

## Smoltutvandring, marin vekst og sjøoverlevelse hos sjøørret, sjørøye og laks i Halselva, Finnmark

Arne J. Jensen, Bengt Finstad, Peder Fiske, Laila Saksgård



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

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

### **NINA Temahefte**

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

### **NINA Fakta**

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

### **Annen publisering**

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

# Smoltutvandring, marin vekst og sjøoverlevelse hos sjøørret, sjørøye og laks i Halselva, Finnmark

Arne J. Jensen  
Bengt Finstad  
Peder Fiske  
Laila Saksgård

Jensen, A.J., Finstad, B., Fiske, P. & Saksgård, L. 2016. Smoltutvandring, marin vekst og sjøoverlevelse hos sjørørret, sjørøye og laks i Halselva, Finnmark. - NINA Rapport 1238. 33 s.

Trondheim, januar 2016

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2878-7

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Arne J. Jensen

KVALITETSSIKRET AV

Gunnbjørn Bremset

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsleder

Ingeborg Palm Helland (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

REFERANSE HOS OPPDRAGSGIVER

M-493 I 2016

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Dagfinn Gausen

FORSIDEBILDE

Fella i Halselva, sett oppover vassdraget. Foto: Bengt Finstad

NØKKEWORD

- Finnmark, sjørørret, sjørøye, laks, livshistorie, marin vekst, marin overlevelse

#### KONTAKTOPPLYSNINGER

##### **NINA hovedkontor**

Postboks 5685 Sluppen  
7485 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00

##### **NINA Oslo**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon: 73 80 14 00

##### **NINA Tromsø**

Framsenteret  
9296 Tromsø  
Telefon: 77 75 04 00

##### **NINA Lillehammer**

Fakkeldgården  
2624 Lillehammer  
Telefon: 73 80 14 00

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

## Sammendrag

Jensen, A.J., Finstad, B., Fiske, P. & Saksgård, L. 2016. Smoltutvandring, marin vekst og sjø-overlevelse hos sjørret, sjørøye og laks i Halselva, Finnmark. – NINA Rapport 1238. 33 s.

I Halselva i Talvik kommune, Finnmark ble det våren 1987 bygd fiskefeller for opp- og nedvandrende fisk ca. 200 m fra sjøen. De viktigste artene i vassdraget er sjørret, sjørøye og laks. Alle individer større enn 14 cm (sjørret og sjørøye > 18 cm etter 1993) ble merket med individuelt nummererte Carlin-merker, mens mindre fisk ble gruppemerket. Fellene var i drift i 25 år (til og med sesongen 2012), og ble demontert og fjernet våren 2014. Fellene var plassert like ved et forsøksanlegg for settefisk som Statkraft Energi AS bygde i forbindelse med Altautbyggingen, og et betydelig antall anleggsprodusert fisk ble satt ut i vassdraget i forsøksøyemed. Denne rapporten omhandler imidlertid bare fisk som har blitt naturlig produsert i vassdraget.

Det var betydelige svingninger i alle tre bestandene i løpet av de 25 årene fella var i drift. Det synes som om de tre bestandene har svingt i takt, med relativt store bestander rundt 1990, nedgang utover 1990-tallet til et minimum på slutten av 1990-tallet, og så en økning igjen til en topp mellom 2005 og 2010. At svingningene har skjedd synkront, tyder på at felles omgivelsesfaktorer i alle fall delvis er årsak til bestandsvariasjonene.

Antall smolt som ble registrert på utvandring var i gjennomsnitt 1100, 1245 og 978 individer av henholdsvis sjørret, sjørøye og laks. Antall sjørretsmolt har økt i perioden, mens antall sjørøyesmolt har avtatt. Antallet laksesmolt avtok også noe, men dette var ikke signifikant. Generelt vandret laksen ut først, fulgt av røya og så ørreten, men smolt av alle de tre artene vandret ut fra Halselva det meste av den isfrie perioden av året. Median dato for utvandring var 21. juni, 26. juni og 4. juli for henholdsvis laks, røye og ørret. Smoltutvandringen var forsinket i kalde år, og utvandringen var negativt korrelert til gjennomsnittstemperaturen i Halselva i juni.

Den første sommeren oppholdt sjørretene seg i gjennomsnitt 55,7 dager i sjøen, mens sjørøyene bare var 34,4 dager i saltvann. Daglig vekstrate var litt høyere hos sjørretene enn hos sjørøyene, men på grunn av det lengre sjøoppholdet var total tilvekst i løpet av sommeren betydelig større for sjørretene (i gjennomsnitt la sjørretene på seg 153 g, mens sjørøyene økte vekten med 71 g).

Nesten alle sjørøyene som overlevde den første sommeren i sjøen returnerte til Halselva for å overvintre. I gjennomsnitt var det 32,9 % (variasjon mellom år: 16,5 – 58,3 %) som kom tilbake den samme sommeren som de vandret ut. Bare noen få individer ble gjenfanget i fella eller andre steder mer enn ett år etter smoltutvandring, og total gjenfangstprosent var 33,6. Med noen få unntak så fortsatte sjørøyene å vandre mellom elva og sjøen hver sommer, og overvintret i ferskvann inntil de forsvant, sannsynligvis fordi de hadde dødd.

I motsetning til sjørøyene, så returnerte bare 20,6 % (variasjon mellom år: 8,3 – 37,0 %) av sjørretene til Halselva i løpet av den samme sommeren som de vandret ut i sjøen. Mange individer av sjørret dukket for første gang opp i fella to eller tre år etter at de vandret ut som smolt, og enkelte kom tilbake til fella for første gang eller ble gjenfanget andre steder opptil seks år etter smoltutvandring. Total gjenfangstprosent var 28,1. Rapporterte gjenfangster og vekstmønster tyder på at de aller fleste som ikke kom tilbake til Halselva også overvintret i ferskvann, vesentlig i Altaelva.

Laksens overlevelse i sjøen inntil de kom tilbake til kysten varierte mellom 0,4 og 6,9 %. En betydelig del ble beskattet i sjøen, og andelen som klarte å komme tilbake til Halselva var mellom 0,4 og 3,5 %. Det synes å ha vært periodiske svingninger i sjøoverlevelsen, med god overlevelse på slutten av 1980-tallet og først på 2000-tallet. Høyest overlevelse ble registrert i 1988 og 2003 og lavest overlevelse i 2008.

Det var svært god korrelasjon mellom årlige gjennomsnittsverdier for sjørreten og sjørøya både når det gjelder tilvekst, lengden på første sjøopphold og standardisert vekst-spesifikk veksthastighet den første sommeren i sjøen, noe som viser at de to artene i stor grad var påvirket av de samme omgivelsesfaktorene mens de var i sjøen. For begge artene var det signifikant sammenheng mellom standardisert vekst-spesifikk veksthastighet og andelen fisk som kom tilbake til fella den første sommeren. Det samme gjaldt sammenhengen mellom total tilvekst den første sommeren i sjøen og andelen fisk som kom tilbake til fella den samme sommeren for både sjørret og sjørøye.

Det ble registrert en klar sammenheng mellom vanntemperaturen og lengden på sjøoppholdet den første sommeren sjørreten og sjørøya fra Halselva var i sjøen, ved at smolten vandret tidligere ut i sjøen når elvetemperaturen om våren (juni) var høy, og de vandret tidligere tilbake til elva når sjøtemperaturen på ettersommeren (august) var høy. Varigheten av sjøoppholdet synes derfor å være styrt av klimatiske forhold.

Imidlertid ble det ikke funnet noen sammenheng mellom temperatur og tilvekst eller overlevelse i sjøen. Generelt er det temperatur og næringstilgang som er de to viktigste faktorene av betydning for vekst hos fisk. Dersom temperaturen hadde vært bestemmende for årlige variasjoner i marin vekst og overlevelse, så burde det vært bedre sammenheng mellom årlige variasjoner i vekst og sjøtemperatur enn det som ble registrert. En burde også forventet en bedre korrelasjon til North Atlantic Oscillation (NAO). Det er derfor mest sannsynlig at det er næringstilgangen som styrer marin vekst hos disse to bestandene, men data for laksefiskenes næringstilgang i Altafjorden har ikke vært tilgjengelig for testing.

Arne Johan Jensen, Bengt Finstad, Peder Fiske og Laila Saksgård, Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim.

# Innhold

<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>Innhold .....</b>	<b>5</b>
<b>Forord .....</b>	<b>6</b>
<b>1 Innledning.....</b>	<b>7</b>
<b>2 Metoder og materiale .....</b>	<b>9</b>
2.1 Områdebeskrivelse.....	9
2.2 Fiskefella.....	11
2.3 Omgivelsesfaktorer.....	12
<b>3 Resultater .....</b>	<b>13</b>
3.1 Bestandsstørrelse og bestandsutvikling.....	13
3.2 Utvandring av smolt.....	14
3.2.1 Antall smolt .....	14
3.2.2 Alder og størrelse på smolten.....	15
3.2.3 Tidspunkt for smoltutvandring .....	17
3.2.4 Smoltens kjønnsfordeling og gytemodning .....	19
3.3 Tilvekst og oppholdstid den første sommeren i sjøen.....	19
3.4 Sjøoverlevelse .....	21
3.4.1 Tilbakevandring av sjørøye og sjørret til Halselva .....	21
3.4.2 Sjørøyas og sjørretens overlevelse i sjø og ferskvann i årene etter smoltutvandring .....	24
3.4.3 Sjøoverlevelse hos laks .....	25
3.5 Kjønnsmodning.....	26
3.6 Omgivelsesfaktorer av betydning for marin vekst og overlevelse.....	26
<b>4 Diskusjon.....</b>	<b>28</b>
4.1 Smoltutvandring.....	28
4.2 Tilvekst og oppholdstid den første sommeren i sjøen.....	29
4.3 Overlevelse i sjøen .....	30
4.4 Omgivelsesfaktorer av betydning for marin vekst og overlevelse.....	30
<b>5 Referanser .....</b>	<b>31</b>

## Forord

Fiskefellene for opp- og nedvandrende fisk i Halselva ble bygd våren 1987, og var i funksjon i den isfrie delen av året hvert år fram til høsten 2012, da de ble demontert og elva ble tilbakeført til sin opprinnelige form. En rekke personer har vært involvert i pass av fella opp gjennom årene, spesielt de ansatte ved Statkrafts settefiskanlegg. Vi vil takke alle de som har deltatt i dette arbeidet.

Miljødirektoratet takkes for økonomisk støtte til å skrive rapporten.

Trondheim, januar 2016  
Arne J. Jensen  
prosjektleder



# 1 Innledning

Sjørret og sjørøye lever naturlig i alt fra små bekker til store elver. Sjørreten er tilstede langs hele kysten vår, mens sjørøya bare finnes i de tre nordligste fylkene. En regner med at det er 100 bestander av sjørøye og 1161 bestander av sjørret i Norge (Anon. 2009, Halvorsen 2012). Bestandene av begge artene består av en blanding av stasjonære og sjøvandrende individ, hvor den sjøvandrende andelen varierer fra vassdrag til vassdrag. Det er vanligvis en overvekt av hunner blant de sjøvandrende ørretene, mens kjønnsfordelingen er mer lik hos sjørøya. Det fins 465 vassdrag som har eller har hatt en selvreproduserende laksebestand. Av disse regnes 49 som kritisk eller tapt (Fiske mfl. 2013).

Ifølge Norges offisielle fangststatistikk har fangstene av både sjørret, sjørøye og laks vært negative utover 2000-tallet. På landsbasis har fangstene av sjørret falt med ca. 35 %, men det har vært endel regionale forskjeller. Nedgangen har vært særskilt stor fra og med Nord-Trøndelag og sørover, og i enkelte av fylkene er nedgangen tett under 80 %. Imidlertid har rapportert fangst av sjørret de siste årene tatt seg noe opp i enkelte regioner, spesielt i nord (Anon. 2009). En fersk gjennomgang av bestandsutviklingen i Norge ble utført av Jensen (2015). For sjørøye har nedgangen i fangstene vært størst i Troms og Finnmark. Rapportert fangst av laks har avtatt med ca. 50 % siden 2000 (Anon. 2015), Tilbakegangen av alle de tre artene har ført til kraftige reguleringer i fisket de siste årene, og fangststatistikken bør derfor betraktes med forsiktighet.

Forvaltningen av laksefisk krever inngående kunnskap til alle deres livsstadier, og synliggjøring av eventuelle flaskehalsar som påvirker deres overlevelse. På bakgrunn av den negative utviklingen av sjørretfangstene i store deler av landet de senere år, skrev ei arbeidsgruppe utnevnt av Direktoratet for naturforvaltning i 2008 et problemnotat om sjørret, der gruppa blant annet konkluderte med at langtidsrettet overvåkning av livshistorie og sjøoverlevelse hos sjørret bør styrkes (Anon. 2009). I den forbindelse ble det anbefalt at det bør settes i gang et arbeid for å gjennomgå eksisterende materialer (Anon. 2009). Disse anbefalingene er det naturlig å overføre også til sjørøye og laks.

Alle tre artene gyter om høsten. Sjørreten og laksen gyter på rennende vann. Sjørøya foretrekker innsjøer, men enkelte steder gyter den også på rennende vann. Eggene til alle artene klekkes om våren. Sjørreten og laksen lever de første årene av sitt liv i elver og bekker, men kan også vokse opp i strandområder i innsjøer. Ungfisk av sjørøye lever vesentlig på relativt dypt vann i innsjøer, men enkelte steder også i bekker. Etter ett til sju år, men vanligvis mellom to og fem år, har sjørret og laks vokst seg store (oftest 13-25 cm), blitt til smolt og vandrer ut i havet om våren. Det er større spredning i smoltalder hos sjørøya, fordi individer som lever i rennende vann vokser mye raskere enn de som lever på dypt vann i innsjøer. I Halselva er for eksempel vanlig smoltalder til sjørøya 2-10 år, der de som lever i rennende vann oftest er 2-4 år, mens de som har vokst opp i innsjøen (Storvatnet) oftest er 4-10 år (Jensen 1995, Jensen mfl. 2012).

Smolten av alle tre artene vandrer ut om våren eller forsommeren, tidligere i sør enn i nord. I Halselva, for eksempel, vandrer smolt ut gjennom hele sommerhalvåret, men de fleste vandrer ut i slutten av juni og første halvdel av juli. Laksesmolt vandrer ut først, deretter sjørøya og så sjørreten. Sjørøyesmolten vandrer ut litt lakse- og mer konsentrert enn sjørretsmolt (Jensen mfl. 2012).

Vel ute i sjøen sprer sjørret og sjørøye seg gradvis ut i fjordene. I motsetning til laksen blir de i fjordene. De fleste oppholder seg mindre enn 30-40 km fra elva de vokste opp i, men noen kan også vandre 100 km eller mer.

Ute i sjøen spiser sjørreten mer fisk enn sjørøya. I nord ser det ut som om sjørreten bare spiser fisk allerede ved en lengde på 25 cm, dersom fisk er tilgjengelig (Rikardsen mfl. 2007a). Sild er det viktigste fiskeslaget i føden, dersom den er tilgjengelig, og særlig for de større ørretene. Som for sjørøye, spiser de minste ørretene krepsdyr og insekter når de er i sjøen (Rikardsen mfl. 2007a).

