

Smoltproduksjonsforsøk og utsetninger av laks i Halselva og Altaelva- 2002

Rita Strand
Bengt Finstad

NINA Oppdragsmelding 787

NINA Norsk institutt for naturforskning

Smoltproduksjonsforsøk og utsettinger av laks i Halselva og Altaelva - 2002

Rita Strand
Bengt Finstad

NINA publikasjoner

NINA utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, års-rapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

NINA Project Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttenes prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.

Opplaget varierer avhengig av behov og målgrupper

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "allmennheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINAs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Strand, R. & Finstad, B. 2003. Smoltproduksjonsforsøk og utsettinger av laks i Halselva og Altaelva- 2002. – NINA Oppdragsmelding 787. 19pp.

Trondheim, mai 2003

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1397-4

Forvaltningsområde:

Bærekraftig høsting, fisk

Management area:

Sustainable harvest, fish

Rettighetshaver ©:

NINA

Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Norunn S. Myklebust

Design og layout:

Synnøve Vanvik

Sats: NINA

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:

NINA

Tungasletta 2

N-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefax: 73 80 14 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13306 Smoltproduksjonsforsøk

Ansvarlig signatur:

Norunn S. Myklebust

Oppdragsgiver:

Statkraft SF

Referat

Strand, R. & Finstad, B. 2003. Smoltproduksjonsforsøk og utsettinger av laks i Halselva og Altaelva- 2002. – NINA Oppdragsmelding 787. 19pp.

Smoltproduksjonsforsøk ved settefiskanlegget i Talvik og utsetting av laksesmolt i Halselva og Altaelva har vært foretatt fra 1986 til og med 2002. Den siste forsøksperioden har omfattet årene 1993–2001, hvor vi har gjennomført ulike forsøk med produksjons- og utsettingsmetoder, vandringsatferd, transportmetoder og stressforsøk i forbindelse med utsettinger. I 2002 har vi fokusert i større grad på skadeomfanget på fisken i løpet av produksjonsperioden, samt videreført transportstressforsøk, utsettingsmetodikk og testing av utvandringssatferd, samt registrert gjenfangster fra utsettingene fra forrige forsøksperiode.

Registreringene av andel fisk med skade og tap av finneareal viste at skadeomfanget på smolten var høyt. Det ble ikke registrert effekt av forsøk med ulike førtildelingsmetoder som hadde til hensikt å hindre aggresjon, og dermed finneskader, som følge av sult. Skadebildet ble imidlertid vurdert som litt mindre omfattende på årgangen satt ut i 2002 i forhold til årgangen satt ut i 2001.

Smolten satt ut i 2002 hadde som tidligere år god utvikling av sjøvannstoleransen fram mot utsetting. Kortisol- og plasmaklorid-målinger i forbindelse med opplasting og transport viste at kortisolvivået økte betydelig i forbindelse med opplasting, og ytterligere under transport. Det var imidlertid opplastingen/håving av fisken som påførte fisken mest stress. Plasmakloridnivået sank til under normalnivå som følge av håndteringen, noe som er sammenfallende med det økte kortisolvivået og underbygger stresspåvirkningen.

Akklimatisering/hvile etter transport er funnet å ha positiv effekt både hos laks og ørret, og dette ble bekreftet av våre blodparametermålinger (klorid- og kortisolvivå) av fisken satt ut i Altaelva. Gruppene av smolt satt ut direkte etter transport hadde en tendens til lavere utvandringssandel, men det var ingen forskjell i hvor raskt etter utsetting de vandret ut etter utsetting i Halselva.

Smolt satt ut for tidlig eller for sent i forhold til smoltifiserings-tidspunktet har stor betydning for marin overlevelse, og det er vist at laksesmolt satt ut ved optimalt tidspunkt har bedre overlevelse enn smolt satt ut tidligere eller senere. Våre forsøk med utvandringssatferd i forhold til grad av smoltifisering i Halselva viste at smolten som ble satt ut i begynnelsen av juli (uke 27) vandret raskere ut av vassdraget enn gruppene satt ut henholdsvis en og to uker tidligere. Smolten i Altaelva ble satt ut i uke 27, da sjøvannstestene viste at smolten hadde best sjøvannstoleranse.

Forsøkene i 2002 viste at vi må sette mer ressurser inn på å finne årsaker til skadegraden på fisken og redusere skadeomfanget under produksjonen. Sjøvannstestene viste at tem-

peratur- og lysregimet i anlegget fungerer godt, og at smolten ble satt ut til riktig tid i forhold til smoltifiseringsgrad.

Emneord: Smoltproduksjon, laks, sjøvannstoleranse, overlevelse, vandring, transportstress, kortisol.

Rita Strand & Bengt Finstad. Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim.

Abstract

Rita Strand & Bengt Finstad. Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, NO-7485 Trondheim.

Strand, R. & Finstad, B. 2003. Experimental Atlantic salmon smolt production and release in the River Halselva and in the River Alta – 2002. – NINA Oppdragsmelding 787. 19pp.

Smolt production experiments at the hatchery in Talvik (70° N) and releases of Atlantic salmon smolts in the River Halselva and in the River Alta were carried out from 1986 to 2002. The last project period included the years 1993 to 2001, where we focused on production- and release methods, migratory behaviour, transport methods and stress experiments, in relation to smolt releases. In 2002 we focused on the level of fin damage and gill cover on the fish, inflicted during the production period. We also continued the experiments on transport stress, release methods, migratory behaviour, and the registration of recaptures of adult salmon.

Registrations showed that the level of damage on the fish were extensive. No effects were observed of feeding procedures aimed at preventing aggression and thereby the level of damage. The overall levels of damage on the fish were less extensive for the year class released in 2002 than in 2001.

Smolts released in 2002 developed seawater tolerance prior to release. Plasma cortisol levels increased during the loading and increased further during transportation. Loading/handling of fish from rearing tanks to transport tanks inflicted most of the stress. Plasma chloride level declined to below normal due to loading/handling and coinciding with increased cortisol levels.

Experiments have shown a positive effect of acclimatisation/rest in freshwater after transport to the release site on both salmon and trout migration behaviour. This were supported by our physiological data on plasma cortisol and plasma chloride for the fish released in the River Alta. The groups of fish given a weeks rest after transport showed an increased tendency to migrate, but there were no differences in migration rate among groups given rest after transport and groups released directly.

The time of release was important for how fast the fish migrated from the River Halselva to the sea. Smolt released in the beginning of July (week 27) migrated faster than smolt released one and two weeks earlier. According to the seawater test, the smolt had developed full seawater tolerance in week 27, at the time of release.

Experiments in 2002 showed that we have to give priority to reveal causes for the high degree of damage and gill cover on the fish during the smolt production period. The seawater test showed that the temperature- and light regime in the hatchery is now proper and that the smolts were released at the right time with respect to the seawater tolerance of the fish.

Key words: Smolt production, Atlantic salmon, seawater tolerance, survival, migration, transport stress, cortisol.

Forord

I forbindelse med utbyggingen av Altavassdraget ble det bygd et settefiskanlegg i Talvik, med ei kontrollfelle i Halsvassdraget i tilknytning til anlegget. Talvikanlegget sto ferdig i 1985, og første trinn i smoltproduksjonsforsøkene på laks, ørret og røye omfattet årene 1986 til 1992, og var en del av prosjektet "kulturbetinget fiske", senere kalt "havbeiteprosjektet". Havbeiteprosjektet med røye fortsatte til og med 1996. Resultater fra dette prosjektet er tilgjengelig i Finstad et al. 1997.

Smoltproduksjonsforsøk på laks fortsatte fra og med 1993, med videreføring fram til 2001. Målet med disse forsøkene var å produsere laksesmolt og å utvikle utsettings- og merkemetoder for å øke overlevelse og gjenfangst hos fisk utsatt i Altaelva i forbindelse med eventuelle kompensasjonsutsetninger i framtida. Resultater fra disse forsøkene er tilgjengelig i Finstad (1995), Strand & Finstad (1995), Finstad & Nilsen (1997), Finstad & Nilsen (1998), Finstad et al. (1999), Strand & Finstad (2000; 2001; 2002).

Foreliggende rapport sammenfatter første års resultater i videreføringen av smoltproduksjonsforsøkene, som skal fortsette fram til og med 2006. Målet med prosjektet er å optimalisere smoltproduksjon og utsettingsmetoder. Vi vil også søke å minimalisere skadeomfanget på fisken ved å fokusere på prosessen fra klekking til utsettingsklar fisk (vannkvalitet, fôring, sorteringer). Videre vil smolten testes fysiologisk for å avdekke stressresponser i forbindelse med ulike håndterings-situasjoner ved produksjon, transport og utsetting. Gjenfangster av utsatt Carlinmerket smolt registreres fortløpende og alternative metoder merking vil vurderes og testes ut.

De ansatte ved settefiskanlegget i Talvik og ved NINAs fiskefelle i Talvik takkes for et godt samarbeid. Produksjonsbetingelsene for laksen er som for tidligere år rapportert av stasjonsleder Frode Løvik ved settefiskanlegget. Prosjektet er finansiert av Statkraft SF.

