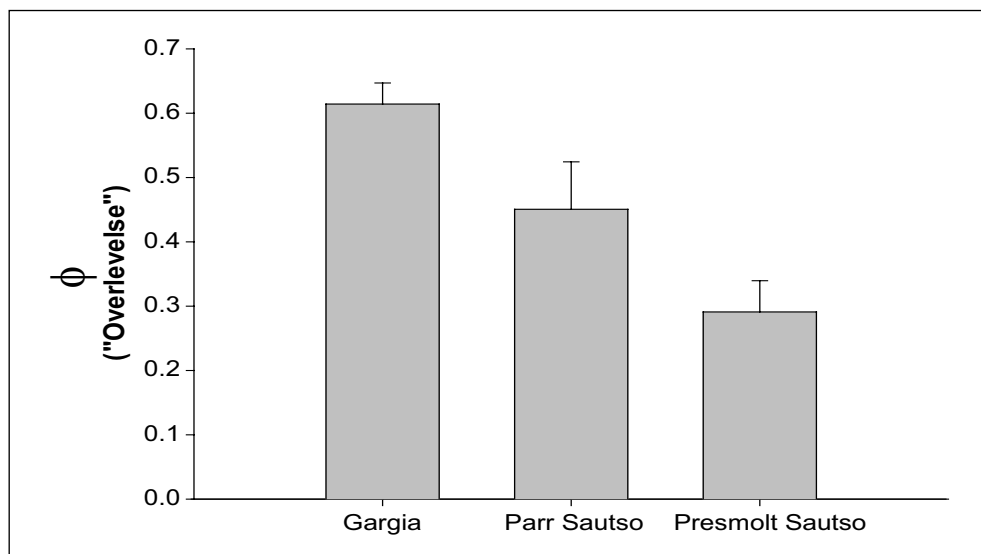
Modell nr.	Modell	Beskrivelse	AIC	Kommentar
1	$\Phi_{asag}P_{asag}$	Modell hvor både overlevelse ( $\Phi$ ) og fangbarhet ( $P$ ) er størrelsesavhengig og forskjellig mellom områdene	4616,9	Forkastet
2	$\Phi_{asg}P_{asag}$	Modell hvor overlevelse ( $\Phi$ ) er den samme i ulike størrelsesgrupper i Gargia, men størrelsesavhengig i Sautso, og fangbarhet ( $P$ ) er størrelsesavhengig og forskjellig mellom områdene	4616,0	Forkastet
3	$\Phi_{asag}P_{sg}$	Modell hvor overlevelse ( $\Phi$ ) er størrelsesavhengig og forskjellig mellom områder, og fangbarhet ( $P$ ) er forskjellig mellom områdene, men ikke avhengig av størrelse	4614,6	Forkastet, men estimatene er presentert i tabell 13.5
4	$\Phi_{asg}P_{sg}$	Modell hvor overlevelse ( $\Phi$ ) er den samme i ulike størrelsesgrupper i Gargia, men størrelsesavhengig i Sautso, og fangbarhet ( $P$ ) er forskjellig mellom områdene, men ikke avhengig av størrelse	4612,0	Valgt modell. Estimaterne presentert i tabell 13.4 og figur 13.2.
5	$\Phi_{sg}P_{sg}$	Modell hvor overlevelse ( $\Phi$ ) og fangbarhet ( $P$ ) er forskjellig mellom områder, men ikke avhengig av størrelse	4619,8	Forkastet
6	$\Phi P_{sg}$	Modell hvor overlevelse ( $\Phi$ ) er den samme mellom områder og størrelsesgrupper, og fangbarhet ( $P$ ) er forskjellig mellom områder, men ikke avhengig av størrelse	4626,8	Forkastet
7	$\Phi P$	Modell hvor både overlevelse ( $\Phi$ ) og fangbarhet ( $P$ ) er den samme mellom områdene, og ikke avhengig av størrelse	4821,8	Forkastet

**Tabell 13.4.** Estimer av overlevelse ( $\Phi$ ) og fangbarhet ( $P$ ) for laksunger i perioden fra oktober 2004 til april/mai 2005 i to områder i Altaelva. SE angir standard feil for estimatene. Estimaterne er for den valgte modellen (modell 4,  $\Phi_{asg}P_{sg}$ , tabell 13.3).

Gruppe	$\Phi$ ("overlevelse")		$P$ (fangbarhet)	
	Estimat	SE	Estimat	SE
Parr og presmolt Gargia	0,61	0,033	0,48	0,029
Parr Sautso	0,45	0,074	0,37	0,059
Presmolt Sautso	0,29	0,049	0,37	0,059

**Tabell 13.5.** Estimer av overlevelse ( $\Phi$ ) og fangbarhet ( $P$ ) for laksunger i perioden fra oktober 2004 til april/mai 2005 i to områder i Altaelva. SE angir standard feil for estimatene. Estimaten er for modellen med nest lavest AIC verdi (modell 3,  $\Phi_{asg} P_{sg}$ , tabell 13.3).

Gruppe	("overlevelse")		P (fangbarhet)	
	Estimat	SE	Estimat	SE
Parr Gargia	0,64	0,040	0,48	0,029
Presmolt Gargia	0,59	0,038	0,48	0,029
Parr Sautso	0,45	0,074	0,37	0,059
Presmolt Sautso	0,29	0,049	0,37	0,059



**Figur 13.2**

Estimer av "overlevelse" ( $\Phi$ ) + standard feil (SE) for laksunger i perioden fra oktober 2004 til april/mai 2005 i to områder i Altaelva. Estimaten er for den valgte modellen (modell 4,  $\Phi_{asg} P_{sg}$ , tabell 13.3).

## Referanser

- Akaike, H. 1974. A new look at statistical model identification. - IEEE Transactions on Automatic Control 19: 716-723.
- Anderson, D.R. & Burnham, K.P. 1999. Understanding information criteria for selection among capture-recapture or ring recovery models. - Bird Study, 46 (Suppl.): 14-21.
- Finstad, A.G., Ugedal, O., Forseth, T. & Næsje, T.F. 2004. Energy-related juvenile winter mortality in a northern population of Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 61: 2358-2368.
- Lebreton, J.D., Burnham, K.P., Clobert, J. & Anderson, D.R. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. - Ecological Monographs 62: 67-118.
- White, G.C. & Burnham, K.P. 1999. Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. - Bird Study, 46 (Suppl.): 120-138.





# NINA Rapport 80

ISSN: 1504-3312

ISBN: 82-426-1624-8



## Norsk institutt for naturforskning NINA

NINA Hovedkontor

Postadresse: NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: 9500 37 687

<http://www.nina.no>