Både sjøørreten og sjørøya vandrer hvert år mellom sjø og ferskvann gjennom hele livet. Det er også påvist at de kan overvintre i sjøen både i sør og nord, men i nord synes det å være bare bestander fra vassdrag der det ikke er innsjøer tilgjengelig til overvintring (Jensen & Rikardsen 2008, Jensen & Rikardsen 2012, Rikardsen mfl. 2006). Dette er en tilpasning for å øke næringsopptak og vekst. Oppholdet i sjøen varierer mellom bestandene, med lengre opphold i sør enn i nord, og noe lengre for sjøørret enn for sjørøye. Bestandene av sjørøye og sjøørret i Vardneselva i Troms, for eksempel, oppholdt seg i gjennomsnitt henholdsvis 48 og 68 dager i sjøen (Berg & Berg 1989, Berg & Berg 1993).

Publiserte tall for feilvandring av sjøørret og sjørøye varierer svært mye, men det kommer delvis av at det i enkelte publikasjoner er tatt med gjellfisk i estimatene (Moore mfl. 2013). Det synes derfor å være lite feilvandring blant disse artene, selv i områder hvor det hovedsakelig er små bekkesystem som brukes. Begge artene kan imidlertid bruke andre vassdrag til overvintring som umoden fisk, men returnerer for å gyte i hjemmevassdraget (Jensen mfl. 2015). Begge artene blir oftest kjønnsmodne etter 1-4 somrer i sjøen.

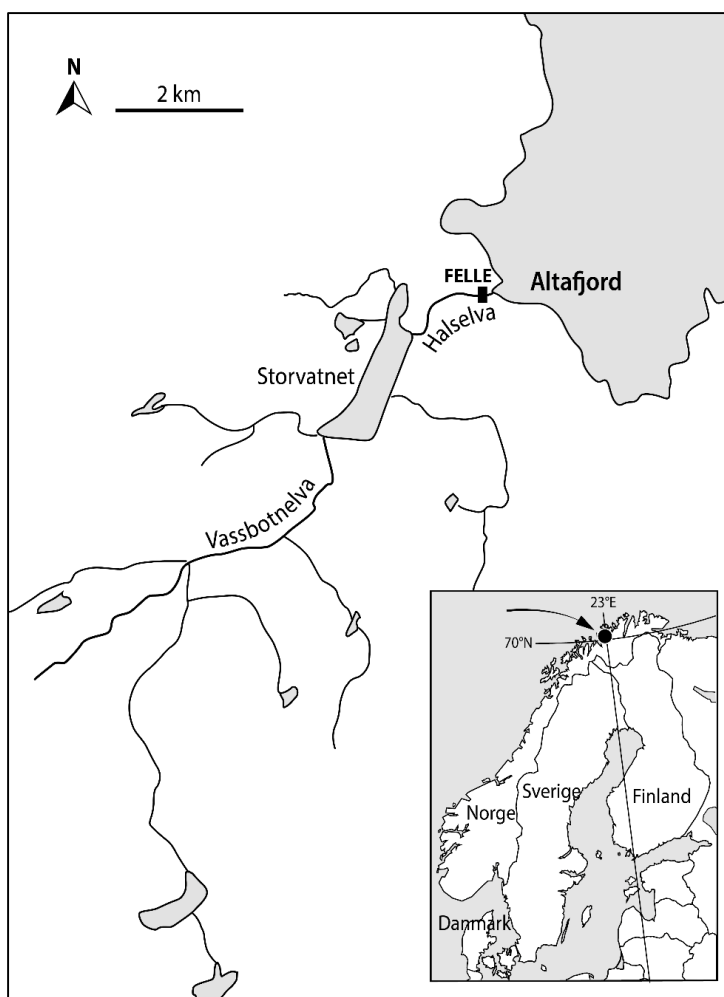
En av de aller beste langtidsseriene på anadrome laksefisk som finnes i Norge, spesielt på sjøørret og sjørøye, er fra Halselva i Finnmark, der det var konstruert feller som fanget all nedvandrende og oppvandrende laksefisk i 26 år, fra de ble bygd våren 1987 til de ble demontert høsten 2012. All fisk over en viss størrelse (14 cm for laks og 18 cm for sjøørret og sjørøye) ble merket med individuelt nummererte Carlin-merker, mens mindre fisk ble gruppemerket ved å klippe en flik av et kjevebein, varierende fra år til år på en systematisk måte mellom høyre, venstre eller begge, for å skille mellom smoltårsklassene. Hvert enkelt individ kunne deretter registreres på nytt hver gang de senere i livet passerte fella i Halselva, oftest to ganger i året (vår og høst). Felledrift og dataanalyser ble i alle disse årene delfinansiert av Miljødirektoratet (tidligere Direktoratet for naturforvaltning). Midlene til analyser var imidlertid inntil i 2015 øremerket laks, og dataseriene på sjøørret og sjørøye er fremdeles bare delvis bearbeidet. NINA er derfor nå i besittelse av to flotte 26 år lange dataserier på sjøørret og sjørøye, med så omfattende data at det kreves flere årsverk til analyser og rapportering/publisering. I denne rapporten beskrives smoltutvandringen for de tre artene, samt marin vekst og overlevelse. For sjøørret og sjørøye er innsatsen av ressurs hensyn konsentrert om den første sommeren i sjøen.

## 2 Metoder og materiale

### 2.1 Områdebeskrivelse

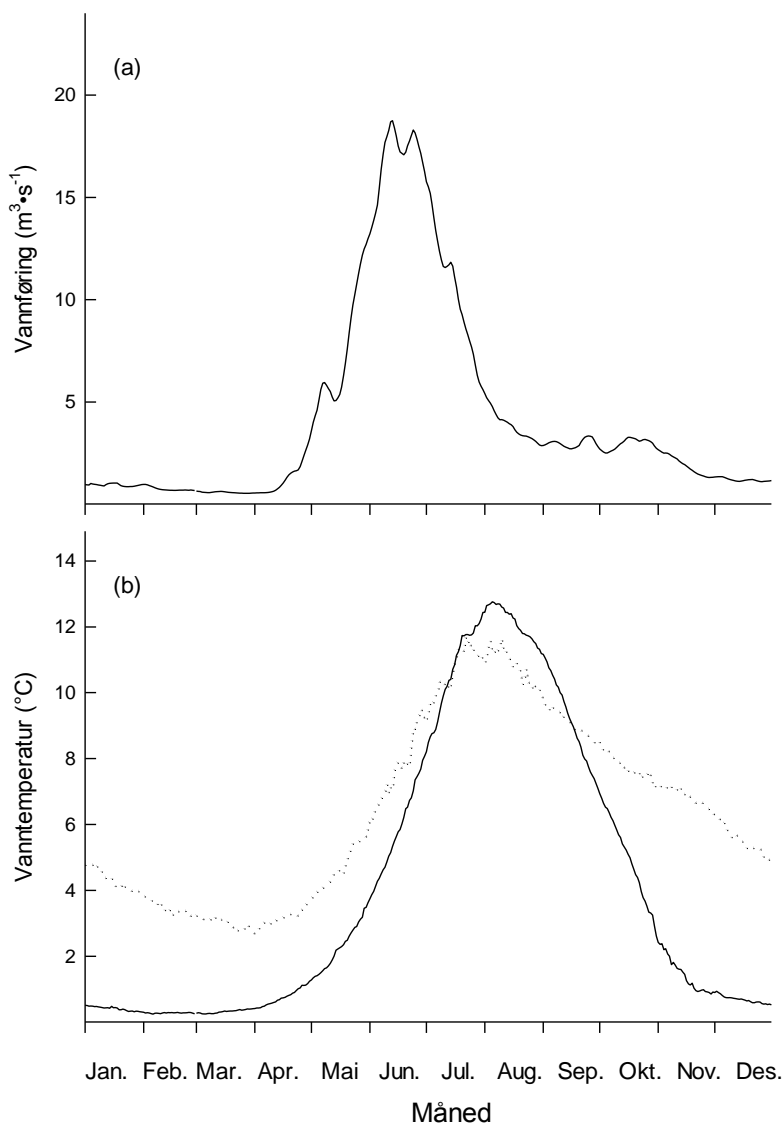
Halselvassdraget (212.2Z) ligger i Alta kommune i Finnmark, ca. 3 mil vest for Alta (70° 2' N, 22° 57' Ø). Vassdraget har et nedslagsfelt på 143 km<sup>2</sup>, og renner ut i Altafjorden (**figur 2.1**). Ca. 20 km av vassdraget er tilgjengelig for anadrome laksefisk (laks, sjørret og sjørøye). Dette inkluderer en 1,2 km<sup>2</sup> innsjø (Storvatnet), som ligger 30 m over havet og har sitt utløp 2,1 km fra sjøen. Utløpselva fra innsjøen heter Halselva, og den største tilløpselva heter Vassbotnelva.

Vassdraget er islagt fra november/desember til mars/april. Gjennomsnittlig vannføring er 4,3 m<sup>3</sup>/s. Vannføringen er karakterisert ved svært lav vannføring mens elva er islagt, en betydelig økning i snøsmeltingsperioden i mai-juni, og gradvis synkende vannføring utover sommeren (**figur 2.2a**). Temperaturen i Halselva er nær null mens elva er islagt, øker i løpet av våren og sommeren til et maksimum på omkring 13 °C i første halvdel av august, før den avtar gradvis igjen utover høsten (**figur 2.2b**). Sjøtemperaturen er lavest (2,5 °C) i slutten av mars og høyest (omtrent 11 °C) i slutten av juli og begynnelsen av august (**figur 2.2b**). Halselva renner rett ut i Altafjorden uten noe markert brakkvannsområde, og det er begrenset med områder til å overvin-tre i ferskvann nedenfor fiskefella.



**Figur 2.1.** Oversikt over Halselvassdraget, med plassering av fella ca. 200 m ovenfor utløpet i Altafjorden.

Like ved fella ligger et settefiskanlegg som ble bygd av Statkraft i 1987 og var i drift til 2012. Anlegget ble bygd for å produsere laksesmolt til utsetting i Altaelva, som en del av konsesjonsbetingelsene for kraftutbyggingen i Altaelva. Anlegget produserte laksesmolt som ble satt ut i Altaelva, men det ble også produsert laks, ørret og røye som ble satt ut i Halselva. Utsettingene i Halselva ble gjort delvis som kontrollerte forsøk for å finne optimale produksjonsmetoder og utsettingstidspunkt for smolt, men også som forsterkningstiltak for å styrke bestandene i Halselva i tilfelle fella hadde negative effekter på disse bestandene. Første del av 1990-tallet ble det dessuten gjennomført betydelige utsettelser av røysemolt for å se om det var mulig å utvikle et havbeite på denne arten i regionen.



**Figur 2.2.** (a) Årlig variasjon i vannføring i Halselva (gjennomsnitt for perioden 1989-2012) og (b) årlig variasjon i vanntemperatur i Halselva (heltrukket linje) og i sjøen like utenfor elva (prikket linje) (gjennomsnitt for perioden 1987-2012 for begge dataserier).

## 2.2 Fiskefella

Våren 1987 ble det bygd permanente fiskefeller for opp- og nedvandrende fisk i Halselva ca. 200 m fra sjøen. Fellene var i drift til og med sesongen 2012, og ble demontert og fjernet våren 2014. Nedvandrende fisk ble fanget i ei Wolf-felle (Wolf 1951), som hadde ei helning på 1:10 og spalter på 10 mm, og fanget all fisk større enn 10 cm. Oppgangsfella var ei boksfelle. Fellene var operative hele den isfrie delen av året (april-oktober), og ble tømt to ganger i døgnet (kl. 8 og 20).

All opp- og nedvandrende fisk ble bedøvd før de ble målt (mm) og veid (g). Individer over 14 cm (over 18 cm for ørret og røye etter 1993) ble individuelt merket med nummererte Carlin-merker (Carlin 1955), mens mindre fisk ble gruppemerket ved å klippe en flik av ett eller begge overkjevebein (Gjerde & Refstie 1988) på en systematisk måte for å kunne identifisere hvilket år de vandret ut fra vassdraget. Eventuelle merker og skader ble notert og antall lakselus talt før de ble oppbevart 12 timer til observasjon og så sluppet fri igjen. Fra 1988 av kunne en på denne måten skille førstegangsvandrere (smolt) fra veteranvandrere (merkede individer) i fella. Ut fra merkingene kunne en også skille naturlig produsert (vill) fisk fra anleggsprodusert (utsatt) fisk. Et utvalg av naturlig produsert smolt ble avlivet for å sjekke alder, kjønn og kjønnsmodning.

Et utvalg av smolt (vanligvis hvert trettiende individ) ble hvert år avlivet i fella, og alder, kjønn og kjønnsutvikling ble analysert.

I denne rapporten er bare livshistorietrekk til naturlig produsert fisk beskrevet. Med naturlig produsert fisk menes fisk som har levd hele livet i vassdraget, inkludert eggstadiet, og som er produsert av foreldre som har gytt under naturlige betingelser uten påvirkning fra mennesker. Resultater av forsøk med utsatt fisk i vassdraget er tidligere publisert i en rekke rapporter, senest av Strand & Finstad (2011).

Til å beregne vekst og overlevelse ble det i denne rapporten benyttet sjørørret og sjørøye mellom 18 og 28 cm som vandret ut fra Halselva før 1. august hver år, og som var merket med nummererte Carlin-merker. Totalt for perioden 1988-2012 utgjorde dette 14652 sjørørretsmolt og 11756 sjørøyesmolt.

Standardisert vekt-spesifikk veksthastighet ( $\Omega$ , prosent pr. dag) ble regnet ut slik (Ostrovsky 1995):

$$\Omega = 100 * (M_2^b - M_1^b) / b * (t_2 - t_1),$$

der  $M_1$  og  $M_2$  er fiskens vekt (g) ved starten og slutten av en periode,  $t_1$  og  $t_2$  er dato for henholdsvis start og slutt på perioden, og  $b$  er allometrisk vekt eksponent for sammenheng mellom spesifikk vekstrate og fiskens vekt, som ble satt lik 0,31 av Elliott mfl. (1995). En fordel ved å benytte  $\Omega$  er at den fjerner effekter på vekstrater av forskjellig startvekt ved beregningene (Finstad mfl. 2011, Forseth mfl. 2011, Sigourney mfl. 2008).

For sjørørret og sjørøye ble f. eks.  $\Omega$  den første sommeren de var i sjøen beregnet ved å sette vekta da de vandret ut i sjøen som smolt lik  $M_1$  og vekta da de kom tilbake til Halselva den samme sommeren lik  $M_2$ ,  $t_1$  og  $t_2$  var datoene for henholdsvis utvandring til sjøen og tilbakevandring til Halselva, og  $t_2 - t_1$  var lengden på sjøoppholdet.

I perioden 1990-1993 ble det utført omfattende forsøk med havbeite på sjørøye i vassdraget. I disse fire årene ble henholdsvis 15100, 7400, 48500 og 21500 røyesmolt satt ut i Halselva. I tillegg ble det i desember i 1991 og 1992 satt ut henholdsvis 5000 og 2200 presmolt av røye i Storvatnet. All utsatt fisk var merket med nummererte Carlin-merker eller fargemerker, og kunne derfor lett skilles fra naturlig produsert fisk i fella. Antallet utsatt fisk var så høyt, spesielt i 1992, at det høyst sannsynlig påvirket tilvekst og overlevelse i sjøen hos både utsatt og naturlig produsert fisk. For å begrense påvirkningen av disse utsettingene i resultatene er alle disse fire årene holdt utenom ved analyser av tilvekst og overlevelse i sjøen for både sjørøye og sjørørret.