Trondheim 01.05.2003

Bengt Finstad
Prosjektleder

Innhold

Referat	3
Abstract	4
Forord.....	5
1 Innledning	6
2 Metode og materiale	6
2.1 Fisk og produksjonsforhold.....	6
2.1.1 Stamfisk og presmolt	6
2.1.2 Skadegrad	7
2.1.3 Sjøvannstester og stressmålinger.....	7
2.2 Utsettingslokaliteter og utsettingsmetoder	7
2.2.1 Forsøksgrupper.....	7
2.2.2 Transportstressforsøk i Halselva.....	8
2.2.3 Vandringsatferd hos smolt med ulik grad av smoltifisering	8
2.3 Definisjon av begreper.....	8
3 Resultater	10
3.1 Skadegrad	10
3.2 Presmolt vekst	10
3.3 Sjøvannstester	10
3.3 Transportstressforsøk.....	10
3.4 Vandringsatferd hos smolt med ulik grad av smoltifisering	14
3.5 Gjenfangster	14
4 Diskusjon	17
5 Litteratur	18

1 Innledning

Smoltproduksjon av laks for utsetting i naturlige omgivelser krever spesielle produksjonsregimer for å få smolten til å smoltifisere på riktig tidspunkt slik at de kommer ut i sjøen ved optimale fysiske forhold (temperatur, næringstilgang). Smoltifiseringen styres av daglengde og temperatur i ferskvann (Poston 1978; Wedemyer et al. 1980; Lundquist 1983; Parker 1984). Disse faktorene er det viktig å synkronisere i anlegg for å optimalisere tidspunkt for smoltifisering hos anleggsproduisert fisk. I Talvik har vi kommet fram til produksjonsregimer som er tilpasset smoltens utvikling på denne breddegraden.

Skader på fisk påføres under oppveksten i anlegget i form av soppangrep, biting og finneslitasje og kan føre til lavere overlevelse og dårligere kvalitet på smolten. Vannkvalitet, førmengde og –tildelingsmåter, samt sorteringshyppighet kan ha sammenheng med skadeomfanget. Oppvarmet vann fra elva som benyttes fra rogninnlegging til startfôring har vist å gi oppblomstring av ektoparasitter i anlegget. Underfôring fører til aggressivitet og stress som kan føre til biting og finneskader.

Håndtering (håving og transport innen anlegget) og transport av smolt til utsettingsstedet er stressfaktorer for smolt. Stress hos fisken kan medføre redusert sjøvannstoleranse, redusert immunforsvar og kan påvirke atferden hos smolten (Høgåsen 1998). Avstressing i hvilemerd før utsetting er blitt benyttet med positive effekter på smoltens vandringssatferd og overlevelse (Iversen et al. 1998; Jonsson et al. 1999), og forsøk med hvile etter transport er blitt utført både i Halselva og Altaelva.

På bakgrunn av tidligere undersøkelser ble det i 2002 gått videre med følgende studier:

- Registrere skader på fisk i løpet av produksjonsperioden, kartlegge årsaker og måle effekter av tiltak som kan redusere skadeomfanget.
- Foreta transportstressforsøk hvor smolt transporteres i tankbil, med påfølgende utsetninger ovenfor fella i Halselva, for å se på smoltens utvandringssatferd i forhold til både utsettingsmetode og smoltifiseringsgrad.
- Å teste hvordan utsetting før og etter det optimale tidspunktet påvirker utvandringssatferden til smolten.
- Test av utsettingsmetoder, hvor smolt transporteres med helikopter og tankbil til Altaelva og enten blir satt ut direkte etter transport eller satt i hvilemerd en uke før de slippes. Samtidig testes stresseffekter på smolten i forbindelse med opplasting, transport og utsettingsmetoder ved hjelp av fysiologiske målinger.
- Halselva m/fiskefelle vil benyttes som referanse mot Altaelva når det gjelder tilbakevandring av utsatt smolt.

2 Metode og materiale

2.1 Fisk og produksjonsforhold

Smoltproduksjonsforsøkene med laks ble utført ved settefisk-anlegget i Talvik, som ligger ved Halselva i Finnmark. Produksjon av settefisk til utsettingene i Altaelva har foregått ved dette anlegget siden 1986. I tilknytning til anlegget er det bygd en fiskefelle i Halselva hvor all opp- og nedvandrende fisk i vassdraget merkes og registreres med lengde og vekt samt annen totalstatus. Det er naturlige bestander av laks, ørret og røye i vassdraget. Se også <http://www.nina.no>, forskning og fagområder/ laks og ferskvannsfisk/ forskningsstasjoner og fiskefella i Talvik.

2.1.1 Stamfisk og presmolt

Stamfisk ble fanget med not i Bollosonen i Altaelva, fra Detsika til Åkergjerdet, i perioden 6-8. september 2000 (**figur 2**). Det ble tatt fem lakser av hvert kjønn og alle ble klassifisert som villfisk på grunnlag av skjellavlesning. En hannfisk var ensjøvinter, resten var tresjøvinter og eldre.

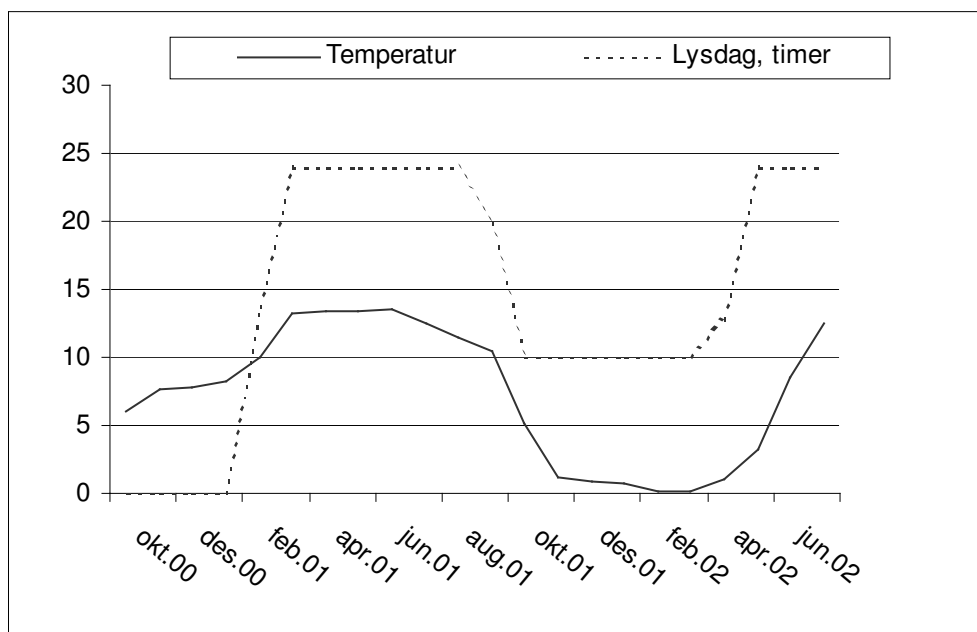
Fisken ble strøket i tidsrommet 22.-25. oktober 2000, og rognmengden innlagt ble beregnet til 66 000 rognkorn. Klekkeprosenten var lav (50,9 %) på grunn av stor soppvekst og manglende effekt av antisoppmidlet som ble benyttet (Pyzece m/bronopol). Antall yngel til startfôring ble dermed 33 600, og antall ferdig startfôret yngel ble ytterligere redusert ved menneskelig svikt under kjemikaliebehandling, hvor en hel familie døde. Resultatet etter startfôring var dermed nede i 22 600 yngel.

Størrelsessortering ble foretatt for å redusere dominanshierarkier og dermed aggresjon som kan føre til skader på fisken (se pkt. 2.2). Beregnet antall fisk etter sorteringen (basert på volummål) var 18 246, og det ble bestemt at familiene skulle slås sammen. Lengde og vekt ble registrert fra 50 fisk per kar i august og oktober høsten 2001 og i februar 2002. Antall ferdig merket smolt var 13 630, etter at 26 % ble sortert ut under merkingen, hovedsakelig på grunn av skader.

En uke før utsett ble fisken badet i formalinløsning som beskyttelse mot ektoparasitter. Fisken ble sultet ett døgn før transport for å redusere belastningen av transportvannet, som er oksygenert ferskvann.

Lys og temperaturregime under produksjonen av 2001-årgangen var lik foregående år (**figur 1**).

Figur 1. Temperatur og lys i anlegget under produksjon av 2001-årgangen av laksesmolt satt ut våren 2002.



2.1.2 Skadegrad

Skaderegistreringene viste at omfanget og grad av finneskader fremdeles var høyt. I et forsøk på å begrense skader og hindre sopp på rogn ble det benyttet Pyzece m/bronopol, et miljøvennlig alternativ til de tidligere benyttede produktene Malakittoksalat og formaldehyd, som begge er miljøbelastende og yrkeshygienisk belastende kjemikalier. Skadene ble også forsøkt minimalisert gjennom et fôringsopplegg på vekstavdelingen som skulle sikre fôring i overskudd. Tildelingsmåte ble også variert ved å bruke en eller to automater pr kar i et forsøk på å hindre aggresjon som følge av sult. Det ble registrert skadestatus på bryst- og ryggfinner, gjellelokk og spord av 50 fisk i april, juni, august, oktober i 2001 og i februar, mars og juni i 2002. Skader ble registrert på en skala fra 1-10 (**tabell 1**). Det tillates at hver enkelt fisk maksimalt kan ha to skader med maksimum tillatt skadegrad for å settes ut. I et forsøk på å avdekke årsak og begrense skader på merket smolt ble det gjennomført rutinemessig badebehandling med Pyzece/Detarox/Kloramin/formalin fra midten av mai til midten av juni.