## 2.3 Omgivelsesfaktorer

Vannføringen i Halselva (**figur 2.2.a**) ble målt daglig ved Halsnes (st. 212.49) i hele perioden 1987-2012 av NVE.

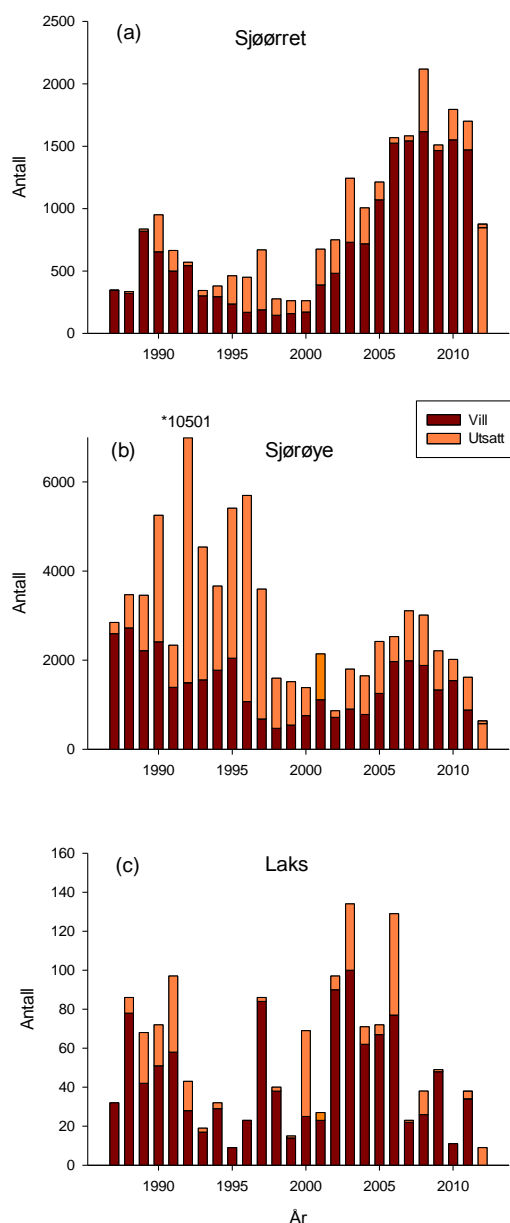
Vanntemperaturen i Halselva ble målt av NVE ved Halsnes (st. 212.49, periode 1990-2001) og nedenfor Storvatnet (st. 212.62, periode 1994-2012) og av NINA ved fiskefella (de fleste år i den perioden av året da fella var i drift). Ingen av seriene var komplett for hele perioden 1987-2012, men ved å kombinere dataene ble det meste av perioden dekket (**figur 2.2.b**).

Sjøtemperaturer i Altafjorden (omtrent 100 m fra land og 300 m nord for utløpet av Halselva) ble målt av NINA med temperaturloggere på 3 m og 8 m dyp i perioden 1987-2012. Målefrekvensen var hver fjerde time i perioden 1987-1998 og hver time etter 1998.

Månedlige gjennomsnittsverdier for NAO (North Atlantic Oscillation) for perioden 1987-2012 er hentet fra National Oceanic and Atmospheric Administration, United States department of Commerce (NOAA) (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml>). NAO er et mål for trykkforskjellen mellom Asorene og Island. Positive verdier for NAO angir høyere enn gjennomsnittlig lufttrykk ved Azorene og lavere trykk en gjennomsnittet ved Island. Denne situasjonen fører til at flere og sterkere vinterstormer krysser Atlanterhavet i en mer nordlig bane enn ellers, og fører til varme og våte vintrer i Europa. Negative verdier av NAO fører til at færre og svakere vinterstormer krysser Atlanterhavet, og bringer kald luft til Nord-Europa.

## 3 Resultater

### 3.1 Bestandsstørrelse og bestandsutvikling



**Figur 3.1.1.** Antall individer av (a) sjørørret, (b) sjørøye og (c) laks som ble registrert i oppgangsfella i Halselva i årene 1987 til 2012. Det er skilt mellom naturlig produsert (mørk brun) og utsatt (lys brun) fisk. I 1992 ble det registrert 10501 individer av sjørøye (derav 9009 utsatt). Merk at det er ulik skala på y-aksene.

Antall individer av sjørørret, sjørøye og laks som ble registrert i oppgangsfella i Halselva i årene 1987-2012 er vist i **figur 3.1.1**. Sjørøya var mest tallrik, fulgt av sjørørreten, mens laksebestanden bestod av betydelig færre individer enn de to andre artene. Bestanden av sjørørret økte betydelig i perioden, mens bestanden av sjørøye avtok. Bestanden av laks har variert betydelig, men var de siste årene lavere enn først på 1990-tallet og rundt 2005.

Tallene i **figur 3.1.1** inkluderer både naturlig produsert fisk (villfisk) og fisk som var produsert i settefiskanlegget og satt ut i Halselva. Utsettingene skjedde enten som eksperimenter for å finne optimale produksjons- og utsettingsmetodikker, eller som forsterkning av de ville bestandene som en kompensasjon for eventuelle skader fella påførte bestandene.

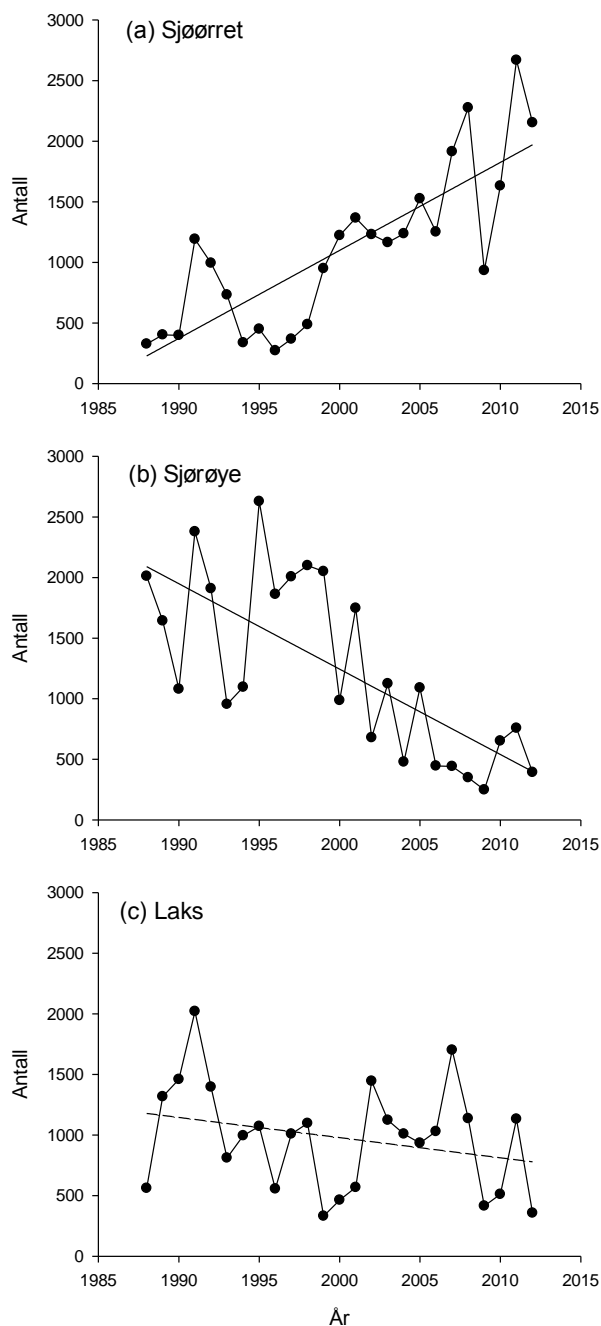
I perioden 1990-1993 ble det imidlertid utført omfattende forsøk med havbeite på sjørøye, og et stort antall sjørøyesmolt ble satt ut i Halselva. Dette vises tydelig i **figur 3.1.1b**, i og med at det i årene 1990-1997 ble registrert et stort antall utsatt sjørøye i oppgangsfella i Halselva. Høyest antall av utsatt fisk i oppgangsfella (9009 individer) ble registrert i 1992.

Det var betydelige svingninger i alle tre bestandene i løpet av de 25 årene fella var i drift. Det synes som om de tre bestandene har svingt i takt, med relativt store bestander rundt 1990, nedgang utover 1990-tallet til et minimum på slutten av 1990-tallet, og så en økning igjen til en topp mellom 2005 og 2010. I 2012, det siste året fella var i drift, var antallet oppvandrende individer av alle de tre artene lavere enn året før. At svingningene har skjedd synkront, tyder på at felles omgivelsesfaktorer i alle fall delvis er årsak til bestandsvariasjonene.

## 3.2 Utvandring av smolt

### 3.2.1 Antall smolt

Antall naturlig produsert smolt av sjøørret, sjørøye og laks som ble registrert i nedgangsfella i Halselva i årene 1988-2012 er vist i **figur 3.2.1**. I gjennomsnitt for perioden ble det registrert  $1100 \pm 665$  ( $\pm$  SD),  $1245 \pm 723$  og  $978 \pm 438$  smolt av henholdsvis sjøørret, sjørøye og laks. Det var en signifikant økning i antall sjøørretsmolt ( $r^2 = 0,646$ ,  $F_{1,23} = 42,0$ ,  $p < 0,001$ ) og en signifikant nedgang av antall sjørøyesmolt i perioden ( $r^2 = 0,515$ ,  $F_{1,23} = 24,5$ ,  $p < 0,001$ ). Antallet laksesmolt avtok også noe, men dette var ikke signifikant ( $r^2 = 0,078$ ,  $F_{1,23} = 1,96$ ,  $p > 0,05$ ).

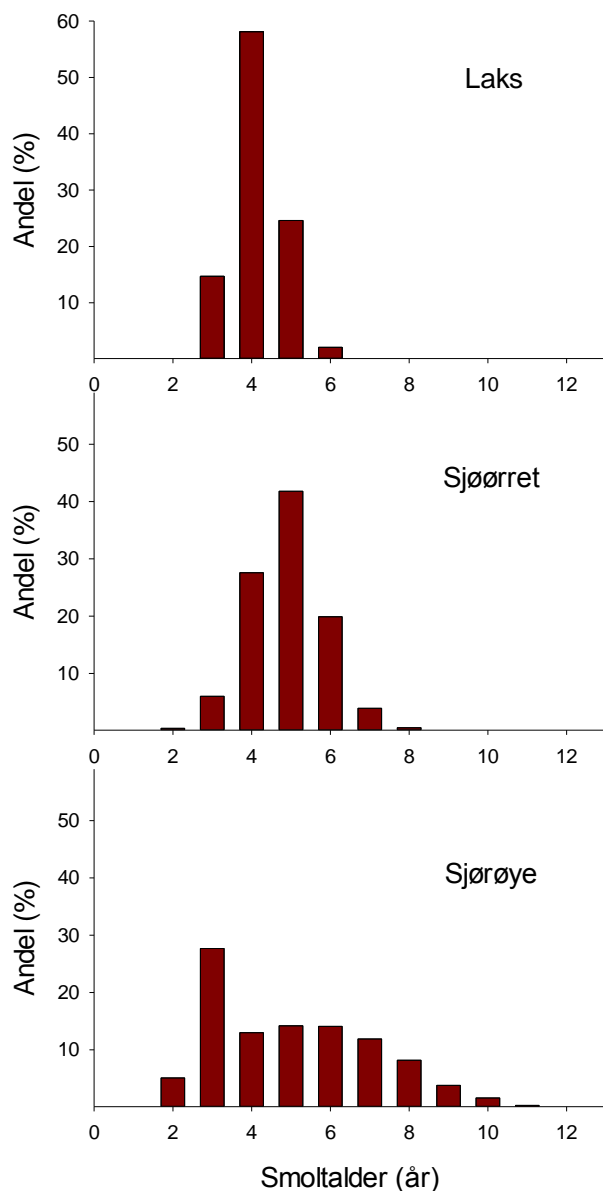


**Figur 3.2.1.** Antall naturlig produsert smolt av (a) sjøørret, (b) sjørøye og (c) laks som ble registrert i nedgangsfella i Halselva i årene 1988-2012.



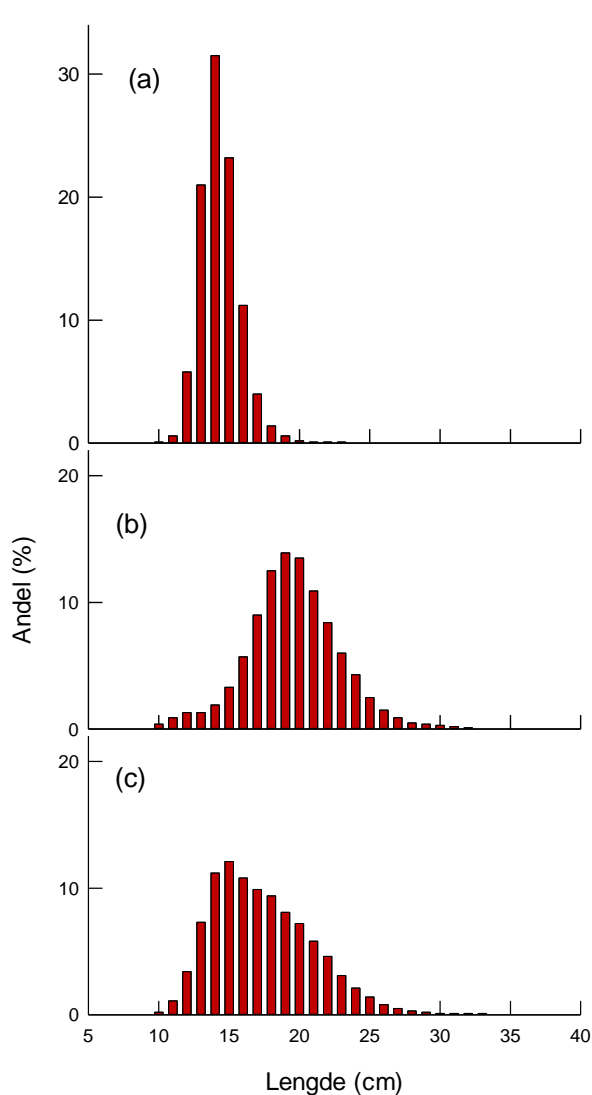
### 3.2.2 Alder og størrelse på smolten

I gjennomsnitt var laksesmoltene yngst ( $4,14 \pm 0,69$  (SD) år) og røyesmoltene eldst ( $5,04 \pm 2,05$  år). Alderen på sjørretsmoltene var  $4,88 \pm 0,97$  år. Det var imidlertid betydelig større variasjon i alder hos røyesmoltene enn de to andre artene. Mange av røyesmoltene var så unge som 2-3 år, mens andre var opptil 12 år (**figur 3.2.2**).



**Figur 3.2.2.** Aldersfordeling hos smolt av (a) laks ( $n = 1534$ ), (b) sjørret ( $n = 822$ ) og (c) sjørøye ( $n = 1626$ ) som vandret ut fra Halselva i perioden 1988-2012. Modifisert etter Jensen mfl. (2012).

Lakesmoltene var minst (gjennomsnitt  $142,8 \pm 14,28$  mm), ørretsmoltene størst ( $195,2 \pm 33,55$  mm), og røyesmoltene var mellom disse ( $173,2 \pm 35,91$  mm). Blant laksene var de fleste individene mellom 130 og 170 mm, mens en betydelig del av de to andre artene var større enn 170 mm (**figur 3.2.3**). Hos alle artene økte størrelsen av smolten med alderen, med tydeligst økning hos ørreten (**tabell 3.2.1**).



**Figur 3.2.3.** Lengdefordeling av smolt av (a) laks, (b) sjørret og (c) sjørøye som vandret ut fra Halselva i perioden 1988-2012. Modifisert etter Jensen mfl. (2012).

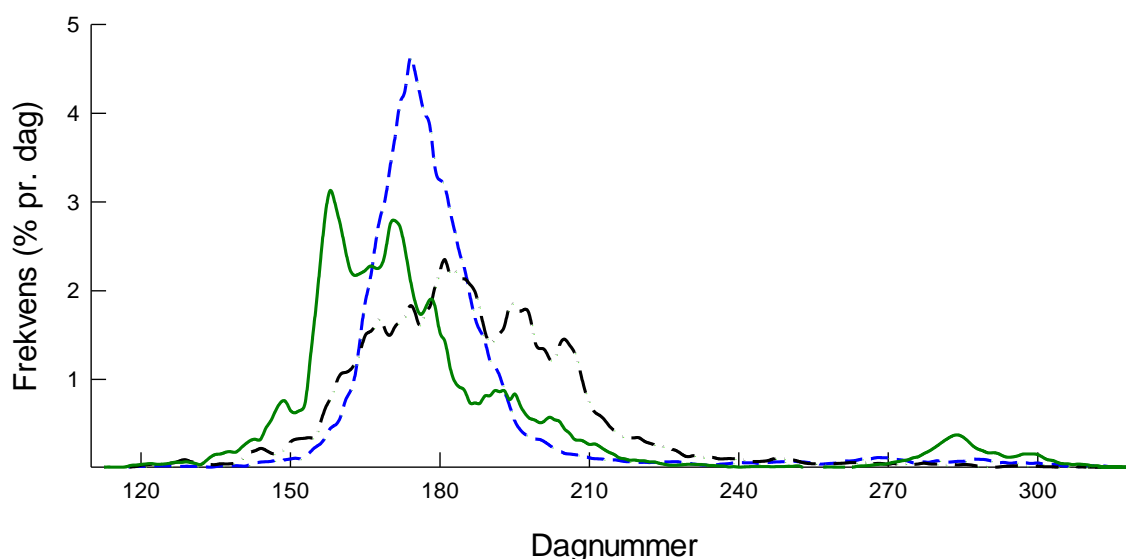
**Tabell 3.2.1.** Gjennomsnittlig lengde (mm) av laks-, ørret- og røyesmolt av forskjellig alder fanget i nedvandingsfella i Halselva i perioden 1988-2009.

Smolt- alder (år)	Laks			Ørret			Røye		
	Lengde	SD	n	Lengde	SD	n	Lengde	SD	n
2	117.67	13.65	3	116.67	10.97	3	127.75	11.13	83
3	133.78	11.61	226	149.79	25.35	48	145.09	18.54	453
4	142.94	12.64	893	178.64	22.11	221	166.62	22.99	213
5	152.14	15.91	379	193.36	19.04	335	184.54	24.12	233
6	158.78	14.15	32	203.47	19.25	159	191.88	28.63	229
7	149	14.14	2	215.68	25.83	31	193.46	26.05	194
8				216	32.41	4	192.66	26.16	134
9							195.77	25.5	62
10							196.85	19.1	26
11							197	42.48	5
12							183	-	1

### 3.2.3 Tidspunkt for smoltutvandring

Generelt vandret laksen ut først, fulgt av røya og så ørreten, men smolt av alle de tre artene vandret ut fra Halselva det meste av den isfrie perioden av året (**figur 3.2.4**). Median dato for utvandring var 21. juni, 26. juni og 4. juli for henholdsvis laks, røye og ørret (**tabell 3.2.3**). Median dato for utvandring var signifikant forskjellig for de tre artene (parvise t-tester;  $t = 8,25$ ,  $P < 0,001$ , d.f. = 24 for laks ~ ørret;  $t = 2,45$ ,  $p = 0,022$ , d.f. = 24 for laks ~ røye;  $t = 7,25$ ,  $p < 0,001$ , d.f. = 24 for ørret ~ røye).

Hovedperioden for utvandring, dvs. antall dager fra 25 % til 75 % av smolten hadde forlatt elva, varte i  $13,50 \pm 4,82$  ( $\pm$  SD) dager hos røye, og dette var signifikant kortere enn for laks ( $25,32 \pm 12,79$  dager) og ørret ( $27,44 \pm 8,24$  dager) (parvise t-tester;  $t = 5,09$ ,  $P < 0,001$ , d.f. = 24 for laks ~ røye;  $t = 10,04$ ,  $p < 0,001$ , d.f. = 24 for ørret ~ røye;  $t = 0,93$ ,  $p = 0,361$ , d.f. = 24 for laks ~ ørret). Det var imidlertid en betydelig variasjon i median dato fra år til år, med 28, 15 and 29 dager mellom tidligste og seneste median dato for henholdsvis laks, røye og ørret (**tabell 3.2.3**). Til forskjell fra de andre artene, så hadde villaksen også en liten topp i utvandring på høsten (**figur 3.2.4**).

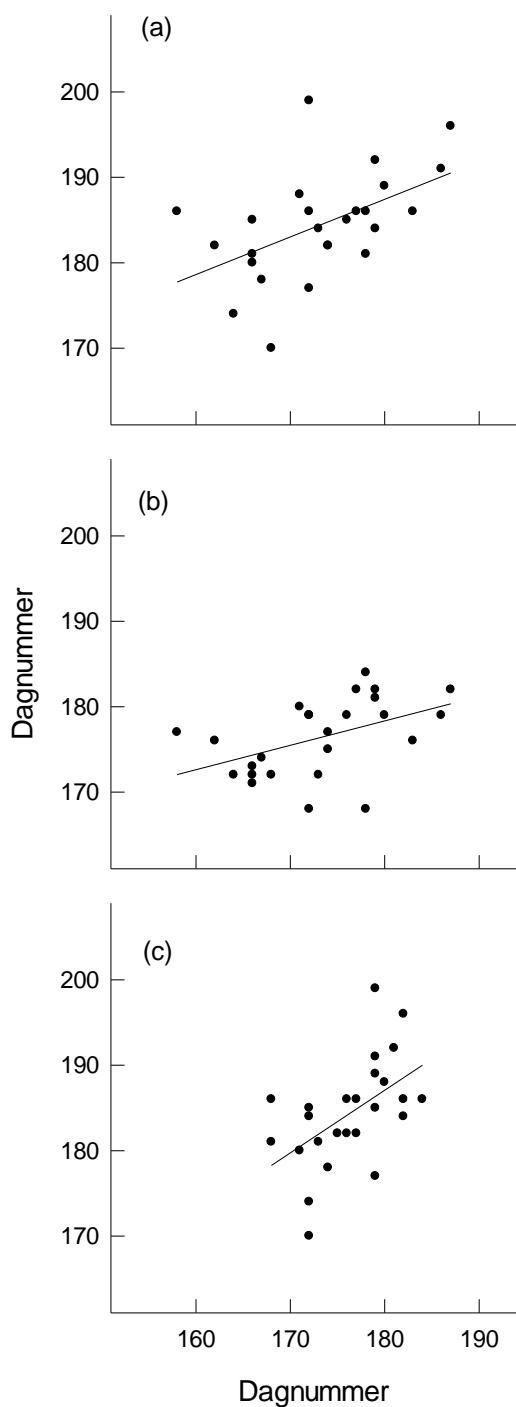


**Figur 3.2.4.** Tidspunktet for smoltutvandring hos laks (heltrukket, grønn linje), ørret (strek og prikker), og røye (blå streker) fra Halselva i perioden 1988-2012 (fem dagers bevegelig gjennomsnitt). Modifisert etter Jensen mfl. (2012).

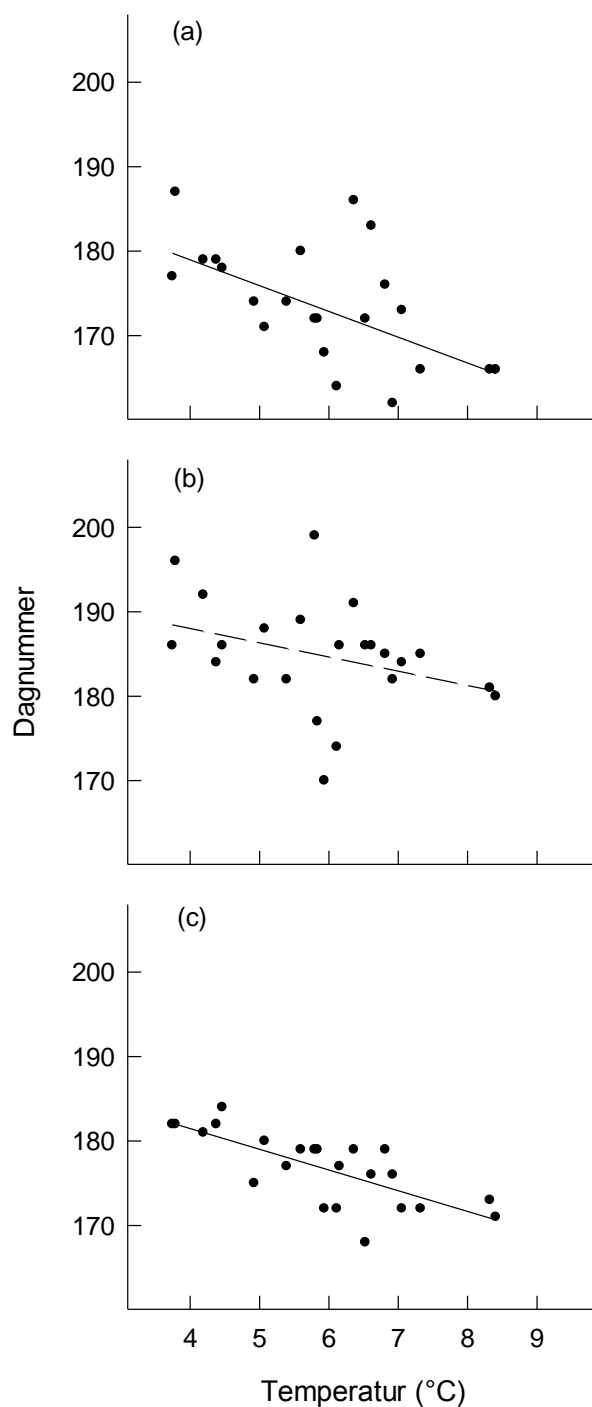
Median dato for utvandring korrelerte signifikant mellom de tre artene fra år til år (**figur 3.2.5**). Det vil si at i år når laksen vandret tidlig ut, så vandret også ørreten og røya tidlig, og omvendt. Det var ingen signifikant trend mot tidligere eller senere median dato for utvandring i løpet av perioden fra 1988 til 2012 for noen av artene (ANOVA,  $p > 0,05$ ). Det var heller ingen trend i gjennomsnittlig elvetemperatur i juni i denne tidsperioden ( $y = -72,3 + 0,039 x$ ,  $r^2 = 0,042$ ,  $p > 0,05$ ), noe som viser at det ikke var noen sporbar effekt av klimaendring på utvandringstidspunktet i perioden.

**Tabell 3.2.3.** Median dato for utvandring og variasjon mellom år for smolt av laks, røye og ørret. Data for smolt fanget i fiskefella i Halselva i årene 1988-2012.

Art	Median dato	Variasjon mellom år
Laks	21. juni	7. juni - 5. juli
Røye	26. juni	17. juni - 2. juli
Ørret	4. juli	19. juni - 18. juli



**Figur 3.2.5.** Sammenheng mellom median dato for smoltutvandring (dagnummer) for de tre artene av laksefisk i Halselva i perioden 1988-2012: (a) Laks og ørret ( $y = 0,441x + 108,1$ ,  $r^2 = 0,262$ ,  $p < 0,01$ ), (b) laks og røye ( $y = 0,286x + 126,9$ ,  $r^2 = 0,219$ ,  $p < 0,05$ ) og (c) røye og ørret ( $y = 0,370x + 108,1$ ,  $r^2 = 0,272$ ,  $p < 0,01$ ). Modifisert etter Jensen mfl. (2012).



**Figur 3.2.6.** Sammenheng mellom gjennomsnittlig vanntemperatur i Halselva i juni og dagnummer for median smoltutvandring i perioden 1988-2012 for (a) laks ( $y = -3,04x + 191$ ,  $r^2 = 0,276$ ,  $p < 0,01$ ), (b) ørret ( $y = -1,68x + 195$ ,  $r^2 = 0,114$ ,  $p = 0,144$ ) og (c) røye ( $y = -2,45x + 191$ ,  $r^2 = 0,547$ ,  $p < 0,001$ ). Modifisert etter Jensen mfl. (2012).

Både elvetemperaturen og sjøtemperaturen ved dato for median smoltutvandring varierte betydelig fra år til år i løpet av de 25 årene undersøkelsen pågikk (**tabell 3.2.4**). Generelt var både elvetemperaturen og sjøtemperaturen lavest da laksen vandret ut, og noe høyere for røya og ørreten, som vandret ut noe senere. Smoltutvandringen var negativt korrelert med gjennomsnittstemperaturen i juni i Halselva for alle de tre artene, men dette var ikke signifikant for ørreten (**figur 3.2.6**). Elvetemperaturer i flere andre tidsperioder ble testet (f. eks. andre halvdel av juni), men gjennomsnittstemperaturen for hele juni ga best sammenheng med smoltutvandringen. Sammenhengene vist i **figur 3.2.6** viser at temperaturen om våren har betydning for når smolten vandrer ut i sjøen, og i år når våren/forsommeren er kald forsinkes utvandringen.

Det var ingen signifikant sammenheng mellom median dato for smoltutvandring og gjennomsnittstemperatur i juni i sjøen for noen av de tre artene. Det var heller ikke signifikant sammenheng mellom gjennomsnittstemperaturen i juni i Halselva og i sjøen utenfor elva.

**Tabell 3.2.4.** Gjennomsnittlig temperatur (°C) på dato for median smoltutvandring for laks, røye og ørret i årene 1988-2012 i Halselva og i sjøen utenfor munningen av Halselva på 3 m dyp.