2.1.3 Sjøvannstester og stressmålinger

Sjøvannstester av to grupper smolt sortert på ulik størrelse ble foretatt fra uke 18-27. Blodprøver av smolt for måling av kortisol før og etter transport ble utført for å få et mål på stress hos fisken i forbindelse med transport og utsetting i Altaelva. Sjøvannstesting ble utført som beskrevet i Iversen et al. (1998).

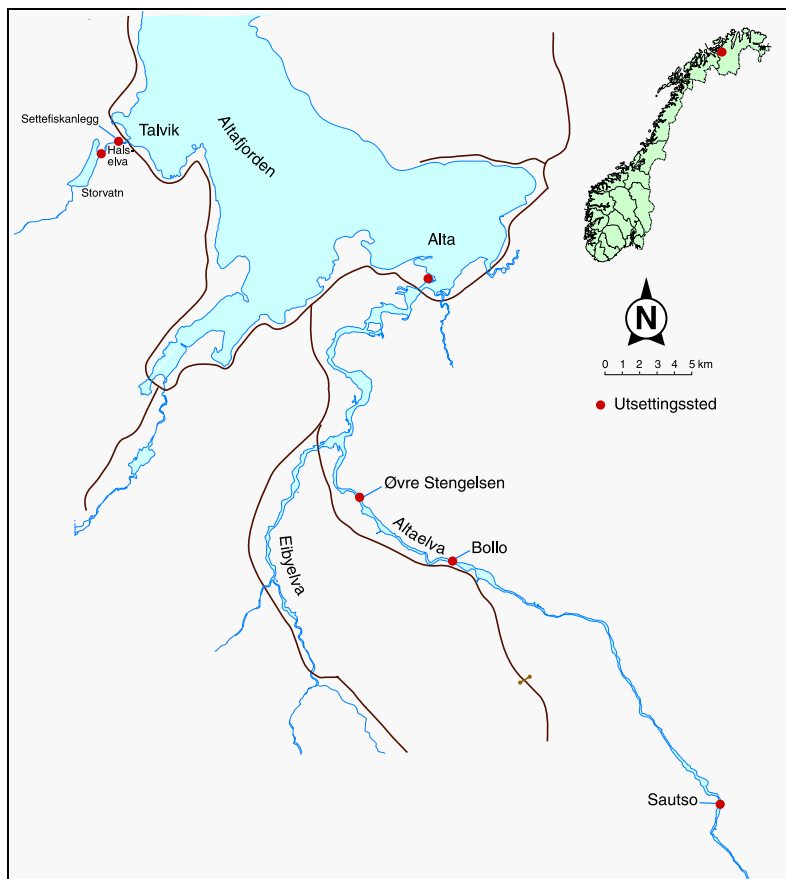
Tabell 1. Maksimum tillatt skade ved merking av laks av 2001-årgang satt ut våren 2002.

	Maksimum tillatt skade ved merking	Maksimum tillatt tap av finneareal (%)
Høyre gjellelokk	2	20
Venstre gjellelokk	2	20
Ryggfinne	8	80
Høyre brystfinne	3	30
Venstre brystfinne	3	30
Spord	2	20
Død/Drept	nei	-
Kjønnsmoden	nei	-
Høyre bukfinne	9	Vurderes ikke
Venstre bukfinne	9	Vurderes ikke
Skjelltap	2	20

2.2 Utsettingslokaliteter og utsettingsmetoder

2.2.1 Forsøksgrupper

Forsøksgruppene produsert ved settefiskanlegget ble satt ut på ulike lokaliteter både i Halselva og Altaelva (**figur 2**). Halselva ligger i Alta kommune, nær Talvik i Finnmark på 70°N, 23°Ø. Vassdraget har et nedslagsfelt på 143 km². Innsjøen i vassdraget, Storvatnet, har et areal på 1,2 km², og ligger 30 moh. Halselva er 2,5 km lang, fra Storvatnet til den munnen ut i Altafjorden. Fella i Halselva er lokalisert ca 200 meter ovenfor utløpet. Forsøksgruppene ble satt ut ved innløpet til Halselva.



Figur 2. Geografisk oversikt over settefiskanlegget i Talvik, Altaelva og utsettingslokaliteter. Utsettingsstedet ved munningen av Altaelva ble ikke benyttet i 2002.

Altaelva er lokalisert innerst i Altafjorden. Smolt ble transportert fra settefiskanlegget i Talvik og satt ut i Øvre Stengelsen (like nedenfor Bollo) og i Sautso i Altaelva (**figur 2**). Det er ca. 35 km fra Halselva til utsettingsstedet (Øvre Stengelsen/Bollo) i Altaelva. Fra opplasting av fisken i settefiskanlegget til utsetting i Altaelva tok det om lag to timer med bil og ca. 20 minutter med helikopter.

Våren 2002 ble det utført forsøk ved settefiskanlegget for å teste a) effekter av transport på stressnivå og utvandringssatferd hos smolt og b) utvandringssatferd i forhold til tidspunkt for utsetting (**tabell 2**). Smolt ble transportert med tankbil og helikopter fra settefiskanlegget og satt ut i Altaelva (Øvre Stengelsen) (**tabell 3**).

2.2.2 Transportstressforsøk i Halselva

Utsettingsforsøk ble foretatt i Halselva for å simulere transport med tankbil fra Talvik til Altaelva med påfølgende utsetting. Avstanden mellom settefiskanlegget i Talvik og utsettingsstedet i Altaelva (Øvre Stengelsen) er ca 35 km, og det tar to timer fra fisken høves fra karene på settefiskanlegget, fram til utsetting i Altaelva.

Grupper av smolt ble lastet opp i anlegget, transportert innen anlegget med truck og lastet opp i bil. Smolten ble transportert i to timer og satt ut ovenfor fella i Halselva. Halvparten av

gruppene ble satt i bur i elva for avstressing etter transport en uke før de ble sluppet. Vandringssatferd ble testet i forhold til utsettingsmetode (direkte/hvile) (**tabell 2 og 3**). Alle gruppene ble satt ut til samme tid.

2.2.3 Vandringssatferd hos smolt med ulik grad av smoltifisering

Smoltgrupper med lik bakgrunn ble satt ut i Halselva fordelt på ukene 25, 26 og 27 for å teste utvandringssatferd i forhold til hvor langt fisken hadde kommet i smoltifiseringsprosessen (**tabell 2**).

2.3 Definisjon av begreper

I denne undersøkelsen er det viktig å skille mellom utvandringssandel og utvandringssrespons. Begge begrepene henpeiler på smoltens vandringssatferd, vandringssvillighet og motivasjon:

- Utvandringssandel beskriver andel av utsatt fisk som ble registrert nedvandrende i fella i løpet av hele registreringsperioden.
- Utvandringssrespons beskriver hvor raskt fisken vandrer etter utsetting. For å beskrive dette brukes man betegnelsen tid til 50% utvandring, dvs. hvor lang tid (dager) det tar før 50 % av fiskene som vandrer ut har passert fella.

Tabell 2. Forsøk gjennomført ved settefiskanlegget i Talvik våren 2002. All fisk ble satt ut ovenfor fella i Halselva og all smolt var ettårig.

Gruppe	Utsatt dato	Forsøk (behandling)	Antall	Stamme	Smolt alder	Anmerkning
305	21.06.02*	Transporteffekter	148	Bollo	1	En uke hvile
306	21.06.02	Transporteffekter	150	Bollo	1	Direkteutsett
307	21.06.02*	Transporteffekter	100	Bollo	1	En uke hvile
308	21.06.02	Transporteffekter	39	Bollo	1	Direkteutsett
309	19.06.02	Smoltifiseringsgrad	200	Bollo	1	Uke 25
310	19.06.02	Smoltifiseringsgrad	200	Bollo	1	Uke 25
311	26.06.02	Smoltifiseringsgrad	166	Bollo	1	Uke 26
312	26.06.02	Smoltifiseringsgrad	200	Bollo	1	Uke 26
313	03.07.02	Smoltifiseringsgrad	197	Bollo	1	Uke 27
314	03.07.02	Smoltifiseringsgrad	188	Bollo	1	Uke 27

* smolten ble transportert til utsettingsstedet syv dager før utsetting (14.06.02).

Tabell 3: Grupper av laksesmolt satt ut i Altaelva (Øvre Stengelsen) og nedenfor fiskefelle i Halselva våren 2002.

Gruppe	Utsatt dato	Uts. metode	Antall utsatt	Smoltalder	Uts.sted
303	02.07.02	Helikopter-hvile	1622*	1	Øvre Stengelsen
303	02.07.02	Helikopter-hvile	1161*	1	Øvre Stengelsen
304	02.07.02	Helikopter-direkte	1709	1	Øvre Stengelsen
304	02.07.02	Helikopter-direkte	1221	1	Øvre Stengelsen
320	02.07.02	Tankbil-direkte	1707	1	Øvre Stengelsen
320	02.07.02	Tankbil-direkte	1212	1	Øvre Stengelsen
321	01.07.02	Referanse, NF	1449	1	Halselva
321	01.07.02	Referanse, NF	1516	1	Halselva

*Gruppen ble transportert til utsettingslokaliteten og satt i hvilemær en uke før utsettingsdato.