	Elvetemperatur			Sjøtemperatur		
	Gjennomsnitt	SD	Variasjon	Gjennomsnitt	SD	Variasjon
Laks	6,82	1,47	5,0–10,2	8,38	1,68	5,6–11,3
Røye	7,46	1,24	5,5–10,2	8,69	1,31	6,0–11,1
Ørret	8,85	1,52	6,5–11,7	9,49	1,20	7,1–11,3

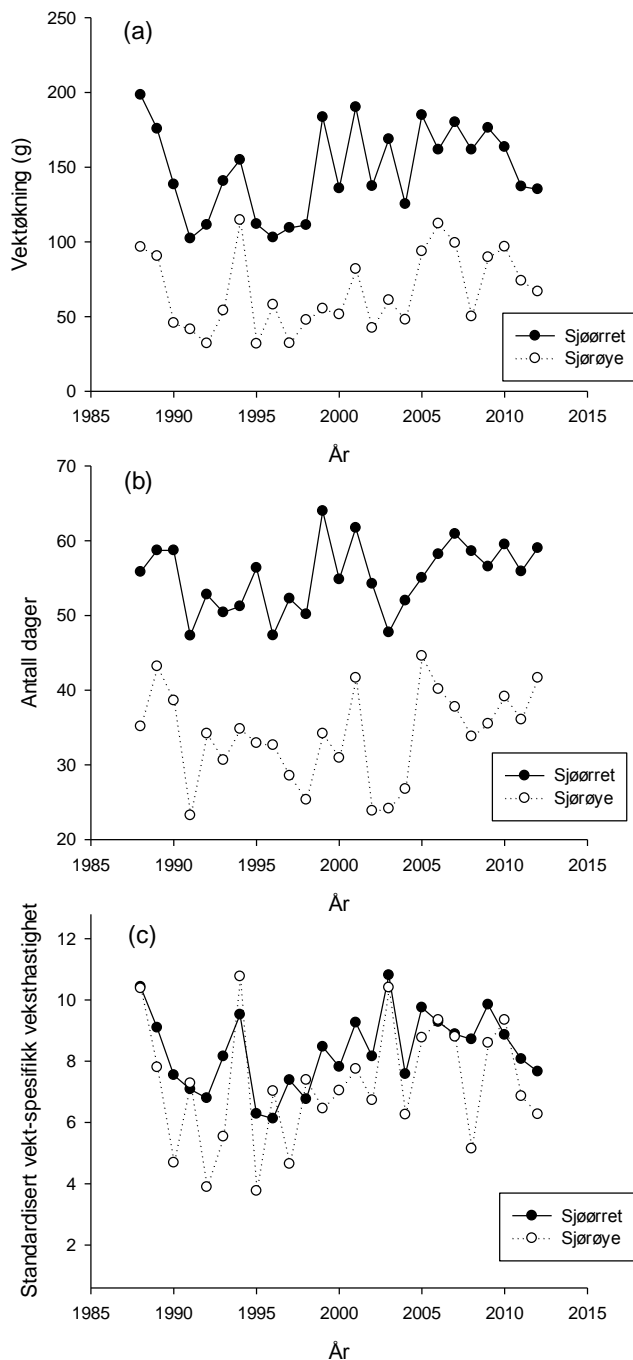
### 3.2.4 Smoltens kjønnsfordeling og gytemodning

Hos laks og røye var det like store andeler av hanner og hunner blant smolten (laks:  $\chi^2 = 0,709$ , d.f. = 1,  $n = 1355$ ,  $p > 0,05$ ; røye:  $\chi^2 = 0,006$ , d.f. = 1,  $n = 1585$ ,  $p > 0,05$ ), med 51,1 % og 49,9 % hunner blant henholdsvis laks og røye. Blant ørreten dominerte hunnene, og utgjorde 63,1 % av smolten ( $\chi^2 = 40,8$ , d.f. = 1,  $n = 589$ ,  $p < 0,001$ ). Det var ingen aldersforskjell mellom kjønnene hos laks (Mann-Whitney U-test,  $p = 0,809$ ) og ørret (Mann-Whitney U-test,  $P = 0,059$ ), men hos røya dominerte hunner blant de eldre individene og hannene blant de yngre (Mann-Whitney U-test, smoltalder blant hannene = 4,74, smoltalder blant hunnene = 5,29,  $p < 0,001$ ). Alle hunner av laks og ørret var umodne. Blant røyene var 0,5 % kjønnsmodne (blant 791 undersøkte). Kjønnsmodne hanner (1 %) ble bare observert hos laksen, og alle disse ble observert om høsten.

Blant laks som vandret ut i løpet av den andre lille toppen i oktober/november (**figur 3.2.4**) var 89 % ( $n = 106$ ) hanner, og blant disse var 92 % kjønnsmodne. Noen av disse hadde rennende melke. Alle hunner som vandret ut om høsten var umodne. Alder og størrelse på kjønnsmodne hanner som vandret ut om høsten ( $3,77 \pm 0,55$  år,  $137,9 \pm 10,7$  mm,  $n = 86$ ) var ikke signifikant forskjellige fra umodne individer som vandret ut i same periode ( $3,73 \pm 0,67$  år,  $142,9 \pm 17,3$  mm,  $n = 20$ ,  $p > 0,05$ ), men begge grupper var signifikant yngre ( $p < 0,001$ ), men ikke mindre ( $P > 0,05$ ), enn smolt som vandret ut fra Halselva tidligere på året. Det er ikke meldt om gjenfangster av noen av de 242 individene som vandret ut om høsten og som ble merket med Carlin-merker.

## 3.3 Tilvekst og oppholdstid den første sommeren i sjøen

Mens laksen vandret ut i havet på en flerårig næringsvandring på 1-4 år før de ble kjønnsmodne og returnerte til elva for å gyte, så vandret sjørøya tilbake til ferskvann hver høst for å overvintre i ferskvann. Dette delkapitlet omhandler bare sjørøya og sjørøye, og beskriver vekst, oppholdstid i sjøen og veksthastighet den første sommeren de var i sjøen. På grunn av et havbeiteforsøk med sjørøye i årene 1990-1993 er data fra disse fire årene ikke inkludert i analysene nedenfor, men er tatt med i **figur 3.3.1** for oversiktens skyld.



**Figur 3.3.1.** (a) Vektøkning den første sommeren i sjøen, (b) varigheten av den første sommerens opphold i sjøen, og (c) standardisert vekt-spesifikk veksthastighet ( $\Omega$ ) den første sommeren i sjøen for sjørørret (●) og sjørøye (○) som vandret ut fra Halselva som smolt i årene 1988-2012.

I gjennomsnitt la sjørørretene på seg  $152,7 \pm 29,5$  g ( $\pm$  SD) den første sommeren de var i sjøen. Størst tilvekst ble registrert i 1988 (198,4 g) og dårligst tilvekst i 1996 (103,0 g) (**figur 3.3.1a**). I gjennomsnitt oppholdt sjørørretene seg  $55,7 \pm 4,5$  dager i sjøen før de vandret tilbake til ferskvann for å overvintrere. Lengst varighet på oppholdet i sjøen ble registrert i 1999 (64,0 dager), og kortest oppholdstid ble registrert i 1996 (47,3 dager) (**figur 3.3.1b**).

Standardisert vekst-spesifikk veksthastighet ( $\Omega$ ) den første sommeren sjørretene var i sjøen var i gjennomsnitt  $8,50 \pm 1,27$  % pr. dag, med en variasjon mellom 6,13 i 1996 og 10,81 i 2003 (**figur 3.3.1c**).

Sjørøyene la i gjennomsnitt på seg  $71,2 \pm 25,9$  g den første sommeren de var i sjøen, med en variasjon mellom 31,8 g i 1995 og 114,7 g i 1994 (**figur 3.4.1a**). I gjennomsnitt oppholdt sjørøyene seg  $34,4 \pm 6,2$  dager i sjøen den første sommeren de var i sjøen. Lengst varighet ble registrert i 2005 (44,6 dager), og kortest oppholdstid i sjøen ble registrert i 2002 (23,8 dager, **figur 3.4.1b**).

Den første sommeren sjørøyene var i sjøen standardisert vekst-spesifikk veksthastighet ( $\Omega$ ) i gjennomsnitt  $7,60 \pm 1,90$  % pr. dag, med en variasjon fra år til år mellom 3,77 (i 1995) og 10,77 (i 1994) (**figur 3.4.1c**).

Standardisert vekst-spesifikk veksthastighet var signifikant høyere hos sjørreten enn hos sjørøya (parvis t-test,  $t = 3,39$ , d.f. = 20,  $p = 0,003$ ).

Det var svært god korrelasjon mellom årlige gjennomsnittsverdier for sjørreten og sjørøya både når det gjelder tilvekst ( $r^2 = 0,461$ ,  $p < 0,01$ ), lengden på første sjøopphold ( $r^2 = 0,411$ ,  $p < 0,01$ ) og standardisert vekst-spesifikk veksthastighet den første sommeren i sjøen ( $r^2 = 0,585$ ,  $p < 0,001$ ), noe som viser at de to artene i stor grad var påvirket av de samme omgivelsesfaktorene mens de var i sjøen.

For begge artene var det signifikant sammenheng mellom standardisert vekst-spesifikk veksthastighet og andelen fisk som kom tilbake til fella den første sommeren (sjørret:  $r^2 = 0,323$ ,  $p < 0,01$ , sjørøye:  $r^2 = 0,352$ ,  $p < 0,01$ ). Det samme gjaldt sammenhengen mellom total tilvekst den første sommeren i sjøen og andelen fisk som kom tilbake til fella den samme sommeren for både sjørreten ( $r^2 = 0,328$ ,  $p < 0,01$ ) og sjørøya ( $r^2 = 0,384$ ,  $p < 0,01$ ).

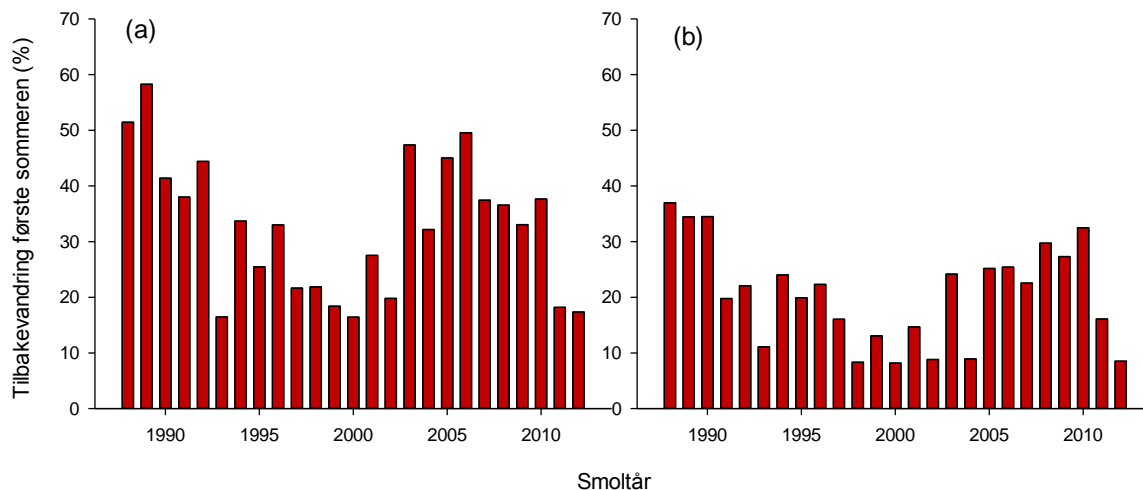
Det var imidlertid ikke signifikant sammenheng mellom varigheten av det første sjøoppholdet og standardisert vekst-spesifikk veksthastighet ( $p > 0,05$  for begge arter) eller andelen fisk som kom tilbake til fella den første sommeren ( $p > 0,05$  for begge arter).

## 3.4 Sjøoverlevelse

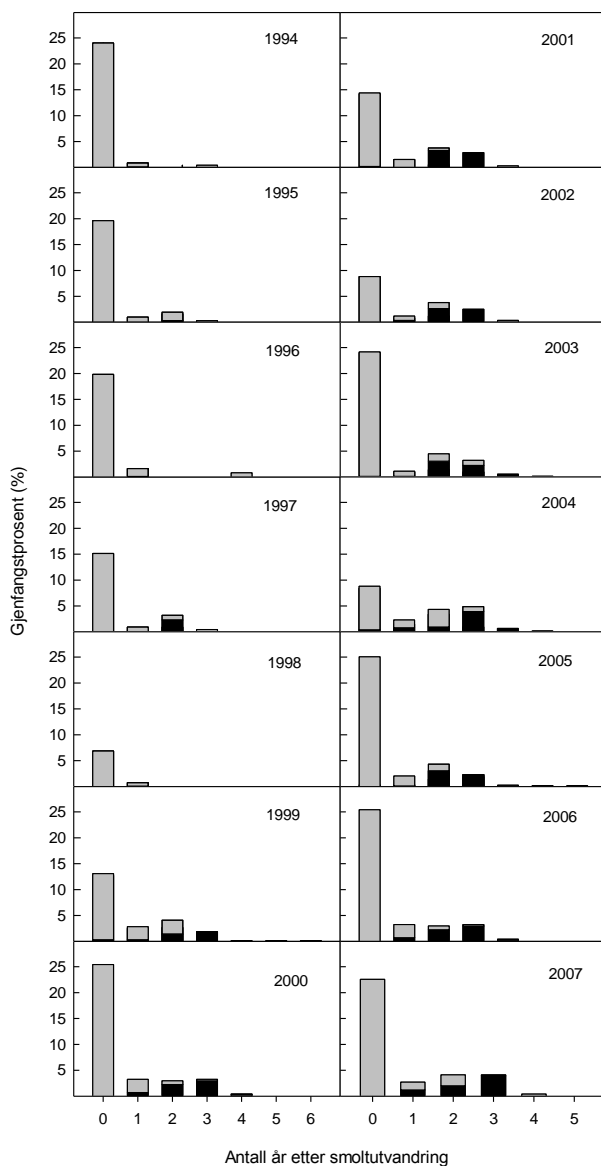
### 3.4.1 Tilbakevandring av sjørøye og sjørret til Halselva

Nesten alle sjørøyene som overlevde den første sommeren i sjøen returnerte til Halselva for å overvintre. I gjennomsnitt for årene 1988-2012 var det 32,9 % (variasjon mellom år: 16,5 – 58,3 %) som kom tilbake den samme sommeren som de vandret ut (**figur 3.4.1a**). Bare noen få individer ble gjenfanget i fella eller andre steder mer enn ett år etter smoltutvandring, og total gjenfangstprosent var 33,6 % (variasjon 16,9 – 60,1 %). Med noen få unntak så fortsatte sjørøyene å vandre mellom elva og sjøen hver sommer, og overvintret i ferskvann inntil de forsvant, sannsynligvis fordi de hadde dødd. Ingen individer av sjørøye ble observert å vandre ut fra Halselva om høsten etter gyting.

I motsetning til sjørøyene, så returnerte bare 20,6 % (variasjon mellom år: 8,3 – 37,0 %) av sjørretene til Halselva i løpet av den samme sommeren som de vandret ut i sjøen (**figur 3.4.1b**). Mange individer av sjørret dukket for første gang opp i fella to eller tre år etter at de vandret ut som smolt (**figur 3.4.2**), og enkelte kom tilbake til fella for første gang eller ble gjenfanget andre steder opptil seks år etter smoltutvandring. Total gjenfangstprosent var 28,1 % (variasjon 8,6 – 44,8 %). Rapporterte gjenfangster og vekstmønster tyder på at de aller fleste som ikke kom tilbake til Halselva også overvintret i ferskvann, vesentlig i Altaelva (Jensen mfl. 2015). Ingen individer av sjørret ble observert å vandre ut fra Halselva om høsten etter gyting.