3 Resultater

3.1 Skadegrad

Fra 1999 har det blitt satt ekstra fokus på fiskens høye skadegrad, hvor målet har vært å redusere skadene både med hensyn til fiskens trivsel, funksjonalitet og overlevelsessevne. I 2000 satte vi ut grupper av fisk med ulik grad av skade, og testet gruppene i forhold til utvandringssatferd. Både ett- og toårig smolt med forhøyet skadegrad verget seg mot å gå ut og vandret ut mindre grad enn kontrollgruppene. Vi har ikke gjort utsettingsforsøk med fisk av ulik skadegrad i 2002, men gir en oversikt over skadestatus hos utsettingsårgangen (**figur 3**).

Ved første registrering av skader på yngelen i april 2001 hadde 75 % av yngelen enkel eller dobbeltsidig gjellelokkforkortelse av moderat grad (**figur 3a**). Ved senere registreringer lå andel av fisk med gjellelokkforkortelse på ca. 10 %. Andel fisk med skade på brystfinnene var lav fram til like før utsetting og økte ved utsettingstidspunktet til 40 % (**figur 3b**). Skadene var moderate. Andel fisk med skade på ryggfinne var høye fra sommeren 2001 og fram til utsetting i 2002 (70-100 %) (**figur 3c**). Skadene var moderate fram til sommeren 2001, men tap av finneareal økte til 70 % ved utsettingstidspunktet. Andel fisk med skade på spord økte også betydelig fra sommeren 2001, og all fisken hadde moderat skade på sporden ved utsetting i 2002 (**figur 3d**).

I forsøk på å avdekke årsak til skader og begrense skadene ble det gjennomført et fôringsopplegg på vekstavdelingen som skulle sikre fôring i overskudd, og tildelingsmåte ble også variert ved å bruke en eller to automater per kar. Mot slutten av vekstsesongen ble skadebildet vurdert som litt mindre omfattende på denne årgangen i forhold til forrige årgang, men utviklingsforløpet var ganske likt. Det var ingen påviselig forskjell på fisk i kar med henholdsvis en eller to automater.

3.2 Presmolt vekst

Startfôringsveksten hos 2001-årgangen var noe bedre enn 2000-årgangen, mens fiskens vekst fram til utsetting var lik de foregående år (Strand & Finstad 2001; 2002) (**figur 4**).

3.3 Sjøvannstester

Kroppsstørrelsen har betydning for smoltens evne til å sjøvannsregulere, hvor stor smolt regulerer bedre enn mindre smolt (Hoar 1988). To grupper fra Bollo ble sortert på ulik størrelse og sjøvannstestet fra uke 19 til 27. Størrelsesfordelingen hos gruppene var imidlertid ikke forskjellig, bortsett fra ved testen foretatt i uke 25 (ANOVA, $F=5,341$, $df=1$, $p=0,033$) (**tabell 4**). Vi forventet derfor heller ingen forskjeller mellom gruppene i sjøvannstestene.

Sjøvannstestene viste at begge gruppene utviklet sjøvannstoleranse jevnt utover våren (**figur 5**). I uke 25 (midten av juni) var gjennomsnittsverdiene lavere enn 160 mM, noe som viser at smolten saltregulerte. Vi fant ingen sammenheng mellom sjøvannstilpasning og smoltstørrelse mellom gruppene, men det var en negativ sammenheng mellom smoltstørrelse og kloridverdier på individnivå (Pearson korrelasjon, $r=-0,353$, $p=0,000$, $n=100$), det vil si at stor smolt sjøvannsregulerte bedre enn mindre smolt.

3.3 Transportstressforsøk

Stressnivå hos fisken

Transport fra smoltanlegg til utsettingssted er en stressfaktor for smolt. Stress hos fisken kan medføre lavere sjøvannstoleranse, redusert immunforsvar og kan påvirke atferden hos fisken. Plasmakloridnivået hos fisk i ferskvann går ned som respons på stress, mens plasmakortisol øker under stress. Plasmaglukose øker under eller etter en stressrespons for å gi energi til fisken (Høgåsen 1998). Vi utførte transportstressforsøk hvor vi målte plasmaklorid, plasmakortisol og plasmaglukose fra opplasting i anlegg til utsetting i Altaelva.

Kortisolnivået økte fra før opplasting (70,9 nM) til etter opplasting (260,4 nM) (ANOVA, Tukey test, $p=0,003$), men verdiene etter opplasting var ikke signifikant forskjellig fra verdiene etter transport verken med bil ($p=0,571$) eller med helikopter ($p=0,742$). Etter at fisken som ble transportert med helikopter hadde stått i hvilemærd en uke hadde kortisolverdiene falt slik at de ikke var forskjellig fra verdiene før opplasting ($p=0,778$) (**figur 6**). Det var store individuelle variasjoner med hensyn til kortisolnivå.

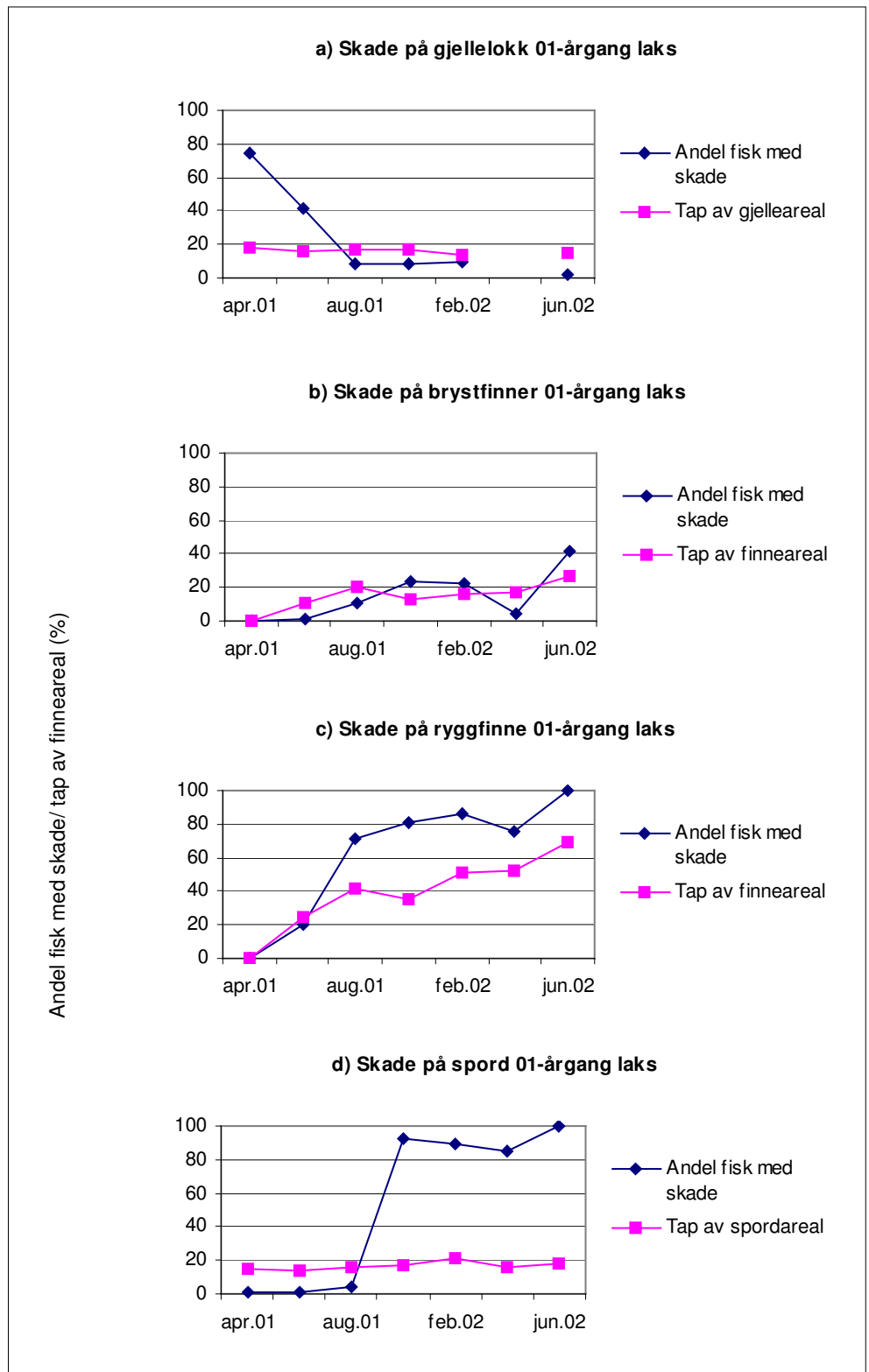
Plasmakloridnivået sank etter transport med bil (ANOVA, tukey test, $p=0,037$), men lå ellers oppe på et normalt nivå. Glukosenivå i fiskens blod ble målt bare etter transport og hvile, og lå da på et litt høyere nivå enn normalnivå (3-5 mM).

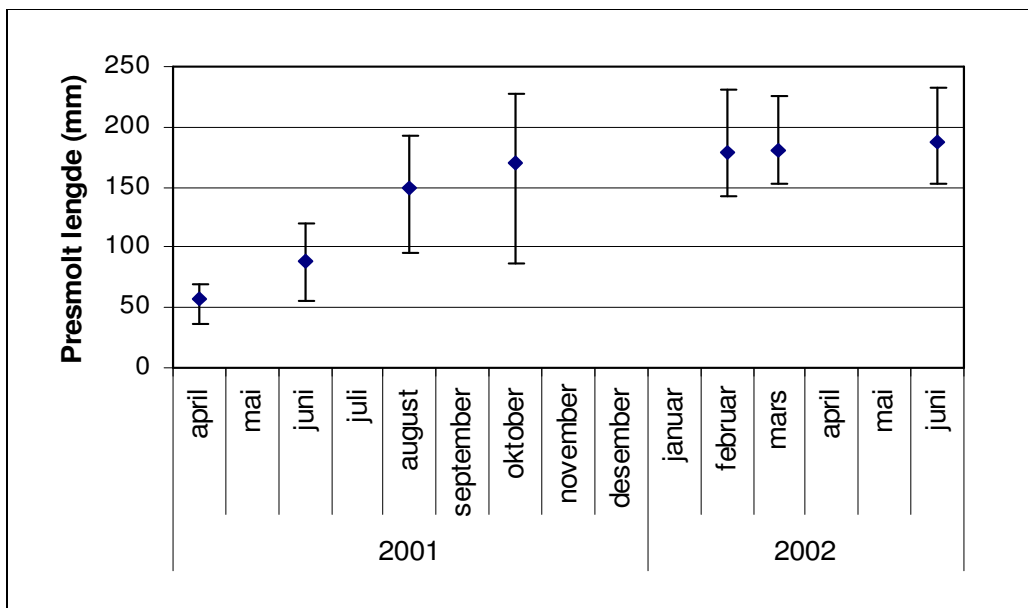
Utvandringsandel

Akklimatisering (hvile) etter transport har gitt positive effekter på overlevelse hos utsatt smolt. I tillegg til fysiologiske undersøkelser (plasmakloridnivå) testet vi hvordan akklimatisering etter transport påvirket utvandring av smolt ved å se om det var forskjell i andel av utsatt smolt som vandret og hvor raskt etter utsetting de vandret ut av vassdraget avhengig av hvilken behandling de fikk etter transport (akklimatisering-hvile eller satt direkte ut).

Grupper av smolt satt ut direkte hadde en tendens til lavere utvandringssandel enn smolt som fikk hvile etter transport og før utsetting (**tabell 5**), men det var ingen av kji-kvadrattestene som var signifikant forskjellig i henhold til en sekvensiell Bonferroni-test ($p>0,05$). Den ene av gruppene som fikk hvile (305) hadde imidlertid mindre kroppslengde enn gruppene som ble satt ut direkte (ANOVA, tuckey test, $p<0,05$).

Figur 3. Skadeutvikling hos smoltårgangen 2001, utsatt våren 2002.

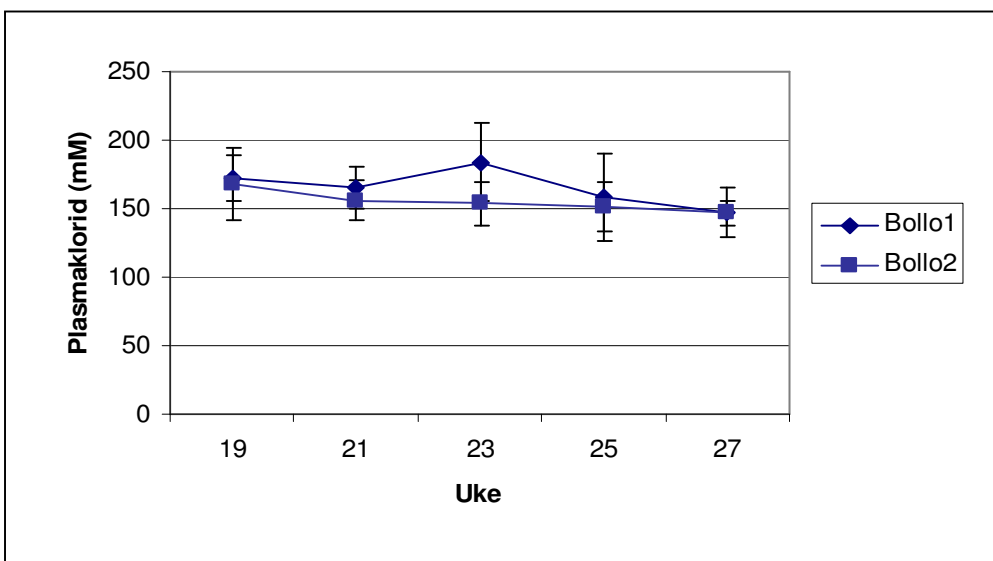




Figur 4. Presmolt vekst hos ettårig smolt benyttet i forsøk og utsettinger i 2002.

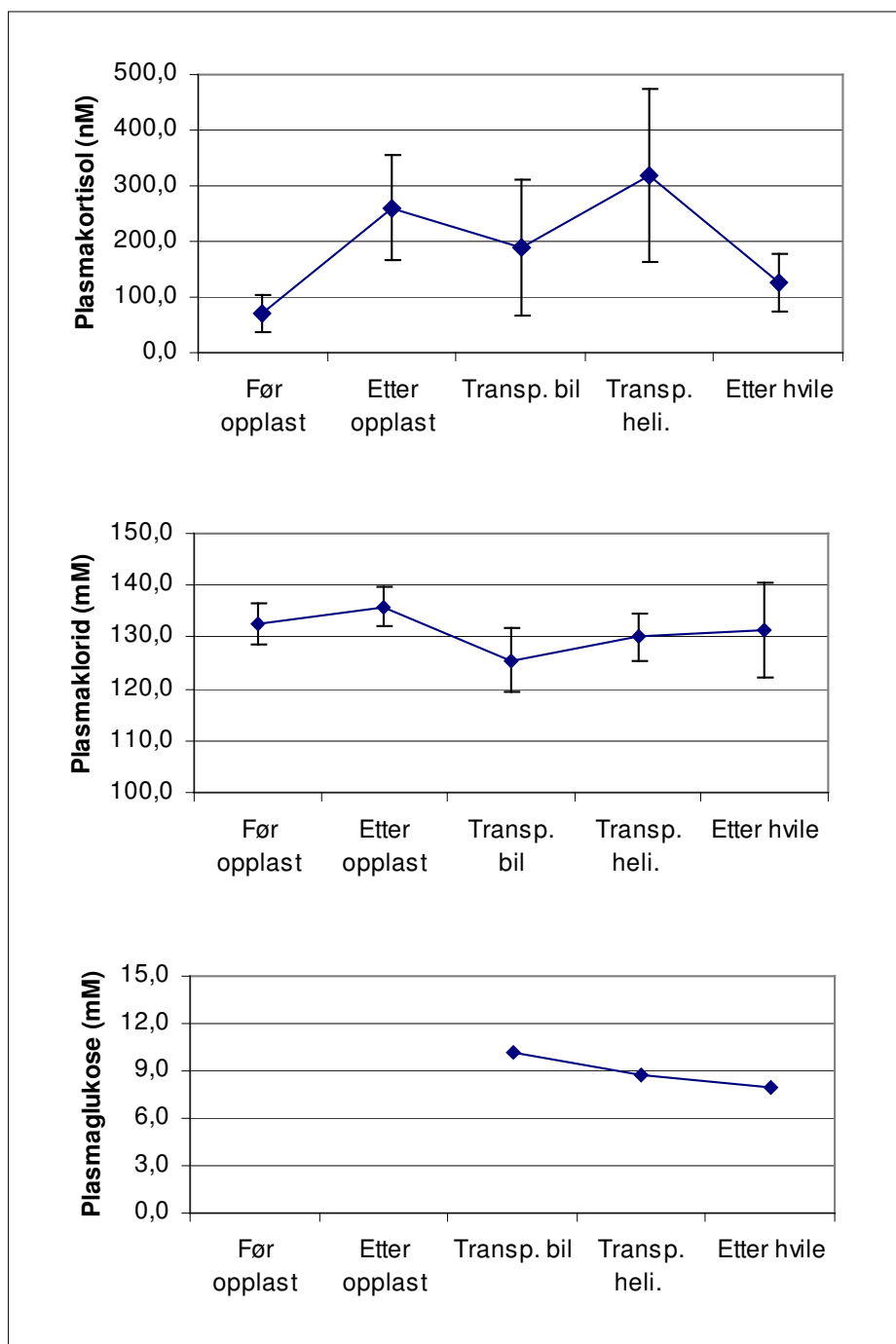
Tabell 4. Gjennomsnittslengder og standard avvik hos to størrelsesgrupper av sjøvannstestet smolt i Talvik anlegget våren 2002.

Testet uke	Bollo1		Bollo2		Antall
	Lengde (mm)	sd	Lengde (mm)	sd	
19	186,1	9,4	181,9	8,5	10
21	187,9	14,6	183,2	9,1	10
23	189,2	8,2	181,6	8,8	10
25	197,9	20,8	180,5	11,5	10
27	201,7	11,4	197,7	18,3	10



Figur 5. Plasmaklorid hos stor smolt (Bollo1) og mindre smolt (Bollo2) testet fra uke 19 til 27 i 2002.