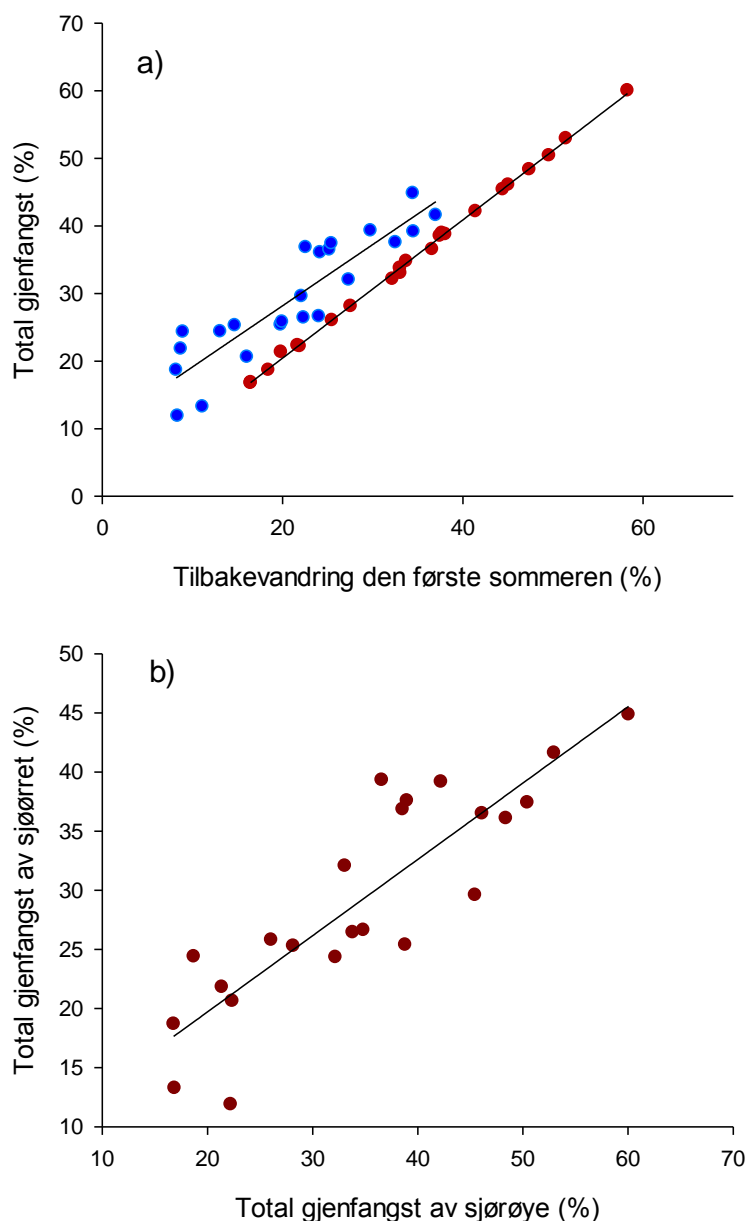
**Figur 3.4.1.** Andel (%) av hver enkelt smoltårsklasse av (a) sjørøye og (b) sjørret som kom tilbake til fella i Halselva den samme sommeren som de vandret ut i sjøen.



**Figur 3.4.2.** Gjenfangst av Carlin-merket, naturlig produsert sjørret som vandret ut fra Halselva som smolt i årene 1994-2007, det samme året som de vandret ut i sjøen (år 0) og nye gjenfangster de påfølgende seks årene. Det er skilt mellom umodne (grå) og gytemodne individer (svart). Modifisert etter Jensen mfl. (2012).



Det var en klar sammenheng mellom andelen sjørøye som returnerte til Halselva allerede samme sommeren som de vandret ut som smolt og total gjenfangstprosent for hver smoltårs-klasse ( $y = 1,011x - 0,350$ ,  $r^2 = 0,999$ ,  $F_{1,12} = 10032$ ,  $p < 0,001$ , **figur 3.4.3a**). På samme måte var det for sjørørreten en signifikant sammenheng mellom disse to andelene ( $y = 0,925x + 10,68$ ,  $r^2 = 0,689$ ,  $F_{1,12} = 26,54$ ,  $p < 0,001$ , **figur 3.4.3a**). Det var også signifikant sammenheng mellom total gjenfangstprosent for de to artene ( $y = 0,645x + 6,82$ ,  $r^2 = 0,757$ ,  $F_{1,21} = 65,3$ ,  $p < 0,001$ , **figur 3.4.3b**). Dette viser at andelen individer av en smoltårsklasse som kommer tilbake den samme sommeren som de vandret ut som smolt er et tidlig signal på total sjøoverlevelse for begge artene.



**Figur 3.4.3.** Sammenheng mellom a) andel sjørørret (blå) og sjørøye (rød) som vandret tilbake til Halselva den samme sommeren som de vandret ut i sjøen som smolt og total gjenfangstprosent, og b) sammenheng mellom total gjenfangst av sjørøye og sjørørret. Datagrunnlaget er fra årsklassene som vandret ut i årene 1988-2010.

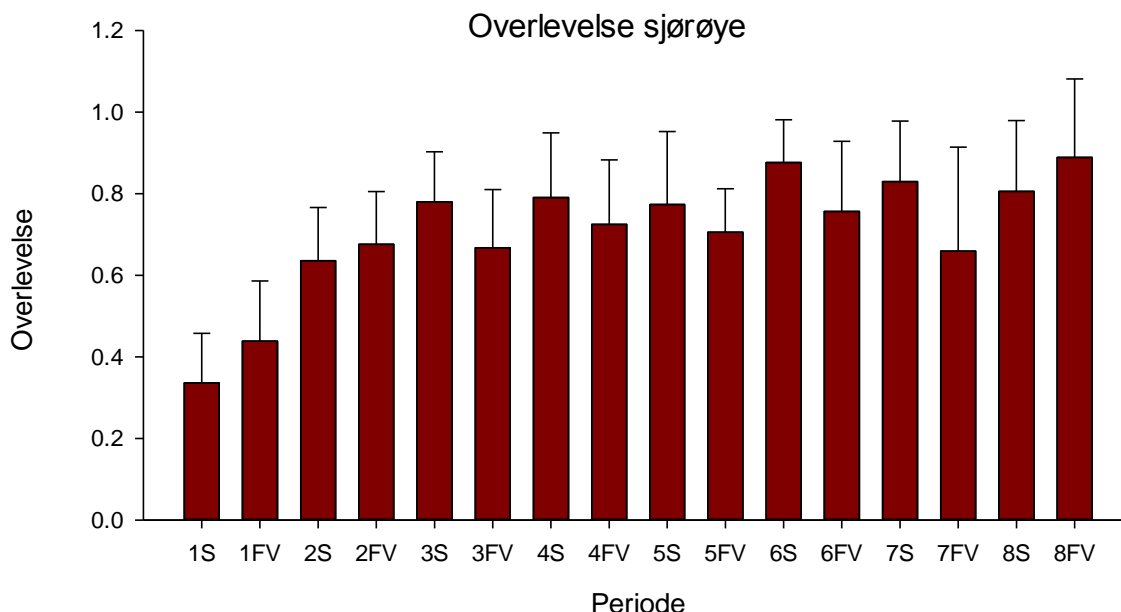
### 3.4.2 Sjørøyas og sjørretens overlevelse i sjø og ferskvann i årene etter smoltutvandring

Nesten alle sjørøyene (ca. 98 %) som overlevde den første sommeren i sjøen vandret tilbake til Halselva igjen den samme sommeren som de vandret ut som smolt (se avsnitt 3.4.1 og **figur 3.4.3**). I gjennomsnitt for smoltårsklassene som vandret ut fra Halselva i årene 1988 til 2012 kom 33,6 % av individene tilbake til Halselva den samme sommeren som de vandret ut som smolt (markert med 1S i **figur 3.4.4**).

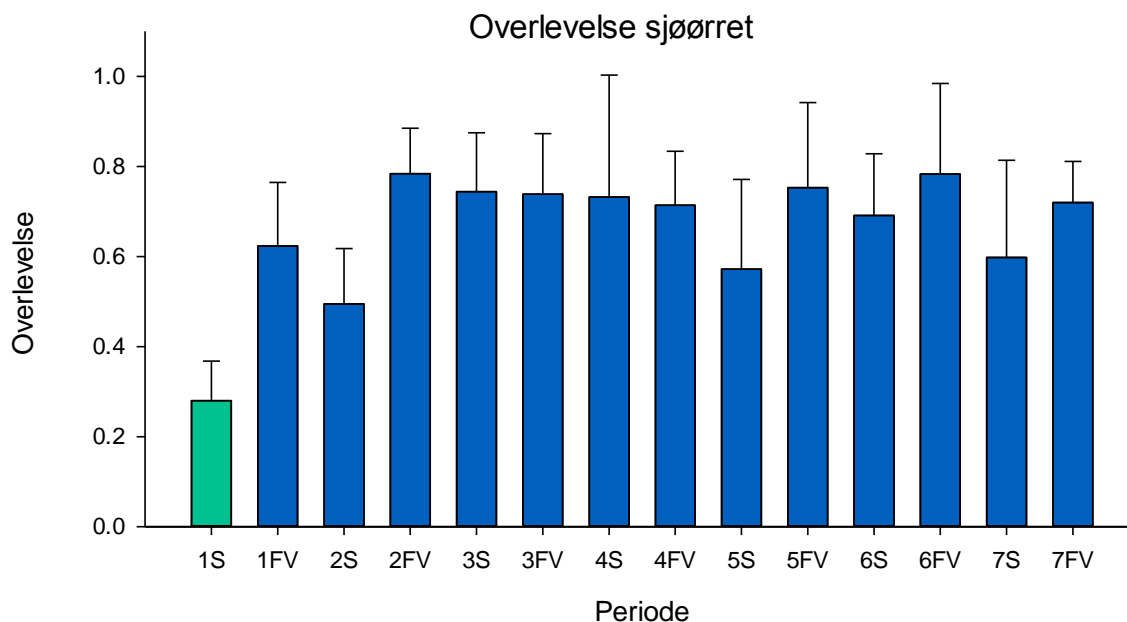
Blant de individene som passerte opp gjennom fella i Halselva etter én sommer i sjøen var det i gjennomsnitt 43,9 % som kom ned til fella igjen neste vår (1FV i **figur 3.4.4**). Av disse var det i gjennomsnitt 63,5 % som overlevde den andre sommeren i sjøen (2S i **figur 3.4.4**). Gjennomsnittlig overlevelse i sjøen og i ferskvann de påfølgende årene er vist i **figur 3.4.4**. Figuren viser at overlevelsen økte med alderen, og dødeligheten var generelt større under oppholdet i ferskvann om vinteren enn under sjøoppholdet om sommeren. Dødeligheten både i ferskvann og i sjøen var en kombinasjon av naturlig dødelighet og beskatning. Det er ikke skilt mellom disse to faktorene her.

Blant sjørretene kom i gjennomsnitt ca. 73 % av de som overlevde den første sommeren i sjøen tilbake til Halselva den samme sommeren som de smoltifiserte (i gjennomsnitt kom 20,6 % tilbake til fella samme sommeren som de smoltifiserte, og totalt ble 28,1 % av smoltene gjenfanget). De fleste andre som overlevde sommeren overvintret sannsynligvis i Altaelva. Nøyaktig tall for sjøoverlevelse finnes ikke, fordi årlig dødelighet blant de som var borte fra Halselva i flere år er ukjent, slik at 28,1 % er et minimumsestimat (**figur 3.4.5**).

**Figur 3.4.5** viser gjennomsnittlig overlevelse i ferskvann og i sjøen for de forskjellige aldersgruppene av sjørret. Figuren viser at for sjørreten økte overlevelsen med alderen, og i motsetning til hos sjørøya så var dødeligheten generelt større under sjøoppholdet om sommeren enn under oppholdet i ferskvann om vinteren. Dødeligheten både i ferskvann og i sjøen var en kombinasjon av naturlig dødelighet og beskatning. Det er ikke skilt mellom disse to faktorene her.



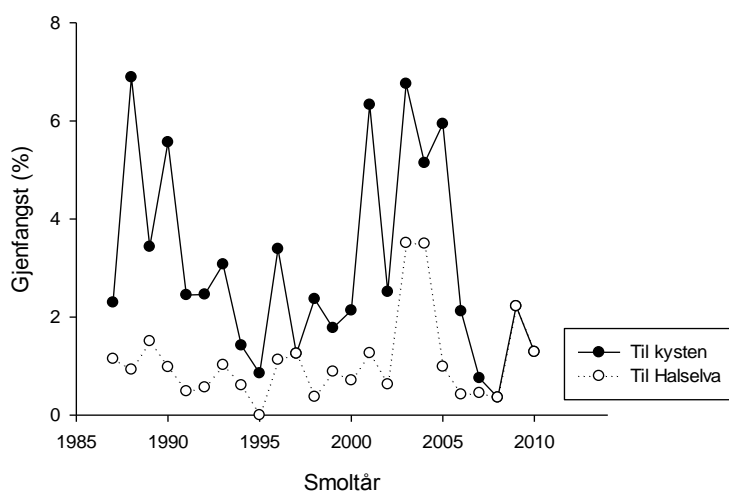
**Figur 3.4.4.** Overlevelse hos sjørøye den første sommeren i sjøen (1S), den første vinteren i ferskvann etter smoltutvandring (1FV), den andre sommeren i sjøen (2S), osv. fram til den åttende vinteren i ferskvann etter smoltutvandring (8FV). Søylene viser gjennomsnitt for sjørøye som vandret ut fra Halselva i årene 1988-2012, og strekene ovenfor søylene viser standardavviket.



**Figur 3.4.5.** Overlevelse hos sjørret den første sommeren i sjøen (1S), den første vinteren i ferskvann etter smoltutvandring (1FV), den andre sommeren i sjøen (2S), osv. fram til den sjuende vinteren i ferskvann etter smoltutvandring (7FV). Søylen viser gjennomsnitt for sjørret som vandret ut fra Halselva i årene 1988-2012, og strekene ovenfor søylene viser standardavviket. Tallet for overlevelse av sjørret den første sommeren i sjøen (1S) er et minimumsestimat (se tekst), og dette er markert med en annen farge (grønn) enn de øvrige søylene (blå).

### 3.4.3 Sjøoverlevelse hos laks

Laksens overlevelse i sjøen inntil de kom tilbake til kysten varierte mellom 0,4 og 6,9 %. En betydelig del ble beskattet i sjøen, og andelen som klarte å komme tilbake til Halselva var mellom 0,4 og 3,5 % (figur 3.4.6). De aller fleste laksene var gytemodne da de kom tilbake til Halselva. Ca. 5 % av laksene som vandret opp i fella i Halselva i perioden 1988-2012 ble vurdert til å være gjeldfisk. Det synes å ha vært periodiske svingninger i sjøoverlevelsen, med god overlevelse på slutten av 1980-tallet og først på 2000-tallet. Høyest overlevelse ble registrert i 1988 og 2003 og lavest overlevelse i 2008 (figur 3.4.6).



**Figur 3.4.6.** Sjøoverlevelse hos naturlig produsert laks som vandret ut fra Halselva i årene 1987-2010. Det er skilt mellom overlevelse fram til norske-kysten (dvs. før beskatning i sjøen) og overlevelse tilbake til Halselva.

### 3.5 Kjønnsmodning

Etter én sommer i sjøen var ca. 1 % av sjørøyene gytemodne. Denne andelen økte til ca. 7 % etter to somrer i sjøen og ca. 40 % etter tre somrer i sjøen. Etter fire somrer i sjøen var ca. 75 % av sjørøyene gytemodne og etter fem somrer i sjøen var så å si alle (95 %) gytemodne.