Figur 6. Plasmakortisol (nM), plasmaklorid (mM) og plasmaglukose (mM) målt før opplasting i anlegg, etter opplasting, u-middelbart etter transport med tankbil og helikopter til Altaelva og etter at fisken hadde stått ei uke i hvilemærd etter transport i 2002.



Tabell 5. Transportstressforsøk hvor ettårig smolt som stammet fra Bollo i Altaelva ble transportert to timer og enten satt direkte ut eller satt i hvilemærd ei uke før de ble sluppet i Halselva. Alle gruppene ble satt ut den 21.06.02 (dagnummer 172). Gruppene som fikk hvile ble transportert til utsettingslokaliteten den 14.06.02. Se også **tabell 2**.

Gruppe	Forsøk (behandling)	Antall utsatt	Smoltlengde (mm)	sd	Antall utvandret	Andel (%) utvandret
305	Transp.-hvile	148	177,9	9,5	64	43,2
306	Transp.-direkte	150	182,3	12,0	42	28,0
307	Transp.-hvile	100	179,9	11,1	42	42,0
308	Transp.-direkte	39	183,5	8,3	7	17,9

Utvandringsrespons

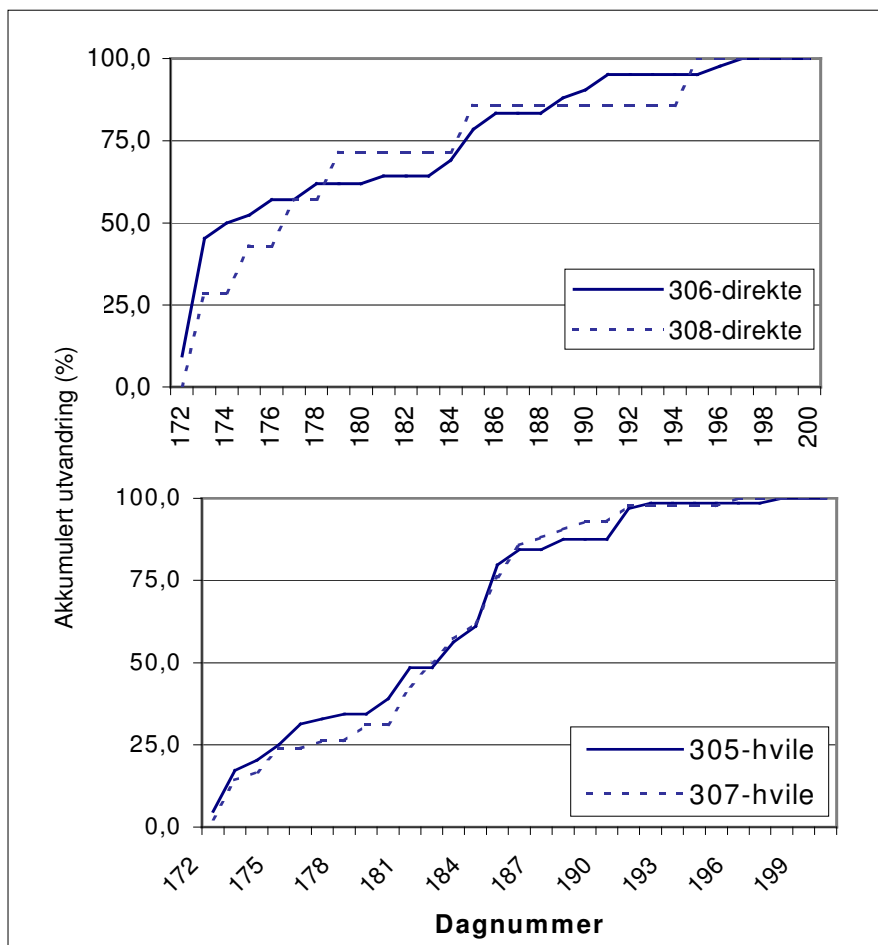
Alle gruppene vandret ut like raskt etter utsetting (**figur 7**). Gjennomsnittlig antall dager fra utsetting til fisken vandret ut av vassdraget varierte mellom 7,0 og 9,8 dager for de ulike gruppene, og var ikke statistisk forskjellig (ANOVA, $F=1,664$, $df=3$, $p=0,177$).

3.4 Vandringsatferd hos smolt med ulik grad av smoltifisering

Utsettingstidspunkt i forhold til grad av smoltifisering er viktig for overlevelse og vekst hos laksesmolt etter utsetting. Grupper av ettårig smolt fra samme stamme ble behandlet likt i anlegget og satt ut i ukene 25-27 for å teste om det var forskjeller i utvandringsatferd hos smolt satt ut til forskjellig tid (**tabell 6**).

Utvandringsandel

Andel av utsatt smolt som vandret ut i uke 25 var ikke forskjellig fra andel fisk som vandret ut to uker senere (uke 27) (kji-kvadrat test, $\chi^2=2,001$, $p=0,157$). Smolten som ble satt ut mellom disse tidspunktene, i uke 26, hadde imidlertid lavere utvandringsandel enn både gruppene satt ut i uke 25 ($\chi^2=26,519$, $p=0,000$) og i uke 27 ($\chi^2=41,268$, $p=0,000$) (**tabell 6**).



Figur 7. Utvandringsrespons hos smolt fra transportforsøk i Halselva i 2002. Dagnummer 172= 21.06.02. Se **tabell 2 og 5** for beskrivelse av forsøksgruppene 305-308.

Utvandringsrespons

Smolt satt ut da de hadde best sjøvannstoleranse (uke 27) vandret ut raskere enn smolt som ble satt ut tidligere (**figur 8**). Gruppene satt ut i uke 25 (dagnr 170) brukte i gjennomsnitt 6,8 (gruppe 309) og 6,6 (gruppe 310) dager fra utsetting til de ble registrert nedvandrende i fella. Gruppe 311 og 312 brukte i gjennomsnitt henholdsvis 8,2 og 5,3 dager, mens gruppene satt ut i uke 27 brukte 1,6 dager i gjennomsnitt før de vandret ut av elva. Det var ingen forskjell mellom grupper som ble satt ut i uke 25 og 26 med hensyn til utvandringsrespons, mens gruppene satt ut i uke 27 vandret raskere ut enn gruppene satt ut henholdsvis en og to uker tidligere (ANOVA, Tukey test, $p=0,000$).

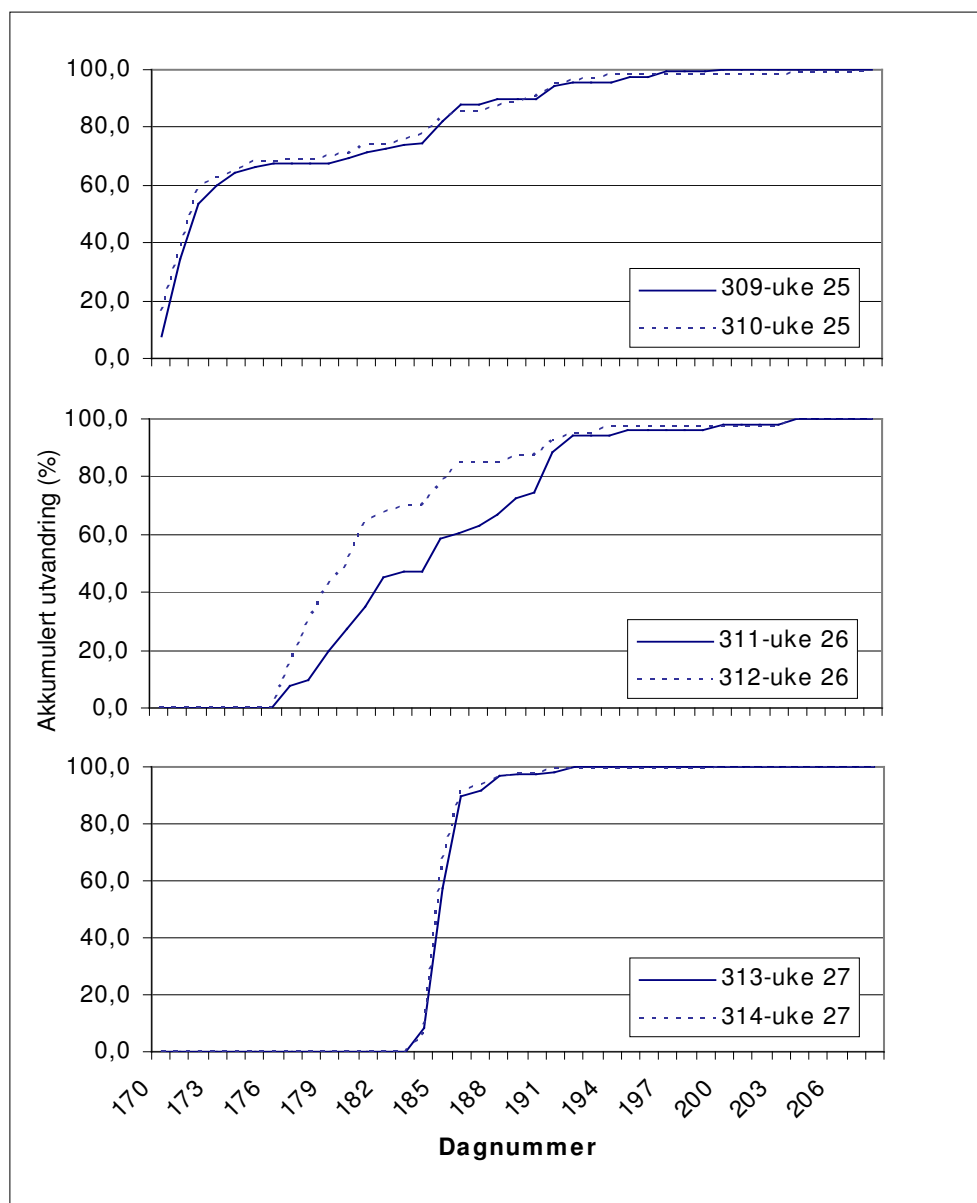
3.5 Gjenfangster

Vi får fortsatt gjenfangster av laks fra utsettingene fra forrige prosjektperiode (**tabell 7**). Utsettingene i 2001 har gitt meget lave gjenfangster av ensjøvinter laks (0,08-0,19 %). Tilsvarende tall fra utsettingene i 2000 var 0,07-0,56 (Strand & Finstad 2002). Den offisielle fangststatistikken viser at fangstene av smålaks i Altaelva i 2001 var lavere (N=1518) enn i 2002 (N=2064), slik at de lave gjenfangstene fra utsettingene ikke kan forklares ut fra forholdene i fjordsystemet og i havet.

Tabell 6. Utvandringsandel hos laksesmolt satt ut til forskjellig tid og smoltifiseringsgrad i øvre del av Halselva i 2002.

Gruppe	Forsøk (behandling)	Utsatt uke	Utsatt dato	Lengde (mm)	sd	Antall utsatt	Antall utvandret	Andel (%) utvandret
309	Smoltifiseringsgrad	25	19.06.02	191,2	9,9	200	107	53,5
310	Smoltifiseringsgrad	25	19.06.02	196,3	11,6	200	103	51,5
311	Smoltifiseringsgrad	26	26.06.02	192,0	13,5	166	52	31,3
312	Smoltifiseringsgrad	26	26.06.02	201,8	12,2	200	40	20,0
313	Smoltifiseringsgrad	27	03.07.02	206,2	197	119	60,4	
314	Smoltifiseringsgrad	27	03.07.02	202,6	17,3	188	120	63,8

Figur 8. Utvandringsrespons hos smolt fra forsøk med smoltifiseringsgrad i forhold til utvandringsatferd i Halselva i 2002. Dagnummer 170= 19.06.02, dagnummer 177= 26.06.02, dagnummer 184= 03.07.02. Se **tabell 2 og 6** for beskrivelse av forsøksgruppene 309-314.



Tabell 7: Gjenfangst (antall og %) i Altaelva og i sjøen fordelt på sjøalder av smolt satt ut i Altaelva i 1995- 2001. Ø.S. = Øvre Stengelsen. Gjenfangstene er oppdatert til og med 1. mars 2003.

Utsatt tidpunkt	Utsatt sted	Utsettingsmetode	Smolt alder	Antall smolt	Gjenfangst elv			Gjenfangst sjø		
					ensjø	tosjø	tresjø	ensjø	tosjø	tresjø
02.07.98	Bollo	Bil direkte	1	3008	0	1	2	4	0	-
03.07.98	Bollo	Bil direkte	1	3014	2	2	0	1	0	-
03.07.98	Ø. S.	Helikopter- direkte	1	3009	4	1	0	6	1	1
03.07.98	Ø. S.	Helikopter- hvile	1	3000	16	0	1	19	9	1
08.07.99	Ø. S.	Helikopter- hvile	1	3008	21	2	1	33	3	1
08.07.99	Ø. S.	Helikopter- direkte	1	3015	9	0	3	26	3	1
30.06.99	Bollo	Bil direkte	1	3008	14	2	0	38	2	5
01.07.99	Bollo	Bil direkte	2	3082	2	1	0	26	4	2
04.07.00	Bollo	Bil - direkte	2	2071	3	0	-	2	0	-
05.07.00	Bollo	Bil direkte	1	2742	1	0	-	1	0	-
06.07.00	Ø. S.	Helikopter direkte	1	2923	4	0	-	4	0	-
06.07.00	Ø. S.	Helikopter hvile	1	2872	7	1	-	5	1	-
03.07.01	Bollo	Helikopter direkte	2	2150	1	-	-	3	-	-
26.06.01	Sautso	Helikopter direkte	1	5803	0	-	-	6	-	-
26.06.01	Bollo	Helikopter hvile	1	2484	2	-	-	2	-	-
03.07.01	Bollo	Helikopter direkte	1	1571	0	-	-	2	-	-

Utsatt tidpunkt	Utsatt sted	Utsettingsmetode	Smolt alder	Antall smolt	Feil vandret N	Total gjenfangst	
						N	%
02.07.98	Bollo	Bil direkte	1	3008	1	8	0,27
03.07.98	Bollo	Bil direkte	1	3014	0	5	0,17
03.07.98	Ø. S.	Helikopter- direkte	1	3009	1	14	0,47
03.07.98	Ø. S.	Helikopter- hvile	1	3000	0	46	1,53
08.07.99	Ø. S.	Helikopter- hvile	1	3008	1	62	2,06
08.07.99	Ø. S.	Helikopter- direkte	1	3015	1	43	1,43
30.06.99	Bollo	Bil direkte	1	3008	8	69	2,29
01.07.99	Bollo	Bil direkte	2	3082	0	35	1,14
04.07.00	Bollo	Bil - direkte	2	2071	0	5	0,24
05.07.00	Bollo	Bil direkte	1	2742	0	2	0,07
06.07.00	Ø. S.	Helikopter direkte	1	2923	0	8	0,27
06.07.00	Ø. S.	Helikopter hvile	1	2872	3	17	0,59
03.07.01	Bollo	Helikopter direkte	2	2150	0	4	0,19
26.06.01	Sautso	Helikopter direkte	1	5803	0	6	0,10
26.06.01	Bollo	Helikopter hvile	1	2484	0	4	0,08
03.07.01	Bollo	Helikopter direkte	1	1571	0	2	0,13

4 Diskusjon

Smoltproduksjonsforsøkene i Talvik er inne i en ny prosjektperiode som går fra 2002 til og med 2006. I våre tidligere forsøk (1993 -2001) har vi konsentrert oss om å utvikle produksjons- og utsettingsmetoder, samt registrere vandringssatferd (vandringssmotivasjon- og evne) hos eksperimentgruppene. Forsøkene med å optimalisere produksjonsforholdene (lys og temperatur) har gitt gode resultater, og forsøkene med å gi smolten en hvileperiode etter transport har ført til redusert stressnivå og økt overlevelse. Det har imidlertid vært problemer med skader på smolten under produksjonen, slik at en stor andel av smolten ikke har vært av god nok kvalitet til å settes ut, og en høy andel av utsatt smolt har hatt skader på en eller flere finner. På produksjonssiden vil vi derfor forsøke å finne årsakene til skadene og minske skadeomfanget.

Ved første registrering av skader på yngelen i april 2001 hadde 75 % av yngelen enkel eller dobbeltsidig gjellelokkforkortelse. Ved senere registreringer lå andel av fisk med gjellelokkforkortelse på ca. 10 %. Andel fisk med skade på ryggfinner var høye fra sommeren 2001 og fram til utsetting i 2002 (70-100 %). Andel fisk med skade på brystfinner var lav fram til like før utsetting og økte ved utsettingstidspunktet til 40 %. Også andelen fisk med skade på spord var høy ved utsetting (70 %). Skadene på gjellelokk, spord og brystfinner var moderate, mens ryggfinner hadde 70 % tap av finneareal ved utsettingstidspunktet.

I forsøk på å avdekke årsak til skader og begrense skadene ble det gjennomført et fôringsopplegg på vekstavdelingen som skulle sikre fôring i overskudd, og tildelingsmåte ble også variert ved å bruke en eller to automater per kar. Mot slutten av vekstsesongen ble skadebildet vurdert som litt mindre omfattende på denne årgangen i forhold til forrige årgang, men utviklingsforløpet var ganske likt. Det var ingen påviselig forskjell i skadegrad på fisk i kar med henholdsvis en eller to fôringsautomater, og fiskens vekst fra til utsetting var lik tidligere år. Det var en tendens til at startfôringsveksten var noe bedre enn 2000-årgangen. Vi vil i fortsettelsen gjøre forsøk med å isolere enkeltfaktorer gjennom hele produksjonstiden for å finne årsaker til skadene på fisken.

Ved smoltutsettinger er det avgjørende at smolten er i stand til å overleve og vokse i sjøen (Bouef 1993), og smoltens evne til osmoregulering og overlevelse er vist å være størrelsesavhengig. Vi benyttet bare ettårig smolt i våre forsøk, men vi sorterte de i to ulike størrelsesgrupper for å teste sjøvannstoleranse i forhold til kroppsstørrelse. Fiskens kroppslengde var imidlertid ikke statistisk forskjellig, bortsett fra ved ett prøvetidspunkt, og vi fant ingen forskjeller i sjøvannstoleranse ved noen tidspunkter mellom gruppene. Vi fant imidlertid forskjeller i sjøvannstoleranse på individnivå, hvor stor smolt hadde lavere kloridnivå (osmoregulerte bedre) enn smolt med mindre kroppsstørrelse. Smolten utviklet sjøvannstoleransen jevnt utover våren hos begge gruppene, og hadde best toleranse i begynnelsen av juli, da smolten ble satt ut i Altaelva.