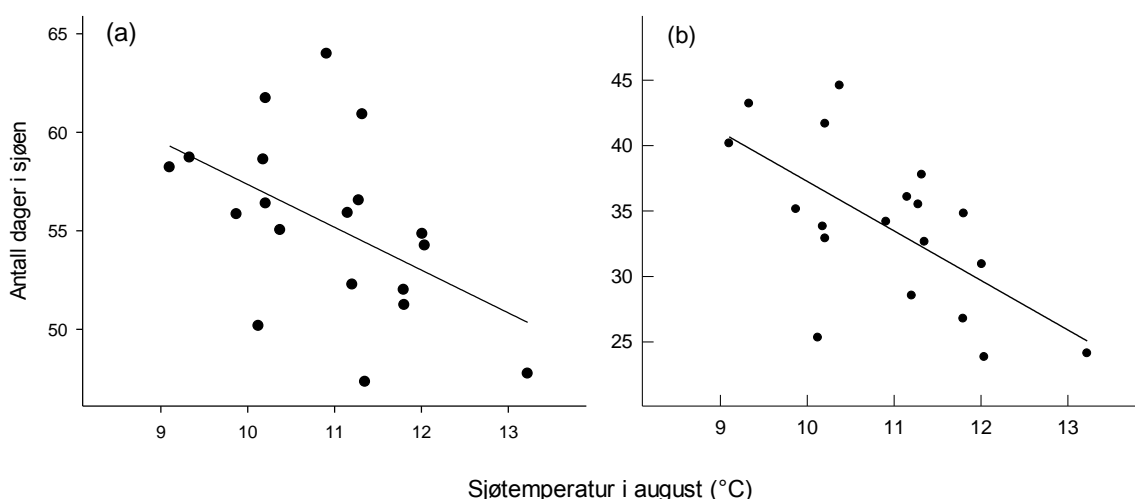
De fleste av individene av sjørret som kom tilbake til Halselva etter tre eller flere år var gytemodne, og det samme gjaldt en liten del av de som hadde vært borte i to år, mens yngre individer i hovedsak var umodne (**figur 3.4.2**). Imidlertid var det betydelig variasjon fra år til år (**figur 3.4.2**). Etter at de hadde kommet tilbake til Halselva, fortsatte sjørretene, med noen få unntak, å vandre ut i sjøen og tilbake til elva hver sommer inntil de forsvant, og sannsynligvis hadde dødd. Ingen individer ble observert å vandre ut fra Halselva om høsten etter gyting.

### 3.6 Omgivelsesfaktorer av betydning for marin vekst og overlevelse

I Midt- og Nord-Norge er de fleste gjenfangstene av sjørret og sjørøye gjort mindre enn 40 km fra elvas utløp, og stort sett innenfor den fjorden der de tilhører (Berg & Berg 1987, Eldøy mfl. 2015, Johnsen & Jensen 1999). Forskjeller mellom populasjonene kan reflektere størrelsen på fjorden der de hører heime. De fleste gjenfangstene av sjørret og sjørøye fra Halselva har blitt gjort inne i Altafjorden og mindre enn 30 km fra Halselva (Finstad & Heggberget 1993). Omgivelsesfaktorer lokalt i Altafjorden synes derfor å være mest relevante for marin vekst og overlevelse hos disse to bestandene.

Vi har tidligere vist (**figur 3.2.6**) at høy vanntemperatur i Halselva i juni gir tidlig utvandring av smolt. Høy temperatur om våren fører altså til tidlig utvandring til sjøen og dermed tidlig start på den marine vekstsesongen.

Det var også signifikant, negativ sammenheng mellom gjennomsnittlig sjøtemperatur i august og varigheten av sjøoppholdet for førstegangsvandrende sjørret og sjørøye (**figur 3.6.1**). Det var imidlertid ikke mulig å påvise noen sammenheng mellom sjøtemperatur og median tidspunkt for tilbakevandring til Halselva for noen av artene ( $p > 0,05$ ). Likevel viser disse resultatene at begge artene vandrer tidligere ut i sjøen i år med varm vår, og tidligere tilbake til Halselva jo høyere sjøtemperaturen er på ettersommeren.



**Figur 3.6.1.** Sammenheng mellom gjennomsnittstemperaturen i august på 3 m dyp i sjøen utenfor Halselva og antall dager a) sjørretten og b) sjørøya har vært i sjøen.

Det var ikke signifikant sammenheng mellom sjøtemperaturer i Altafjorden og veksthastighet, tilvekst eller overlevelse for noen av artene ( $p > 0,05$ ). Det samme var tilfelle med hensyn til NAO ( $p > 0,05$ ). I og med at det var store årlige variasjoner i tilvekst i sjøen for begge artene, uten at dette kunne koples til klimatiske faktorer, så må disse variasjonene i stor grad skyldes varierende næringstilgang. Data for næringstilbudet for laksefisk i Altafjorden er imidlertid ikke tilgjengelig.

## 4 Diskusjon

### 4.1 Smoltutvandring

Det var betydelig overlapping i utvandringstida for smolten av de tre artene, men generelt vandret laksen ut først, fulgt av sjørøya og til slutt sjørreten. Utvandningsperioden for sjørøya var mer konsentrert i tid og varierte mindre fra år til år enn de to andre artene. Ved multippel regresjonsanalyse er det vist at vannføringen i Halselva påvirker smoltutvandringen for alle de tre artene, ved at økt vannføring gir økt utvandring av smolt (Jensen mfl. 2012). Vannføringen var viktigst for sjørreten, endring i vannføring var viktigst for laksen, mens daglengden (fotoperioden) var viktigst for sjørøya (Jensen mfl. 2012). At utvandningsperioden for sjørøya var mer konsentrert i tid og varierte mindre fra år til år enn de to andre artene, har trolig sammenheng med at sjørøya i større grad enn de to andre artene oppholdt seg i innsjøen fram til smoltutvandringen, og dermed ikke i samme grad som de to andre artene kunne merke endringer i vannføring. Daglengden var derfor en viktigere trigger for smoltutvandring for sjørøya, og i og med at den er stabil fra år til år, var det mindre variasjon i utvandringstidspunkt fra år til år.

I motsetning til flere andre studier av sjørøye (Rikardsen & Elliott 2000, Rikardsen mfl. 1997), så var alders- og lengdefordelingen av sjørøyesmolten i Halselva asymmetrisk, og dermed også avvikende fra sjørreten og laksen. Lengdefordelingen var skjev mot høyre og aldersfordelingen hadde to toppe, med én topp ved 3 år og en annen ved 5-6 år. En forklaring på dette er at det produseres sjørøyesmolt i to ulike habitat i vassdraget, i rennende vann og i innsjøen. I Halselva vassdraget er sjørøya tallrik i Vassbotnelva, forekommer i lavere tettheter i Halselva og er tallrik på dypt vann i Storvatnet. Røye i dette vassdraget vokser betydelig bedre i rennende vann enn i innsjøen (Jensen 1995, Strand & Heggberget 1994). Røye som vokser opp i rennende vann vokser betydelig bedre enn laks og ørret i samme lokalitet, og smoltifiserer derfor ved lavere alder enn de to andre artene (Jensen 1994). Dette er i kontrast til laksunger som vokser opp i innsjøer, for de vokser vanligvis raskere enn de som lever i rennende vann (Halvorsen & Svenning 2000, Hutchings 1986). Røye som lever i innsjøer har mindre tilgang på mat og oppholder seg om sommeren ved lavere temperaturer enn de som oppholder seg i elva, og dette skyldes at røye som lever sympatrisk med ørret taper konkurransen med ørreten og blir presset ned i dypområdene av innsjøen (Johnson 1980, Klemetsen mfl. 2003). Dette gjør at ungfisken av røye består av to grupper, elvelevende individer med smoltalder på 2-4 år og innsjølevende individer med smoltalder på 3-12 år, og dette gjør at aldersfordelingen blir bimodal.

Tidspunktet for smoltutvandring (median dato) korrelerte signifikant mellom de tre artene, og dette tyder på at det i store trekk er de samme omgivelsesfaktorene som regulerer overgangen fra parr til smolt hos disse tre artene (Jensen mfl. 2012). Det ble observert at utvandringen ble forsinket i år med lav vanntemperatur i juni (ikke signifikant for sjørreten), og dette viser at i tillegg til fotoperiode, så er vanntemperatur den viktigste faktoren som styrer overgangen fra parr til smolt (McCormick mfl. 1998).

Selve utvandringstidspunktet ble imidlertid styrt av litt forskjellige faktorer for de tre artene. En multippel regresjonsanalyse (Jensen mfl. 2012) viste at hos laks var endring i vannføring og vannføring de viktigste omgivelsesfaktorene. For sjørreten ble vanntemperatur (både endring i vanntemperatur og vanntemperatur) inkludert i modellen i tillegg til vannføring og endring i vannføring. I motsetning til de andre to artene, så var fotoperioden den faktoren som korrelerte best til tidspunktet for smoltutvandring for sjørøyesmolt. Dette kan forklares med at de fleste sjørøyesmolten oppholder seg på dypt vann i Storvatnet, og derfor er ikke vanntemperatur og vannføring egnet som signaler for når utvandringen bør starte. Fotoperiode og daglengde er langt mer knyttet til spesifikke datoer enn vanntemperatur og vannføring, og dette antas å være hovedårsaken til at sjørøylene vandret ut mer synkront enn de to andre artene (Jensen mfl. 2012).

## 4.2 Tilvekst og oppholdstid den første sommeren i sjøen

Daglig tilvekst i sjøen var ikke svært forskjellig mellom sjørret og sjørøye. Men i og med at sjørreten oppholdt seg betydelig lengre i sjøen før de vandret tilbake til Halselva (56 vs. 36 dager), ble total tilvekst i løpet av sjøoppholdet betydelig større for sjørreten enn for sjørøya.

Både sjørret og sjørøye vandrer tidligere ut om våren og vender senere tilbake til ferskvann om sommeren/høsten i sørlige enn i nordlige elver, men det er svært store individuelle forskjeller. I den danske elva Gudenå var radiomerket sjørret i gjennomsnitt ute i sjøen i 163 dager (Aarestrup mfl. 2015). Førstegangsvandrende sjørret fra Imsa som vandret ut mellom januar og juni var i sjøen i 6-9 måneder, mens de som vandret ut i andre halvår var 8-18 måneder i sjøen før de kom tilbake til Imsa (Jonsson & Jonsson 2009). I Vossovassdraget varte sjøoppholdet til førstegangsvandrende sjørret fire måneder (Jonsson 1985), i Istra i Møre og Romsdal varte det i omtrent 90 dager (Jensen 1968) og i to små vassdrag i Sør-Trøndelag var gjennomsnittet for veteranvandrere 100 dager (Eldøy mfl. 2015). Videre var gjennomsnittlig oppholdstid i sjøen for sjørret fra Vardneselva i Troms 68 dager (Berg & Berg 1989), mens sjørreten fra Halselva i gjennomsnitt bare var 56 dager i sjøen. Sjørøya fra Vardneselva var i gjennomsnitt 48 dager i sjøen (Berg & Berg 1993), mens sjørøya fra Halselva var i sjøen i 36 dager.

Nordlige bestander av sjørret overvintrer nesten utelukkende i ferskvann, mens det blir vanligere å oppholde seg i sjøen også om vinteren mot sør. Dette gjelder spesielt for bestander med innsjøer på anadrom strekning, mens det er påvist individer i sjøen også om vinteren fra nordnorske vassdrag uten innsjøer på anadrom strekning (Jensen & Rikardsen 2012, Rikardsen 2004, Rikardsen mfl. 2006). Det synes som om både sjørret og sjørøye fra Halselva kun oppholder seg i ferskvann om vinteren. Det er ikke registrert ett eneste individ som har gått fra Halselva og ut i sjøen om høsten så lenge fella har vært i drift. En del individer av sjørret har vært borte fra Halselva et eller flere år, for så å komme tilbake igjen, men disse har i stor grad overvintret i ferskvann andre steder, fortrinnsvis i Altaelva (Jensen mfl. 2015).

Begge artene er opportuniste når det gjelder valg av mat, både i ferskvann og i sjøen (Elliott 1994, Klemetsen mfl. 2003), og i sjøen finner begge artene seg mat i strandsonen (Rikardsen mfl. 2007a). Atferden er imidlertid noe forskjellig i sjøen. Ved å merke fisk fra Halselva med datalagringsbrikker («data storage tags») påviste Rikardsen mfl. (2007b) at sjørretene velger områder med varmere vann enn sjørøyene, og at de antakelig i stor grad oppholder seg i indre deler av Altafjorden, mens sjørøyene velger ytre fjordområder med kaldere vann. Dette ble grundigere dokumentert av Jensen mfl. (2014). De to artene viste også noe forskjell i valg av dyp og dykkefrekvens. De fleste sjørretene oppholdt seg på dypere, men likevel varmere vann enn sjørøya. I gjennomsnitt foretrakk sjørreten 0,6 m dypere og 1,3 °C varmere vann enn sjørøya. Sjørøya oppholdt seg mer enn halvparten av tida på dyp ned til 1 m, mens sjørreten oppholdt seg mer enn halvparten av tida på mellom 1 og 2 m dyp. Begge artene oppholdt seg mer enn 90 % av tida på mindre enn 3 m dyp. Dette kan trolig koples til de to artenes preferanse for byttedyr og valg av habitat, orientering og optimal temperatur for vekst (Jonsson mfl. 2001, Larsson mfl. 2005). Derfor er trolig konkurransen om mat- og habitatressurser i sjøen mellom de to artene relativt begrenset (Rikardsen mfl. 2007b).

Studier av næringsopptaket til de to artene fra Halselva viste at sjørreten spiser jevnt over mer fisk enn krepsdyr og insekter enn sjørøya (Rikardsen mfl. 2007a). Sild dominerte i fiskedietten til begge artene, men sjørøya spiste også en betydelig del torskeyngel og sil. Mens sjørreten ble ren fiskespiser ved lengder på 25 cm eller mer, var sjørøya minst 40 cm før de gikk helt over til fiskediett (Rikardsen mfl. 2007a). De årene da det ble registrert best vekst og høyest overlevelse er trolig de årene med mest fisk tilgjengelig. Det er sannsynligvis god sammenheng mellom produksjon av zooplankton i fjorden og vekst hos de fiskeartene som utgjør hovednæring for sjørret og sjørøye. Sesongmessige og årlige variasjoner i zooplankton i norske fjorder er for en stor grad påvirket av omgivelsene, og da spesielt sjøtemperaturen. Variasjoner i produksjonen av zooplankton, og dermed også produksjonen av næringsdyr for smolten, kan også føre til en

«match-mismatch» situasjon (Cushing 1990) mellom tidspunktet for smoltutvandring og mengden av tilgjengelige næring under smoltutvandringen, og dette kan ha hatt betydning for en del av variasjonen i vekst og overlevelse fra år til år. Data om årlige og sesongmessige variasjoner i biomasse av de forskjellige byttedyrene til sjørret og sjørøya i Altafjorden mangler imidlertid, så dette lar seg ikke teste.

Det var god korrelasjon mellom median dato for når smolten av sjørret og sjørøye vandret ut fra Halselva. Det var også god korrelasjon mellom årlige gjennomsnittsverdier for sjørreten og sjørøya både når det gjelder tilvekst, lengden på første sjøopphold og spesifikk vekstrate den første sommeren i sjøen. Dette viser at de to artene i stor grad var påvirket av de samme omgivelsesfaktorene både i ferskvann og i sjøen. Dette til tross for at de to artene har noe forskjellig valg av næring og habitat, og det viser at artene er svært godt egnet som indikatorer på hvordan det øvrige økosystemet i Altafjorden varierer fra år til år.

### 4.3 Overlevelse i sjøen

For alle tre de artene var det store årlige svingninger i sjøoverlevelsen, og svingningene var til dels synkrone. For alle artene var det relativt god overlevelse på slutten av 1980-tallet, en jevn nedgang utover 1990-tallet, en økning igjen på 2000-tallet, og så en betydelig nedgang etter 2010. For laksen begynte den siste nedgangen noen år tidligere (fra ca. 2006). De tre artene er altså i betydelig grad påvirket av de samme faktorene når det gjelder overlevelse i tidlig sjøfase.