Laksesmolt har vist seg å bli stresset ved håndtering og transport før utsetting (Hansen & Jonsson 1988; Høgåsen 1998; Barton 2000). Dette kan måles ved hjelp av blodprøver som avdekker økt nivå av kortisol, klorid og glukose i blodet (Langhorne & Simpson 1981; Virtanen & Soivio 1985; Barton 2000). Kortisolnivået hos laksesmolt satt ut i 2002 økte i forbindelse med opplasting i anlegget og var på et høyt nivå også etter transport. Etter en uke i hvilemærd hadde nivået sunket til nivået før opplasting. Dette samsvarer med resultater fra undersøkelsen i Altaelva i 2001 (Strand & Finstad 2002). Smoltens kortisolnivå reagerer raskt på stress. I de fleste tilfeller øker kortisolnivået innen 15 min. etter påføring av stress og når max. nivå etter en time (Sumpter et al. 1986; Waring et al. 1992). Resultater fra blant andre Iversen et al. (1998) viser at det er håvingen som er mest utslagsgivende med hensyn til å påføre smolt stress i forbindelse med transport. Kortisolnivået hos anleggsprodusert laks er vanligvis lavere enn 50 nM (Sandodden et al. 2001; Finstad et al. 2003), mens nivået før opplasting i våre forsøk lå på gjennomsnittlig 70 nM. Dette kan ha sammenheng med at smoltifiseringsprosessen i seg selv påfører smolten økt kortisolnivå (Young 1986) og det er registrert store individuelle variasjoner i kortisolnivå både i våre undersøkelser og i andre forsøk (Nichols & Weisbart 1984; 1985; Pottinger et al. 1992).

Plasmakloridverdiene viste en stressreaksjon hos fisken etter transport med bil, noe vi også fant etter forsøk i Halselva i 1999, 2000 og 2001 (Strand & Finstad 2000; 2001; 2002), og er sannsynligvis en fysiologisk respons på stress (Høgåsen 1998). Glukosenivået lå noe over normalnivået for laksesmolt etter transport, og sank svakt etter hvile, noe som tyder på at fisken responderte på en stressituasjon ved å produsere mer energi (Høgåsen 1998).

Akklimatisering/hvile etter transport er funnet å ha positiv effekt både hos laks og ørret (Iversen et al. 1998; Jonsson et al. 1999; Finstad et al. 2003). Dette ble bekreftet av våre blodparametermålinger av fisken satt ut i Altaelva, men ikke gjennom transportforsøk gjennomført i Halselva hvor vi benyttet vandringssatferd som et mål på stress. Gruppene av smolt satt ut direkte etter transport hadde en tendens til lavere utvandringssandel, og det var ingen forskjell i hvor raskt etter utsetting de vandret ut av vassdraget.

Smolt satt ut for tidlig eller for sent i forhold til smoltifiserings-tidspunktet har stor betydning for marin overlevelse (Lundquist et al. 1986; Jonsson et al. 1998), og det er vist at laksesmolt satt ut ved optimalt tidspunkt (best sjøvannstoleranse), hadde bedre overlevelse enn smolt satt ut tidligere eller senere (Staurnes et al. 1993). I Halselva satte vi ut smolt i tre perioder med en ukes mellomrom, og brukte utvandringssatferd som mål på sjøvannstilpasning. Andel av utsatt smolt som vandret ut i uke 25 var ikke forskjellig fra andel fisk som vandret ut to uker senere (uke 27), mens smolten som ble satt ut mellom disse tidspunktene, i uke 26, hadde lavere utvandringssandel enn både gruppene satt ut i uke 25 og i uke 27. Smolten som ble satt ut i begynnelsen av juli (uke 27) vandret imidlertid raskere ut av vassdraget enn gruppene satt ut henholdsvis en

og to uker tidligere. Smolten i Altaelva ble satt ut i uke 27, da smolten hadde best sjøvannstoleranse.

Forsøkene i 2002 viste at vi må sette mer ressurser inn på å finne årsaker til skadegraden på fisken og redusere skadeomfanget under produksjonen. Sjøvannstestene viste at temperatur- og lysregimet i anlegget fungerer godt, og at smolten ble satt ut til riktig tid i forhold til smoltifiseringsgrad.

5 Litteratur

- Barton, B.A. 2000. Salmonid fishes differ in their cortisol and glucose responses to handling and transport stress. – North Am. J. Aquacult. 62: 12-18.
- Boeuf, G. 1993. Salmonid smolting: a pre-adaptation to the oceanic environment, - s. 105-135 i Rankin, J.C & Jensen, F.B., red. Fish Ecophysiology. Chapman & Hall, London.
- Finstad, B. 1995. Smoltproduksjonsforsøk med laks. - NINA Oppdragsmelding 386: 1-15.
- Finstad, B. & Nilsen, S.T. 1997. Smoltproduksjonsforsøk med laks. - NINA Oppdragsmelding 486: 1-21.
- Finstad, B. & Nilsen, S.T. 1998. Smoltproduksjonsforsøk med laks - 1997. - NINA Oppdragsmelding 558: 1-24.
- Finstad, B., Nilsen, S.T. & Strand, R. 1999. Smoltproduksjonsforsøk med laks - 1998. – NINA Oppdragsmelding 628: 1-18.
- Finstad, B., Iversen, M. & Sandodden, R. 2003. Stress-reducing methods for releases of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in Norway. – Aquaculture.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1988. Salmon ranching experiments in the River Imsa: effect of dip-netting, transport and chlorobutanol anesthesia on survival. – Aquaculture 74: 301-305.
- Høgåsen, H.R. 1998. Physiological changes associated with the diadromous migration in salmonids. – Can. Spec. Publ. Fish Aquat. Sci. 127. 128 p.
- Iversen, M., Finstad, B. & Nilssen, K.J. 1998. Recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. – Aquaculture 168: 387-394.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen, L.P. 1998. 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.
- Jonsson, S., Brennäs, E. & Lundquist, H. 1999. Stocking of brown trout, *Salmo trutta* L.: effects of acclimatization. – Fisheries Management and Ecology 6 (6): 459-473.
- Langhorne, P. & Simpson, T.H. 1981. Natural changes in serum cortisol in Atlantic salmon (*Salmo Salar* L.) during parr-smolt transformation. - pp 349-350 in Pickering, A.D., ed. Stress and Fish. Academic Press, Inc., London..
- Lundquist, H. 1983. Precocious sexual maturation and smolting in Baltic salmon (*Salmo salar* L.): Photoperiodic synchronization and adaptive significance of annual biological cycles. – Ph.D. Thesis, University of Umeå, Umeå, Sweden.
- Lundquist, H., Clarke, W.C., Eriksson, L.-O., Funegård, P. & Engstrøm, B. 1986. Seawater adaptability in three different stocks of Baltic salmon (*Salmo salar*) during smolting. – Aquaculture 52: 219-229.
- Parker, N.C. 1984. Chronobiologic approach to aquaculture. – Trans. Am. Fish. Soc. 115: 545-552.
- Poston, H.A. 1978. Neuroendocrine mediation of photoperiod and other environmental influences on physiological responses in salmonids: A review. – Tech. Pap. U.S. Fish. Wild. Serv. 96: 1-14.

- Sandodden, R., Finstad, B. & Iversen, M. 2001. Transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): anaesthesia and recovery. – Aquacult. Res. 32: 87-90.
- Staurnes, M., Lysfjord, G., Hansen, L.P. & Heggberget, T.G. 1993. Recapture rates of hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) related smolt development and time of release. – Aquaculture 118: 327-337.
- Strand, R. & Finstad, B. 1995. Smoltproduksjonsforsøk med laks. - NINA Oppdragsmelding 330: 1-16.
- Strand, R. & Finstad, B. 2000. Smoltproduksjonsforsøk og utsettinger av laks i Halselva og Altaelva – 1999. – NINA Oppdragsmelding 631: 1-23.
- Strand, R. & Finstad, B. 2001. Smoltproduksjonsforsøk og utsettinger av laks i Halselva og Altaelva – 2000. – NINA Oppdragsmelding 687: 1-21.
- Strand, R. & Finstad, B. 2002. Smoltproduksjonsforsøk og utsettinger av laks i Halselva og Altaelva – 2001. – NINA Oppdragsmelding 751: 1-19.
- Sumpter, J.P., Dye, H.M. & Benfey, T.J. 1986. The effects of stress on plasma ACTH, α -MSH, and cortisol levels on salmonid fishes. – Gen. Comp. Endocrinol. 62: 377-385.
- Virtanen, E. & Soivio, A. 1985. The patterns of T3, T4, cortisol and NaK-ATPase during smoltification of hatchery-reared *Salmo salar* and comparison with wild smolts. – Aquaculture 45: 97-109.
- Young, G. 1986. Cortisol secretion in vitro by the interregal of Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) during smoltification: relationship with plasma thyroxine and plasma cortisol. Gen. Comp. Endocrinol. 63: 191-200.
- Waring, C.P., Stagg, R.M. & Poxon, M.G. 1992. The effects on handling on flounder (*Platichthys flesus* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). – J. Fish. Biol. 41: 131-144.
- Wedemeyer, G.A., Saunders, R.L. & Clarke, W.C. 1980. Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids. - Mar. Fish. Rev. 42: 1-14.