Den gode sammenhengen mellom sjøoverlevelsen til laksen og de to andre artene tyder på at en betydelig del av laksens dødelighet i sjøen foregår like etter at de har kommet ut i sjøen, mens de enda er i fjorden. Dette stemmer godt overens med andre undersøkelser, som har dokumentert høy dødelighet av smolt av laksefisk like etter utvandring i sjøen fra predatorer som fisk, fugl og pattedyr (Greenstreet mfl. 1993, Hedger mfl. 2011, Hvidsten & Lund 1988, Hvidsten & Møkkelgjerd 1987, Reitan mfl. 1987). I fjordområdene utenfor Eira i Møre og Romsdal er det dokumentert hard predasjon på laksesmolt av torsk, sei og måker (Hedger mfl. 2011, Jepsen mfl. 2006, Reitan mfl. 1987). Ved å merke laksesmolt fra Eira med akustiske sendere og registrere dem med lyttebøyer utover i fjorden, ble det påvist at dødeligheten av vill laksesmolt kunne komme opp i 60 % i løpet av de første 37 km ut fra elva, mens det ble registrert opptil 70 % dødelighet på anleggsprodusert laksesmolt (Thorstad mfl. 2011, Thorstad mfl. 2007).

### 4.4 Omgivelsesfaktorer av betydning for marin vekst og overlevelse

Det ble registrert en klar sammenheng mellom vanntemperaturen og lengden på sjøoppholdet den første sommeren sjørreten og sjørøya fra Halselva var i sjøen, ved at smolten vandret tidligere ut i sjøen når elvetemperaturen om våren (juni) var høy, og de vandret tidligere tilbake til elva når sjøtemperaturen på ettersommeren (august) var høy. Varigheten av sjøoppholdet synes derfor å være styrt av klimatiske forhold.

Imidlertid ble det ikke funnet noen sammenheng mellom temperatur og tilvekst eller overlevelse i sjøen. Generelt er det temperatur og næringstilgang som er de to viktigste faktorene av betydning for vekst hos fisk (Brett mfl. 1969). Røya har en optimaltemperatur for vekst ved 14-17°C, og rreten ved 15-19 °C, noe varierende mellom populasjoner (Elliott & Elliott 2010, Forseth mfl. 2009, Larsson mfl. 2005), og dette er høyere enn maksimumstemperaturene som vanligvis er registrert i Altafjorden. Dersom temperaturen hadde vært bestemmende for årlige variasjoner i marin vekst og overlevelse hos sjørret og sjørøye fra Halselva, så burde det vært bedre sammenheng mellom årlige variasjoner i vekst og sjøtemperatur enn det som er registrert. En burde også forventet en bedre korrelasjon til NAO. Det er derfor mest sannsynlig at det er næringstilgangen som styrer marin vekst hos disse to bestandene, men data for laksefiskenes næringstilgang i Altafjorden har ikke vært tilgjengelig til testing.



## 5 Referanser

- Aarestrup, K., Baktoft, H., Thorstad, E. B., Svendsen, J. C., Höyesjö, J. & Koed, A. 2015. Survival and progression rates of anadromous brown trout kelts *Salmo trutta* during downstream migration in freshwater and at sea. - Marine Ecology Progress Series 535: 185-195.
- Anon. 2009. Bestandsutvikling hos sjøørret og forslag til forvaltningstiltak. Direktoratet for naturforvaltning. Notat 2009-1: 28 s.
- Anon. 2015. Status for norske laksebestander i 2015. - Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 8: 300 s.
- Berg, O. K. & Berg, M. 1987. Migrations of sea trout, *Salmo trutta* L., from the Vardnes river in northern Norway. - Journal of Fish Biology 31: 113-121.
- Berg, O. K. & Berg, M. 1989. The duration of the sea and freshwater residence of the sea trout, *Salmo trutta*, from the Vardnes River in northern Norway. - Environmental Biology of Fishes 24: 23-32.
- Berg, O. K. & Berg, M. 1993. Duration of sea and freshwater residence of arctic char (*Salvelinus alpinus*), from the Vardnes river in northern Norway. - Aquaculture 110: 129-140.
- Brett, J. R., Shelbourn, J. E. & Shoop, C. T. 1969. Growth rate and body composition of fingerling Sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. - Journal of the Fisheries Research Board of Canada 26: 2363-2394.
- Carlin, B. 1955. Tagging of salmon smolts in the river Lagan. - Report of the Institute of Freshwater Research Drottningholm 36: 57-74.
- Cushing, D. H. 1990. Plankton production and year-class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. - Advances in Marine Biology 26: 249-293.
- Eldøy, S. H., Davidsen, J. G., Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Aarestrup, K., Næsje, T. F., Rønning, L., Sjørnsen, A. D., Rikardsen, A. H. & Arnekleiv, J. V. 2015. Marine migration and habitat use of anadromous brown trout (*Salmo trutta*). - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 72: 1366-1378.
- Elliott, J. M. 1994. Quantitative Ecology and the Brown Trout. Oxford Series in Ecology and Evolution. - Oxford University Press, Oxford.
- Elliott, J. M., Hurley, M. A. & Fryer, R. J. 1995. A new, improved growth model for brown trout, *Salmo trutta*. - Functional Ecology 9: 290-298.
- Elliott, J. M. & Elliott, J. A. 2010. Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. - Journal of Fish Biology 77: 1793-1817.
- Finstad, A. G., Forseth, T., Jonsson, B., Bellier, E., Hesthagen, T., Jensen, A. J., Hessen, D. O. & Foldvik, A. 2011. Competitive exclusion along climate gradients: Energy efficiency influences the distribution of two salmonid fishes. - Global Change Biology 17: 1703-1711.
- Finstad, B. & Heggberget, T. G. 1993. Migration, growth and survival of wild and hatchery-reared anadromous Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in Finnmark, northern Norway. - Journal of Fish Biology 43: 303-312.
- Fiske, P., Hansen, L. P., Jensen, A. J., Sægrov, H., Wennevik, V., Gjøsæter, J. & Jonsson, N. 2013. Atlantic salmon; National Report for Norway 2012. - North Atlantic Salmon Working Group 2013, Working Paper No. 16: 27 s.
- Forseth, T., Larsson, S., Jensen, A. J., Jonsson, B., Näslund, I. & Berglund, I. 2009. Thermal growth performance of juvenile brown trout *Salmo trutta*: no support for thermal adaptation hypotheses. - Journal of Fish Biology 74: 133-149.
- Forseth, T., Letcher, B. H. & Johansen, M. 2011. The behavioural flexibility of salmon growth. - I Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J., red. 6. Atlantic salmon ecology. Wiley-Blackwell, Oxford. s. 145-169.
- Gjerde, B. & Refstie, T. 1988. The effect of fin-clipping on growth rate, survival and sexual maturity of rainbow trout. - Aquaculture 73: 383-389.
- Greenstreet, S. P. R., Morgan, R. I. G., Barnett, S. & Redhead, P. 1993. Variation in numbers of shags *Phalacrocorax aristotelis* and common seals *Phoca vitulina* near the mouth of an Atlantic salmon *Salmo salar* river at the time of the smolt run. - Journal of Animal Ecology 62: 565-576.
- Halvorsen, M. & Svenning, M. A. 2000. Growth of Atlantic salmon parr in fluvial and lacustrine habitats. - Journal of Fish Biology 57: 145-160.

- Halvorsen, M. 2012. Sjørøyevasdragene i Nord-Norge; 100 av 400 mulige. - DN-utredning 1-2012: 36 s.
- Hedger, R. D., Uglem, I., Thorstad, E. B., Finstad, B., Chittenden, C. M., Arechavala-Lopez, P., Jensen, A. J., Nilsen, R. & Økland, F. 2011. Behaviour of Atlantic cod, a marine fish predator, during Atlantic salmon post-smolt migration. - ICES Journal of Marine Science 68: 2152-2162.
- Hutchings, J. A. 1986. Lakeward migrations by juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 43: 732-741.
- Hvidsten, N. A. & Møkkelgjerd, P. I. 1987. Predation on salmon smolts, *Salmo salar* L., in the estuary of the River Surna, Norway. - Journal of Fish Biology 30: 273-280.
- Hvidsten, N. A. & Lund, R. A. 1988. Predation on hatchery-reared and wild smolts of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the estuary of River Orkla, Norway. - Journal of Fish Biology 33: 121-126.
- Jensen, A. J. 1994. Growth and age distribution of a river-dwelling and a lake-dwelling population of anadromous Arctic char at the same latitude in Norway. - Transaction of the American Fisheries Society 123: 370-376.
- Jensen, A. J. 1995. Growth and smoltification of anadromous Arctic char presmolts in lentic and lotic habitats. - Nordic Journal of Freshwater Research 71: 309-319.
- Jensen, A. J., Finstad, B., Fiske, P., Hvidsten, N. A., Rikardsen, A. H. & Saksgård, L. 2012. Timing of smolt migration in sympatric populations of Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 69: 711-723.
- Jensen, A. J. 2015. Bestandsutvikling i norske bestander av sjørret. - I Anon., red. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning. Nr. 8, Trondheim. s. 228-300.
- Jensen, A. J., Diserud, O. H., Finstad, B., Fiske, P. & Rikardsen, A. H. 2015. Between-watershed movements of two anadromous salmonids in the Arctic. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 72: 855-863.
- Jensen, J. L. A. & Rikardsen, A. H. 2008. Do northern riverine anadromous Arctic charr *Salvelinus alpinus* and sea trout *Salmo trutta* overwinter in estuarine and marine waters? - Journal of Fish Biology 73: 1810-1818.
- Jensen, J. L. A. & Rikardsen, A. H. 2012. Archival tags reveal that Arctic charr *Salvelinus alpinus* and brown trout *Salmo trutta* can use estuarine and marine waters during winter. - Journal of Fish Biology 81: 735-749.
- Jensen, J. L. A., Rikardsen, A. H., Thorstad, E. B., Suhr, A. H., Davidsen, J. G. & Primicerio, R. 2014. Water temperatures influence the marine area use of *Salvelinus alpinus* and *Salmo trutta*. - Journal of Fish Biology 84: 1640-1653.
- Jensen, K. W. 1968. Seatrout (*Salmo trutta* L.) of the River Istra, Western Norway. - Institute of Freshwater Research, Drottningholm 48: 187-213.
- Jepsen, N., Holthe, E. & Økland, F. 2006. Observations of predation on salmon and trout smolts in a river mouth. - Fisheries Management and Ecology 13: 341-343.
- Johnsen, B. O. & Jensen, A. J. 1999. Sjøaurebestandene i Vefsna, Fusta og Drevja i Nordland fylke. - NINA Oppdragsmelding 614: 28 s.
- Johnson, L. 1980. The Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. - I Balon, E. K., red. Charrs. Salmonid fishes of the genus *Salvelinus*. Junk, The Hague. s. 15-98.
- Jonsson, B. 1985. Life history pattern of freshwater resident and sea-run migrant brown trout in Norway. - Transactions of the American Fisheries Society 114: 182-194.
- Jonsson, B., Forseth, T., Jensen, A. J. & Næsje, T. F. 2001. Thermal performance of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. - Functional Ecology 15: 701-711.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. 2009. Migratory timing, marine survival and growth of anadromous brown trout *Salmo trutta* in the River Imsa, Norway. - Journal of Fish Biology 74: 621-638.
- Klemetsen, A., Amundsen, P.-A., Dempson, J. B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M. F. & Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. - Ecology of Freshwater Fish 12: 1-59.
- Larsson, S., Forseth, T., Berglund, I., Jensen, A. J., Näslund, I., Elliott, J. M. & Jonsson, B. 2005. Thermal adaptation of Arctic charr: experimental studies of growth in eleven charr population from Sweden, Norway and Britain. - Freshwater Biology 50: 353-368.
- McCormick, S. D., Hansen, L. P., Quinn, T. P. & Saunders, R. L. 1998. Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55 (Suppl. 1): 77-92.

- Moore, J.-S., Harris, L. N., Tallman, R. F. & Taylor, E. B. 2013. The interplay between dispersal and gene flow in anadromous Arctic char (*Salvelinus alpinus*): implications for potential for local adaptation. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 70: 1327-1338.
- Ostrovsky, I. 1995. The parabolic pattern of animal growth: determination of equation parameters and their temperature dependencies. - Freshwater Biology 33: 357-371.
- Reitan, O., Hvidsten, N. A. & Hansen, L. P. 1987. Bird predation on hatchery reared Atlantic salmon smolts, *Salmo salar* L., released in the River Eira, Norway. - Fauna Norvegica, Serie A 8: 35-38.
- Rikardsen, A. H., Svenning, M. A. & Klemetsen, A. 1997. The relationships between anadromy, sex ratio and parr growth of Arctic charr in a lake in North Norway. - Journal of Fish Biology 51: 447-461.
- Rikardsen, A. H. & Elliott, J. M. 2000. Variations in juvenile growth, energy allocation and life-history strategies of two populations of Arctic charr in North Norway. - Journal of Fish Biology 56: 328-346.
- Rikardsen, A. H. 2004. Seasonal occurrence of sea lice *Lepeophtheirus salmonis* on sea trout in two north Norwegian fjords. - Journal of Fish Biology 65: 711-722.
- Rikardsen, A. H., Amundsen, P.-A., Knudsen, R. & Sandring, S. 2006. Seasonal marine feeding and body condition of sea trout *Salmo trutta* (L.) at its northern distribution area. - ICES Journal of Marine Science 63: 466-475.
- Rikardsen, A. H., Dempson, J. B., Amundsen, P.-A., Bjørn, P. A., Finstad, B. & Jensen, A. J. 2007a. Temporal variability in marine feeding of sympatric Arctic charr and sea trout. - Journal of Fish Biology 70: 837-852.
- Rikardsen, A. H., Diserud, O. H., Elliott, J. M., Dempson, J. B., Sturlaugsson, J. & Jensen, A. J. 2007b. The marine temperature and depth preferences of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) and sea trout (*Salmo trutta*), as recorded by data storage tags. - Fisheries Oceanography 16: 436-447.
- Sigourney, D. B., Letcher, B. H., Obedzinsky, M. & Cunjak, R. A. 2008. Size-independent growth in fishes: patterns, models and metrics. - Journal of Fish Biology 72: 2435-2455.
- Strand, R. & Heggberget, T. G. 1994. Growth and sex distribution in an anadromous population of arctic char in northern Norway. - Transactions of the American Fisheries Society 123: 377-384.
- Strand, R. & Finstad, B. 2011. Smoltproduksjonsforsøk og utsettinger av laks i Halselva og Altaelva - 2010. - NINA Rapport 758: 35 s.
- Thorstad, E. B., Økland, F., Finstad, B., Sivertsgård, R., Plantalech, N., Bjørn, P. A. & McKinley, R. S. 2007. Fjord migration and survival of wild and hatchery-reared Atlantic salmon and wild brown trout post-smolts. - Hydrobiologia 582: 99-107.
- Thorstad, E. B., Uglem, I., Arechavala-Lopez, P., Økland, F. & Finstad, B. 2011. Low survival of hatchery-released Atlantic salmon smolts during initial river and fjord migration. - Boreal Environment Research 16: 115-120.
- Wolf, P. A. 1951. A trap for the capture of fish and other organisms moving downstream. - Transaction of the American Fisheries Society 80: 41-45.







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

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

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

ISSN:1504-3312  
ISBN: 978-82-426-2878-7

## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

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

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger