

486

# OPPDRA GSMELDING

## Smoltproduksjonsforsøk med laks

Bengt Finstad  
Svein Tore Nilsen

NINA Oppdragsmelding  
ex 2 mag



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

# Smoltproduksjonsforsøk med laks

Bengt Finstad  
Svein Tore Nilsen

DIREKTORATET FOR NATURFORVALTNING  
Biblioteket

## NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

### NINA Fagrapport

### NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs 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

### NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU 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, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

### NINA•NIKU Project Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttene 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 "almenheten" 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 NINA og NIKUs 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 og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Finstad, B. & Nilsen, S.T 1997. Smoltproduksjonsforsøk med laks. -NINA Oppdragsmelding 486: 1-21.

Trondheim, august 1997

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-0822-9

Forvaltningsområde:

Bærekraftig høsting, fisk

Sustainable harvesting, fish

Rettighetshaver ©:

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Tor G. Heggberget

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout:

Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:

NINA

Tungasletta 2

7005 Trondheim

Tel: 73 58 05 00

Fax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13306 Smoltproduksjonsforsøk

Ansvarlig signatur:

*Tor G. Heggberget*

Oppdragsgiver:

Statkraft

## Referat

Finstad, B. & Nilsen, S.T 1997. Smoltproduksjonsforsøk med laks. -NINA Oppdragsmelding 486: 1-21.

Det har vist seg at forholdene i Nord-Norge, spesielt på grunn av den lange og mørke vinteren, gjør at produksjonsteknologi utviklet lengre syd ikke lar seg overføre uten spesielle tilpasninger. Fisken i nord må gå lenger på kunstig temperatur og lys for å oppnå utsetningsstørrelse. En stor utfordring har derfor ligget i en regional tilpasning av produksjon av laks, sjørørret og sjørøye til kultiveringsformål og kompensasjonsutsetninger i forbindelse med vassdragsreguleringer.

Målet for smoltproduksjonsforsøkene ved settefiskanlegget i Talvik har vært å produsere en laksesmolt som har bedre overlevelse og gjenfangst enn det som tidligere er oppnådd ved anlegget i Talvik samt å utvikle utsetningsmetoder/merkemethoder for å øke overlevelse og gjenfangst hos utsatt laksesmolt i Altaelva i forbindelse med en fremtidig kompensasjonsutsetting. Prosjektet ble igangsatt i 1993 og er presentert i årsrapport for 1993 og NINA Oppdragsmelding 330 og 386.

Det ble produsert ett- og toårig laksesmolt som ble gitt ulike lys- og temperaturregimer og som ble testet mhp. standardiserte sjøvannstester fra tidlig vår, sommer og på høsten for å få med et helt års smoltfiseringsyklus. Grupper av fisk fra de ulike produksjonsgruppene ble carlinmerket og satt ut ovenfor NINA's fiskefelle i Talvik (testing av vandringslyst/smoltfysiologi/transportstress). I Bollo ble det satt ut 3 000 carlinmerket- og 7 000 fettfinneklippet smolt, samt at 2 000 carlinmerket smolt ble satt ut i en utsetningsdam i kraftverket i Sautso før den ble sluppet ut i Altaelva 1 uke senere. Registreringer av den fysiologiske responsen av transport på utsettingene i Bollo og Sautso ble foretatt.

Emneord: Smoltproduksjonsforsøk - laks - sjøvannstoleransetester - overlevelse - vandring - transportstress.

Bengt Finstad, Norsk Institutt for Naturforskning, Tungaletta 2, N-7005 Trondheim.

Svein Tore Nilsen, Finnmark Energiverk, Halsen, 9540 Talvik.

## Abstract

Finstad, B. & Nilsen, S.T. 1997. Experimental smolt production with Atlantic salmon. -NINA Oppdragsmelding 486: 1-21.

It is shown that the conditions in northern-Norway, especially because of the long and dark winter makes it difficult to transfer production strategies for fish developed in the southern part of Norway without regional adaptations. Fish in the northern part of Norway must be reared for a longer time on artificially light and temperature in order to achieve a satisfactorily releasing size. A great challenge for releasing fish in addition to regulated rivers has therefore been to produce Atlantic salmon, sea trout and Arctic charr with regional adaptations.

The aim for the experimental smolt production at the hatchery in Talvik has been to produce Atlantic salmon smolts having a higher survival than earlier and to develop good releasing and transport methods. This in connection to a possible compensatory releasing of fish in the River Alta in the future. The project was started in 1993 and is presented in an annual report for 1993 and in NINA Oppdragsmelding 330 and 386.

One- and two-year old salmon smolts exposed to different light- and temperature regimes were produced and were tested by standardized seawater-challenge tests from early spring, through summer end in autumn in order to examine the whole smoltification cycle. All fish from the different groups were tagged by external Carlin tags and released above a fish trap in the River Halselva (testing of migratory behaviour/smolt physiology/transport stress). Standardized seawater-challenge tests and the migratory pattern was analysed. In Bollo, 3 000 carlintagged and 7 000 adipose marked smolts were released. In addition, 2 000 carlintagged smolts were released into a tank in the hydropower station in Sautso before they were released in the River Alta one week later. Measurements of the effect of transport stress (physiological analyses) on the groups in Bollo and Sautso were also performed.

Keywords: Smoltproduction - Atlantic salmon - seawater tolerance tests - survival - migration - transport stress.

Bengt Finstad, Norsk Institutt for Naturforskning, Tungaletta 2, N-7005 Trondheim.

Svein Tore Nilsen, Finnmark Energiverk, Halsen, N-9540 Talvik.

## Forord

I samband med Altautbyggingen ble spørsmålet om bygging av et settefiskanlegg tatt opp av Alta Laksefiskeriers Intressentskap, Alta kommune og Finnmark fylkeskommune. Direktoratet for Naturforvaltning (DN) anmodet Statkraft å bygge et forsøksanlegg i tilknytning til de undersøkelser som pågikk i Altaelva, og i 1985 inngikk Statkraft en avtale med DN om drift av Talvikanlegget for perioden 1985-89. Statkraft, DN, NINA og Alta kommune ble enige om at det skulle bygges ei kontrollfelle i Halsvassdraget i samband med prosjektet "kulturbetinget fiske" (senere havbeiteprosjektet). Talvikanlegget var ferdig bygd ved slutten av 1985, med en kapasitet på 50 000 laksesmolt, og fisk produsert i anlegget ble første gang satt ut i 1986.

Målet for smoltproduksjonsforsøket ved settefiskanlegget i Talvik har vært å produsere en regionalt tilpasset laksesmolt som har bedre overlevelse og gjenfangst enn det som tidligere er oppnådd ved anlegget i Talvik samt å utvikle utsettingsmetoder/merkemetoder for å øke overlevelse og gjenfangst hos utsatt laksesmolt i Altaelva i forbindelse med en fremtidig kompensasjonsutsetting. Prosjektet ble igangsatt i 1993 (se årsrapport for 1993 og NINA Oppdragsmelding 330 og 386).

De ansatte ved Statkrafts settefiskanlegg og ved NINA's fiskefelle i Talvik takkes for et godt samarbeid. Prosjektet er finansiert av Statkraft, samt at resultater fra andre relevante prosjekt har vært benyttet for å utfylle dette prosjektet.

Trondheim, mai 1997

Bengt Finstad  
prosjektleder

## Innhold

Referat.....	3
Abstract .....	3
Forord.....	4
1 Innledning .....	5
2 Metode og materiale .....	6
3 Resultater.....	8
3.1 roduksjonsforhold/sjøvannstoleranse.....	8
3.2 Vandringslyst.....	11
4 Diskusjon .....	18
5 Litteratur.....	19

# 1 Innledning

Smoltifisering hos laksefisk er en komplisert prosess og omfatter store endringer i atferd, morfologi og fysiologi (Wedemeyer et al. 1980; Langdon 1985; Hoar 1988; Boeuf 1993, Høgåsen 1996)). Forberedelsen til et marint liv består av flere mer eller mindre uavhengige prosesser som styres av indre biologiske rytmer som synkroniseres av ytre miljøforhold slik at utvandringen kan skje på et optimalt tidspunkt. Hos ville bestander skjer dette i løpet av noen uker om våren, og varierer både innen samme elv fra år til år, mellom elver og med breddegrad (Metcalf et al. 1988).

Hos laksefisk er generelt årssyklusen i daglengde (fotoperiode) den viktigste faktor som kontrollerer tidspunkt for smoltifisering (Poston 1978; Wedemeyer et al. 1980; Lundquist 1983; Parker 1984). Ved manipulering med fotoperioden kan tidspunktet for de smoltifiserings-relaterte endringene forskyves (Saunders & Henderson 1970; Wagner 1974; Clarke et al. 1978; Clarke 1989). Vanntemperaturen er først og fremst en hastighetskontrollerende faktor i smoltifiseringen, og samvirker med fotoperiode (Wedemeyer et al. 1980; Hoar 1988; Boeuf 1993). En økning i temperatur aksellerer smoltifiseringen, men fører også til en raskere desmoltifisering, slik at perioden hvor fisken er smolt kortes kraftig ned ved høye temperaturer (Clarke et al. 1978, 1981; Soivio et al. 1988, 1989).

Utsetting av kunstig produsert smolt har foregått i norske vassdrag siden 1950-tallet. Resultatene av utsettingene har gitt svært varierende gjenfangster, og det er vist at gjennomsnittlig overlevelse av anleggsprodusert smolt bare er halvparten av vill smolt (Jonsson et al. 1991). Ulike temperatur- og lysregimer i anlegg er forsøkt for å bedre smoltifiseringen hos laksefisk i anlegg. I tillegg har saltføring (Wedemeyer 1972; Wedemeyer & Wood 1974) og saltvannsakklimering (5-15 ‰, Long et al. 1977) vist seg å være gunstig for å produsere en optimal smolt ved utsettinger i sjø.

De siste 10 årene har det vært økende interesse for effekten av stress på fisk innenfor akvakultur. Det er nå generelt akseptert at det er en tydelig sammenheng mellom store forandringer i omgivelsene til fisken og forstyrrelser i fiskens fysiologi inkludert osmoregulering, metabolisme, respirasjon og sykdomsmotstand (Barton & Iwama 1991). Skadelige forandringer i omgivelsene (stressorer) inkluderer dårlig vannkvalitet, raske temperaturforandringer, forstyrrelser som fysisk håndtering, transport og sammenhengning av fisk.

Når en fisk utsettes for en stressor vil fisken gjennomgå endel ikke spesifikke endringer for å takle den nye situasjonen. Disse endringene kan deles inn i tre ulike faser:

- 1) Primærfase. En alarmreaksjon, der katekolaminer og kortikosteroider («stress hormoner») frigjøres.
- 2) Sekundærfase: En motstands tilstand som medfører tilpasning til stressoren.

- 3) Tertiærfase: En utmattelse/død hvis tilpasningen uteblir fordi stressoren er for voldsom eller langvarig.

En organismes stressrespons er en integrert respons som omfatter alle nivåer (Pickering 1981). Mange primære og sekundære responser til stress er adaptive fysiologiske responser som opprettholder den indre fysiologiske/bio-kjemiske likevekten og som øker individets overlevelsessevne. For en frittlevende fisk er det mulig å svømme bort fra en eventuell stressor, mens i intensivt oppdrett må fisken leve under konstant kronisk stress. Langvarig kronisk stress kan være maladaptivt og redusere fiskens evne til vekst, reproduksjon og overlevelse (Barton & Iwama 1991).

Det har vist seg at forholdene i Nord-Norge, spesielt på grunn av den lange og mørke vinteren, gjør at produksjonsteknologi utviklet lengre syd ikke lar seg overføre uten spesielle tilpasninger. Fisken i nord må gå lenger på kunstig temperatur og lys for å oppnå utsettingsstørrelse. En stor utfordring har derfor ligget i en regional tilpasning av produksjon av laks, sjørøtt og sjørøye til kultiveringsformål/ kompensasjonsutsettinger i forbindelse med vassdragsreguleringer.

Målet for smoltproduksjonsforsøket ved settefiskanlegget i Talvik har vært å produsere en laksesmolt og å utvikle utsettingsmetoder/merkemetoder for å øke overlevelse og gjenfangst hos utsatt laksesmolt i Altaelva i forbindelse med en fremtidig kompensasjonsutsetting. Prosjektet ble igangsatt i 1993 (se årsrapport for 1993) og NINA Oppdragsmelding 330 og 386.

## 2 Metode og materiale

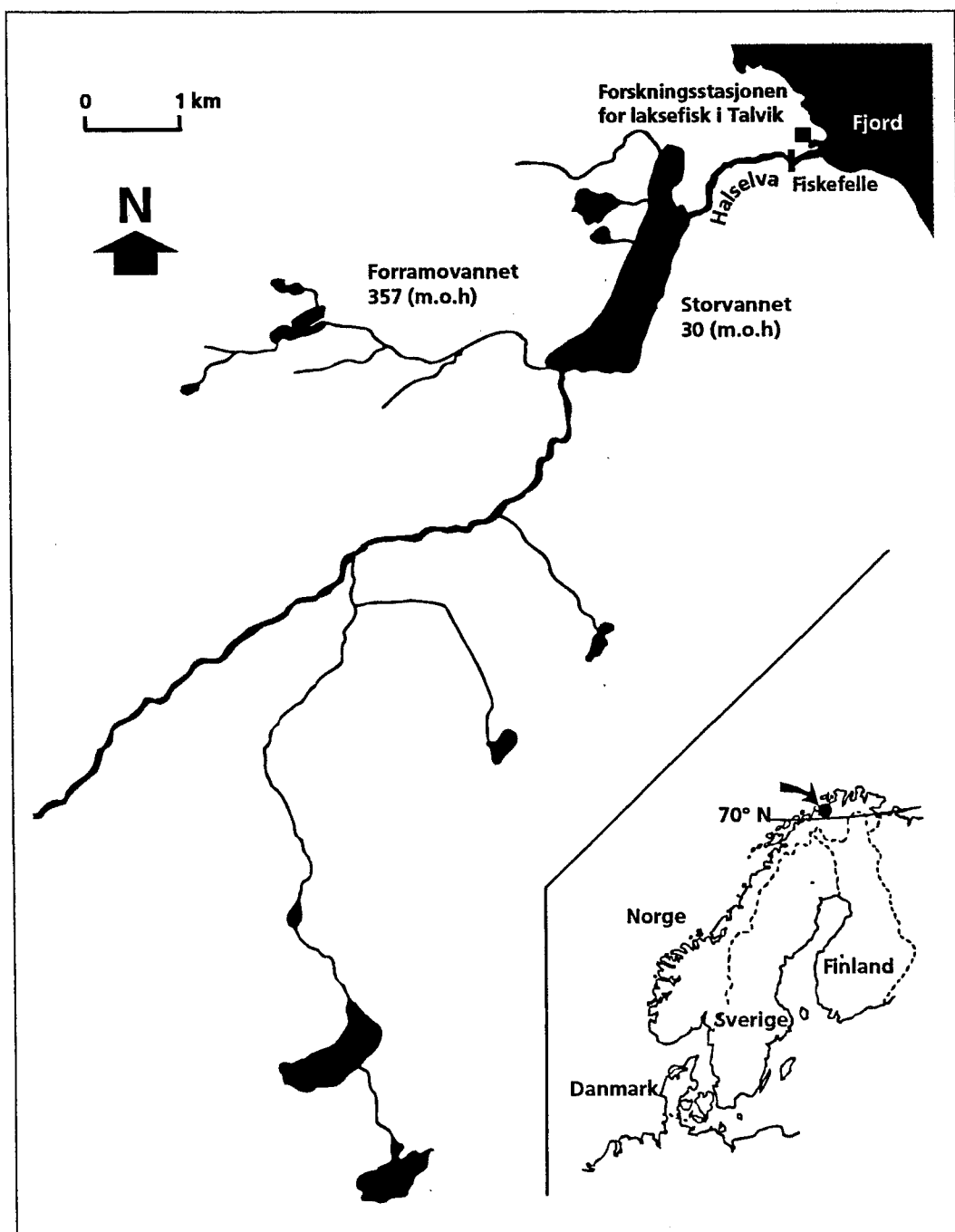
Forsøkene ble utført ved settefiskanlegget i Talvik, som ligger ved Halselva i Finnmark (figur 1). Produksjon av settefisk til utsettingene i Altaelva har foregått ved dette anlegget siden 1986. I tilknytning til anlegget er det bygd en fiskefelle i Halselva hvor all opp- og nedvandrende fisk i vassdraget merkes og registreres med lengde og vekt samt annen totalstatus. Det er naturlige bestander av laks, ørret og røye i vassdraget.

I 1993 ble prosjektet igangsatt med at 8 grupper à 600 Carlinmerket ettårig smolt ble gitt ulike produksjonsbetingelser (lys/temperatur), testet ved hjelp av standardiserte

sjøvannstester og satt ut ovenfor fiskefella den 21.06.93 (se årsrapport for 1993). Disse eksperimentene ble utvidet i 1994 (Strand & Finstad 1995) og 1995 (Finstad 1996).

### Produksjonsbetingelser og bakgrunn:

Ettårssmolt: Stamfisken ble fanget i midtsonen av Altaelva i uke 36 og oppbevart i villfiskavdelingen på anlegget fram til stryking i oktober/november. Kjellprøver ble tatt av foreldrene og sendt til NINA. Fisken ble undersøkt av lokal tilsynsveterinær etter stryking og de uttatte prøvene ble sendt til Veterinærinstituttet for analyser. Rogn og melke fra hvert foreldrepar ble desinfisert og innlagt i egen sylinder i klekkeriet. Den befruktete rogn ble holdt ved naturlig



Figur 1. Kart over Halselva-vassdraget med settefiskanlegget og fiskefella.

vanntemperatur en periode og deretter gitt oppvarmet vann etter at svaret fra Veterinærinstituttet mhp. eventuelle sykdommer forelå. Fisken ble gitt oppvarmet vann fram til den **19.07.95**, og videre på naturlig vanntemperatur fram til utsetting. Etter innlegging av rogn til utpå våren var det 24 timers mørke. Den **17.03.95** fikk fisken en gradvis økning i lysmengde i løpet av to dager. Fisken ble holdt på full belysning hele sommeren døgnet rundt fram til den **25.08.95** og redusert til 10 timers lys pr dag fram til den **24.04.96** da lyset ble tatt opp til 24 timers lys.

**Toårssmolt:** De samme prosedyrer som for ettårssmolten ble fulgt. Fisken ble satt over på svakt oppvarmet vann ( $\approx 7^{\circ}\text{C}$ ) fram til den **02.03.94** og holdt på oppvarmet vann over sommeren fram til den **04.09.94**, og deretter på naturlig vanntemperatur fram til utsetting. Etter innlegging og fram til **februar 1994** var det 24 timers mørke, deretter en gradvis økning til 24 timer i døgnet under startfóringen og over sommeren. Fisken ble deretter satt på simulert naturlig belysning med innlagt natt fram til den **27.04.95**, da fisken fikk lys hele døgnet over sommeren. Den **25.08.95** fikk fisken igjen simulert natt (10 timer i døgnet), som ble holdt fram til den **24.04.96** da lyset ble tatt opp til 24 timers lys.

Det ble foretatt sjøvannstester av de ulike produksjonsgruppene (ett- og toårssmolt) utover våren, samt før og etter utsetting. En parallell oppfølging av fisk i anlegg og felle ble foretatt under smoltutvandringen. Det ble tatt blodprøver av 6 fisk fra hver gruppe i ferskvann (kontrollgruppe) og 10 fisk fra hver gruppe ble så overført til sjøvann (34 ‰) ved  $8^{\circ}\text{C}$ . Etter 24 timer ble det tatt blodprøver. Analyser av klorid i blodplasmaet viste om fisken var en fullverdig smolt (dvs. verdier under 160 mM). Ved utsettingene i Bollo og Sautso ble det tatt regelmessige prøver i ferskvann for å registrere transportstress (plasmakortisol), samt sjøvannstester en uke etter transport.

Fisken ble fóret med SK start og FK smolt (Felleskjøpet).

#### **Effekten av temperatur/lys - utsettinger ovenfor fiskefella:**

Det ble utført et forsøk for å teste effekten av temperatur og lys hos ettårssmolt. Grupper av fisk (470 pr. gruppe) ble holdt på naturlig vanntemperatur, naturlig vanntemperatur +  $1,5^{\circ}\text{C}$  og naturlig vanntemperatur +  $3,0^{\circ}\text{C}$  (tabell 1, figur 2) fram mot utsettingsperioden for å teste smoltifiseringsutviklingen som funksjon av lys og temperatur.

Det ble utført forsøk for å teste betydningen av smoltstatus og utsettingstidspunkt på fiskens vandringsvillighet og forsøk for å teste om smoltutviklingen ble påvirket ved utsettinger til ulike tidspunkt. Fisken benyttet i utvandringsforsøkene var alle carlinmerket. Noe fisk ble brukt til eksperimenter i anlegget, noe ble satt ut ovenfor fella for registrering av vandringslyst ved tidspunktene 12.06, 26.06 og 03.07 (ettårssmolt). I tillegg ble grupper av toårssmolt produsert på naturlig vanntemperatur (som fisk i forsøk 2, 3 og 4) satt ut ovenfor fella ved de samme tidspunktene.

Forløpet av vandrende fisk ble registrert i fella og fisken skulle fortløpende testes mhp. osmoreguleringsevne. Ved å repetere opplegget tre ganger (OF-grupper) over det mest aktuelle tidspunktet for smoltutvandring/smoltifisering prøvde vi å finne det mest optimale utsettingstidspunktet for vandringsvillighet både relatert til smoltstatus, størrelse og tid. For å finne ut om smoltifiseringsutviklingen ble påvirket ved å sette ut fisken ble parallelle grupper til utsettingsgruppene holdt igjen på anlegget og testet mhp. osmoreguleringsevne på de samme tidspunkter som utvandrende fisk ble testet.

All vill laksesmolt på vei ut ble registrert i fella med lengde, vekt og utvandringstidspunkt. Totalt 558 villsmolt (snittlengde  $138,23 \pm 14,12$  mm, snittvekt  $20,77 \pm 6,51$  gram) vandret ut fra Halselva i 1996. Vandringslysten til fisk i de ulike gruppene ble registrert ettersom de passerte fella på nedvandring.

#### **Transportstressforsøk - Utsettinger i Halselva/Altaelva:**

Den **10.06.96** ble 200 ettårssmolt og 200 toårssmolt transportert opp til innløpet av Halselva og satt i bur ved denne lokaliteten (hvile). Den **17.06.96** ble samme antall av ett- og toårssmolt transportert opp til samme lokalitet og satt direkte ut i elva (stress). Samtidig ble de to gruppene som hadde stått i bur satt ut. Andelen av utvandrende fisk av disse to behandlingskategoriene ble registrert på utvandring i fiskefella.

Den 27.06.96 ble 2 000 carlinmerket smolt transportert fra settefiskanlegget i Talvik til en utsettingsdam i kraftverket (Sautso). Det ble tatt blodprøver av denne fisken før opplasting (kontroll) etter opplasting (15 min) og ved ankomst til kraftverket (2 timer). Blodprøvetagning ble gjentatt etter en ukes hvile av fisk i utsettingsdam (i kraftverket) og ved fangst av fisk etter utsetting (ved fiskesperre).

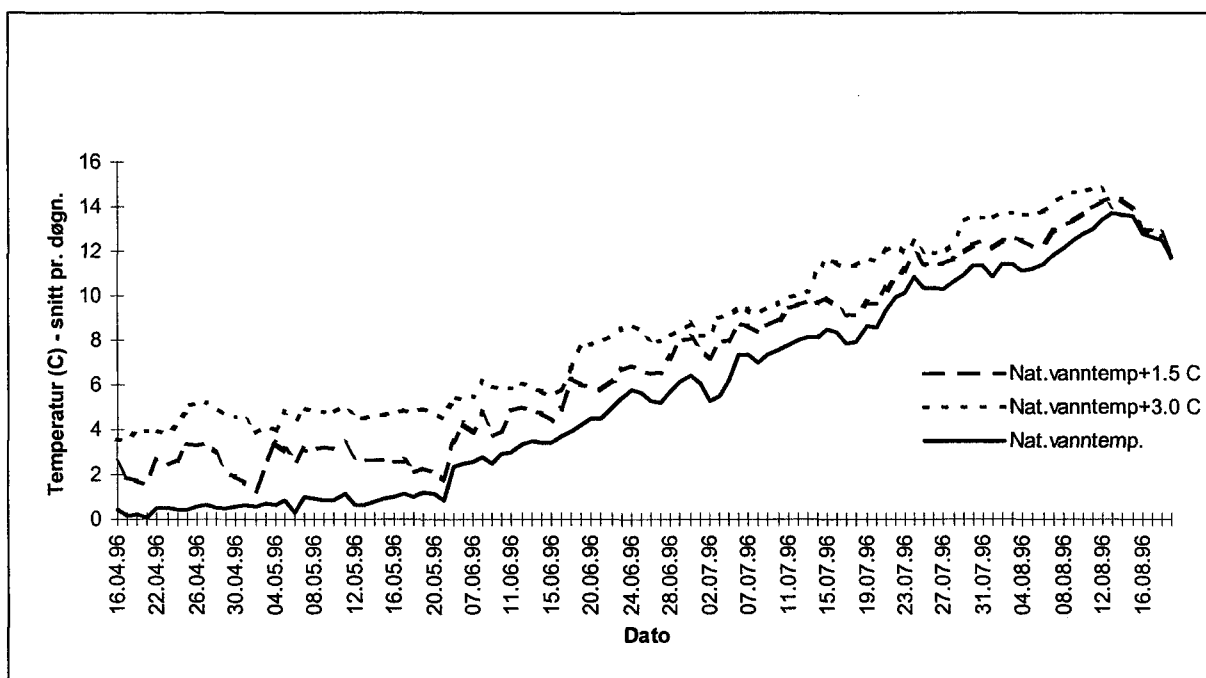
Vannhastigheten i kraftverkstunellen var  $1\text{ ms}^{-1}$  og lengden fra utsettingsdammen til fiskesperre var omlag 80 m. Første fisk ble registrert ved fiskesperre 8 minutter etter utsetting.

En lignende transport av fisk ble fulgt ved utsetting av fettfinneklippet (7 000 stk)- og carlinmerket (3 000 stk) fisk i Bollo den 27.06.96. Prøver ble tatt før opplasting (kontroll), etter opplasting (15 min) og ved utsetting (1 time).



**Tabell 1.** Oversikt over produksjonsforhold (temperatur) og utsettingsparametre for de ulike grupper laks (ettårssmolt) benyttet i utvandringsforsøkene hvor fisken ble satt ut ovenfor fella (O.F) ved de aktuelle tidspunktene forsøkene i 1996. SV-tester og SV-tester felle indikerer at det ble tatt standardiserte sjøvannstoleransetester i henholdsvis anlegg og felle.

Forsøk	Produksjon	SV-test	SV-test, felle	Antall merket	Antall ut	Uts.dato	Uts.sted
2	Nat.vanntemp	x	x	470	99	12.jun	O.F.
3			x		101	26.jun	O.F.
4			x		101	03.jul	O.F.
5	Nat.vanntemp + 1.5 °C	x	x	470	100	12.jun	O.F.
6			x		101	26.jun	O.F.
7			x		98	03.jul	O.F.
8	Nat.vanntemp + 3.0 °C	x	x	470	100	12.jun	O.F.
9			x		100	26.jun	O.F.
10			x		99	03.jul	O.F.



**Figur 2.** Grupper av fisk (ettårssmolt) holdt på naturlig vanntemperatur, naturlig vanntemperatur + 1,5 °C og naturlig vanntemperatur + 3,0 °C fram mot utsettingsperioden for å teste smoltifiseringsutviklingen som funksjon av lys og temperatur.

## 3 Resultater

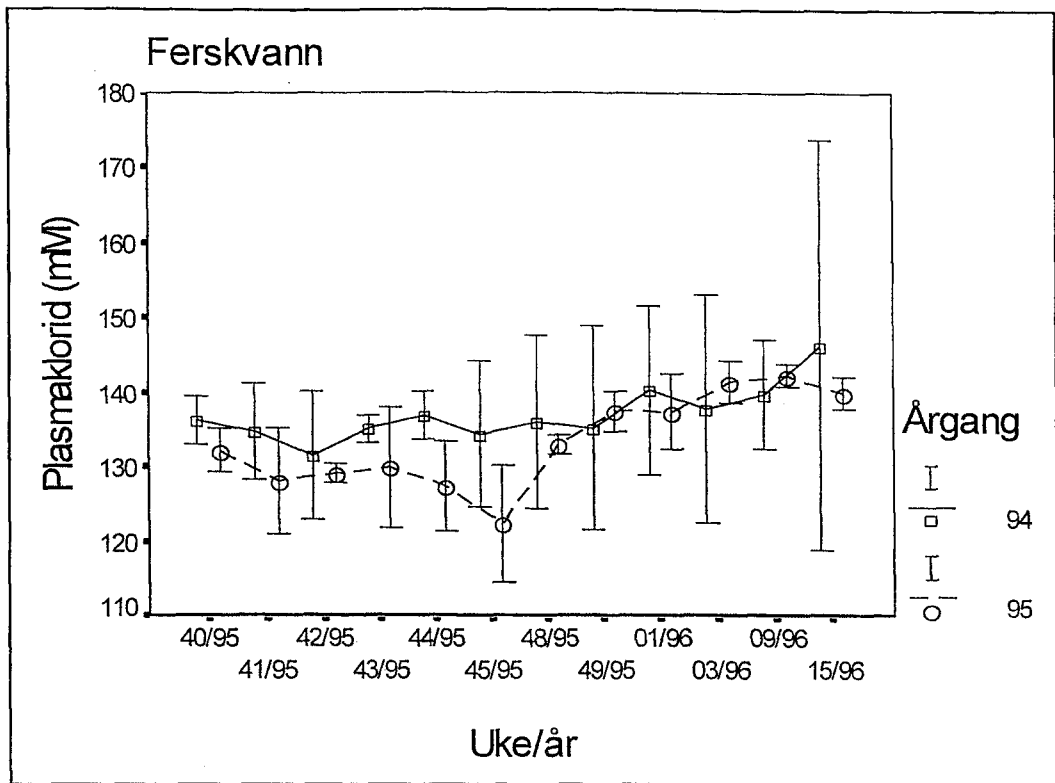
### 3.1 Produksjonsforhold/sjøvannstoleranse.

Ved å utføre en standardisert 24-timers sjøvannstest får man et bilde på hvor godt fisken er i stand til å regulere kroppsvæsken slik at den fysiologisk klarer å tilpasse seg sjøvann. Det ble tatt sjøvannstester av de ulike gruppene i forsøket utover våren. Resultatene er angitt som gjennomsnittlige verdier for hver gruppe.

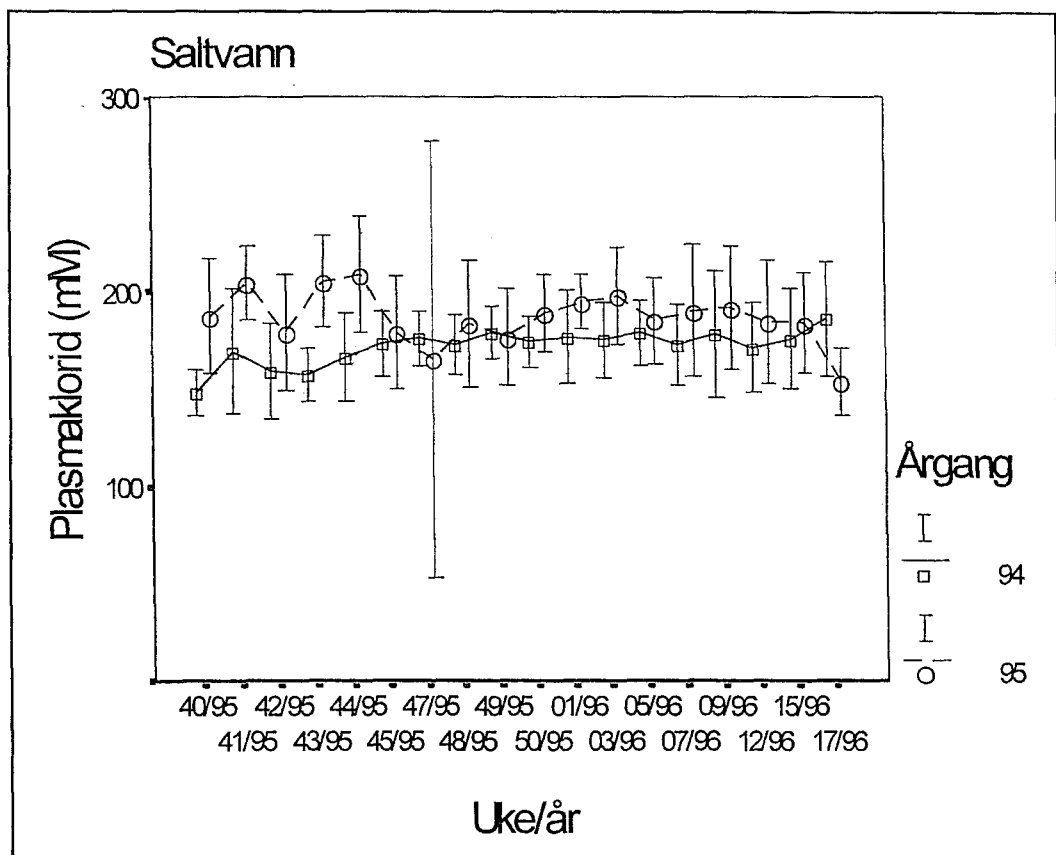
Som **figur 3** viser lå ferskvannsverdiene fra uke 40/95 til uke 15/96 rundt 130 til 140 mM for 94 (toårssmolt i 1996) og 95-årgangen (ettårssmolt i 1996). Det var signifikante forskjeller ( $P > 0,05$ , Mann-Whitney U-test) mellom disse to årgangene ved uke 40, 41, 43, 44 og 45.

**Figur 4** viser saltvannsverdier av plasmaklorid hos ett- og toårig laks fra uke 40/95 til uke 15/96. Fisk av 94-årgang (toårssmolt i 1996) hadde en gjennomgående lavere plasmakloridkonsentrasjon gjennom denne perioden. Laks av 94-årgang opprettholdt sin sjøvannstoleranse i uke 40

**Figur 3.** Ferskvannsverdier av plasmaklorid hos ett- og toårig laks fra uke 40/95 til uke 15/96 ved settefiskanlegget i Talvik. Verdiene er gitt som gjennomsnitt±standardavvik (SD).



**Figur 4.** Saltvannsverdier av plasmaklorid hos ett- og toårig laks fra uke 40/95 til uke 15/96 ved settefiskanlegget i Talvik. Verdiene er gitt som gjennomsnitt±standardavvik (SD).



for deretter å desmoltifisere og gå tilbake til ferskvannsstadiet. Verdiene her var signifikant lavere ( $P < 0,05$ , Mann-Whitney U-test) enn for laks av 95-årgang. For laks av 95-årgang (ettårssmolt i 1996) begynte fisken å etablere

en sjøvannstoleranse i uke 17/96 og denne produksjonen hadde signifikant lavere plasmakloridverdier enn laks av 94-årgang ved samme tidspunkt ( $P < 0,05$ , Mann-Whitney U-test).

### Effekten av temperatur/lys- utsettinger ovenfor fiskefella

Det ble utført et forsøk for å teste grenseverdier for temperatur og lys hos presmolt (ettårig) før utsetting. Grupper av fisk (200 pr. gruppe) av samme produksjon ble holdt på naturlig vanntemperatur, naturlig vanntemperatur +1,5 °C og naturlig vanntemperatur +3,0 °C fram mot utsettingsperioden for å teste smoltifiseringsutviklingen som funksjon av lys og temperatur. Ettårig fisk ble benyttet i dette forsøket. **Tabell 2** viser vekst hos fisk fra dette forsøket.

Vekst hos fisk holdt på naturlig vanntemperatur + 3,0 °C (forsøk 8) var signifikant bedre ( $P < 0,05$ , Students T-test) enn gruppene holdt på naturlig vanntemperatur (forsøk 2) og naturlig vanntemperatur +1,5 °C (forsøk 5).

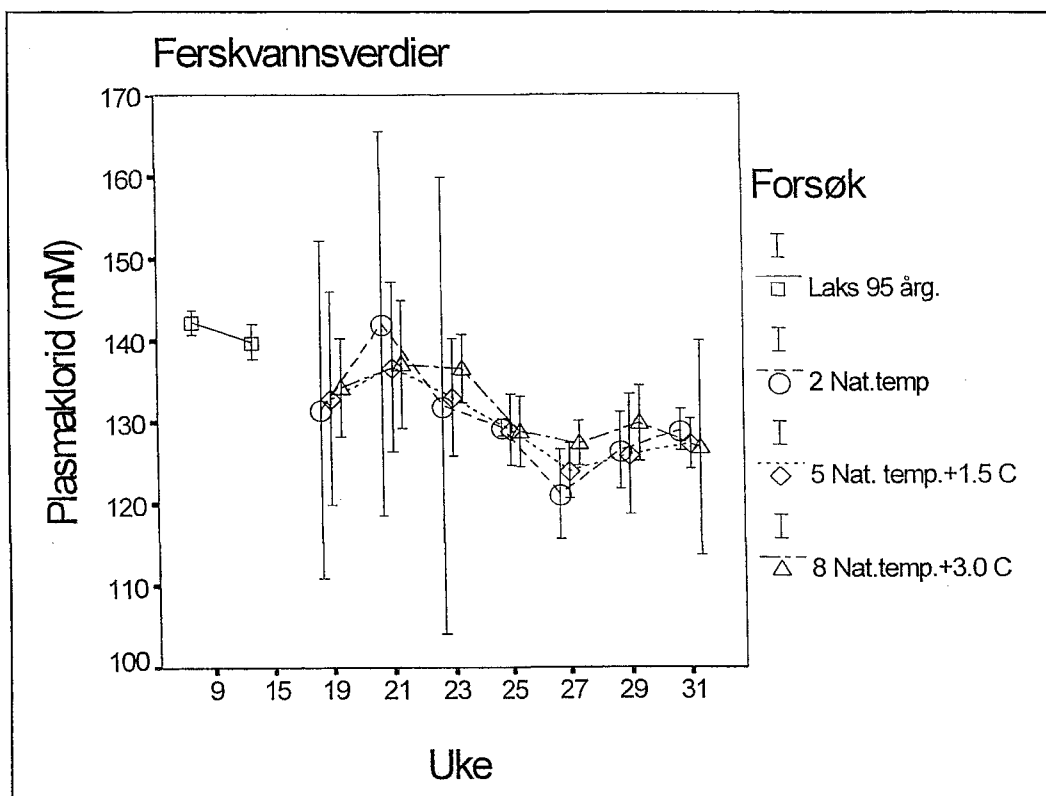
**Tabell 2.** Vekst hos fisk fra **tabell 1** fra merking den 15.-17.04.96 til avslutning av forsøket den 19.08.96 (126 dager).

Forsøk	Lengde (mm)	Vekt (gram)	Lengde (mm)	Vekt (gram)	Kond.fakt.	Vekstrate	Vektøkning
2	184,70	63,87	257,60	192,66	1,13	0,87 %	202 %
5	184,91	63,81	257,89	200,98	1,17	0,91 %	215 %
8	189,49	68,92	277,46	241,46	1,13	1,01 %	250 %

**Figur 5** viser ferskvannsverdier av plasmaklorid hos ettårig laks fra uke 7 til uke 31/96 gitt de ulike produksjonsbetingelsene gitt i **tabell 1** ved settefiskanlegget i Talvik.

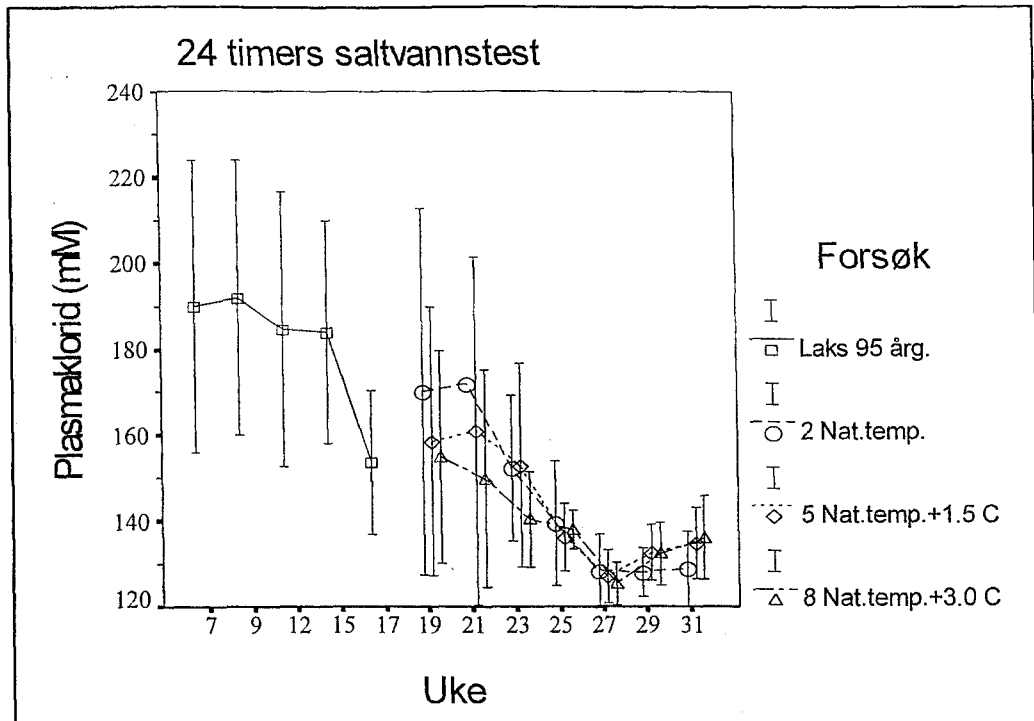
Det var signifikante forskjeller i plasmakloridverdier mellom forsøk 2 og 5 ved uke 27, mellom forsøk 2 og 8 ved uke 27 og 29 og mellom forsøk 5 og 8 ved uke 27 og 29 ( $P < 0,05$ , Mann-Whitney U-test). Imidlertid avtok plasmakloridverdiene i alle gruppene fram mot smoltifiseringstidspunktet og lå fra uke 25 til 31 fra 125-130 mM.

**Figur 6** viser saltvannsverdier av plasmaklorid hos ettårig laks fra uke 7 til uke 31/96 gitt de ulike produksjonsbetingelsene gitt i **tabell 1** ved settefiskanlegget i Talvik.



**Figur 5.** Ferskvannsverdier av plasmaklorid hos ettårig laks fra uke 7 til uke 31/96 gitt de ulike produksjonsbetingelsene gitt i **tabell 1** ved settefiskanlegget i Talvik. Utfyllende tall er gitt i **tabell 3**. Verdiene er gitt som jennomsnitt±standardavvik (SD).

**Figur 6.** Saltvannsverdier av plasmaklorid hos ettårig laks fra uke 7 til uke 31/96 gitt de ulike produksjonsbetingelsene gitt i tabell 1 ved settefiskanlegget i Talvik. Verdiene er gitt som gjennomsnitt ± standardavvik (SD).



Resultatene viste at fisk gitt naturlig vanntemperatur + 3,0 °C fra og med uke 17 (tabell 3, figur 6) etablerte en sjøvannstoleranse raskere enn de to andre gruppene (tabell 3, figur 6). Denne gruppen passerte plasmakloridverdien på 150 mM i uke 19/20, dvs. smoltifiserte tidligere. For gruppen av fisk som fikk naturlig vanntemperatur +1,5 °C ble plasmakloridverdiene på 150 mM passert i uke 23/24 (tabell 3, figur 6), dvs. fisken smoltifiserte ennå for tidlig i forhold til villsmoltutvandringen. Fisk gitt naturlig vanntemperatur (tabell 3, figur 6), passerte plasmakloridverdien på 150 mM i uke 23/24, dvs. fisken smoltifiserte til rett tid i henhold til villsmoltutvandringen. Konklusjonen fra dette forsøket var at tilførsel av varmt vann (naturlig vanntemperatur +1,5 og +3,0 °C) på våren gav en litt for tidlig smoltifisering, mens fisk gitt naturlig vanntemperatur smoltifiserte til rett tid i henhold til villsmoltutvandringen. Det var signifikante forskjeller mellom forsøk 2 og 5 ved uke 29 og 31, mellom forsøk 2 og 8 ved uke 21, 23, 27, 29 og 31 og mellom forsøk 5 og 8 ved uke 23 ( $p < 0,05$ , Mann-Whitney U-test).

### 3.2 Vandringslyst

Sjøvannstester gir en god indikasjon på om smolten fysiologisk er i stand til å tåle overgangen fra ferskvann til sjøvann, men ved smoltutsettinger er det avgjørende om den også er motivert og atferdsmessig klar til å vandre ut. Figur 7 viser akkumulert utvandring eller tidsforløpet for utvandring hos gruppene satt ovenfor fella (tabell 1). I de fleste gruppene var utvandringsandelen totalt fra 24 til 49 prosent slik at det er fra dette antallet det beregnes akkumulert utvandring eller tidsforløpet for utvandring hos den utsatte fisken.

Blant den fisken som ble satt ut den 12.06 (uke 24) var utvandringsresponsen raskest hos fisk gitt naturlig vanntemperatur +3,0 °C (forsøk 8), etterfulgt av fisk gitt naturlig vanntemperatur +1,5 °C (forsøk 5) og fisk gitt naturlig vanntemperatur (forsøk 2). Det vil si utvandringsresponsen var raskest hos fisk gitt den høyeste vanntemperaturen og som hadde den beste saltreguleringsvevnen. For fisk satt ut den 26.06 var det en lignende respons med fisk fra forsøk 9 (naturlig vanntemperatur +3,0 °C) som vandret først ut etterfulgt av fisk fra forsøk 6 (naturlig vanntemperatur +1,5 °C) og fisk fra forsøk 3 (naturlig vanntemperatur). En lignende utvandringsrespons fant sted for fisk utsatt den 03.07 (uke 27, forsøk, 4, 7 og 10) men her var responsen mindre uttrykt pga at disse gruppene hadde omtrentlig en lik saltreguleringssevne. Felles for disse forsøkene var at utvandringsresponsen var raskest hos fisk gitt den høyeste vanntemperaturen og som hadde den beste saltreguleringsvevnen.

Dette illustreres også i figur 8 som viser akkumulert utvandring hos de tre produksjonsgruppene.

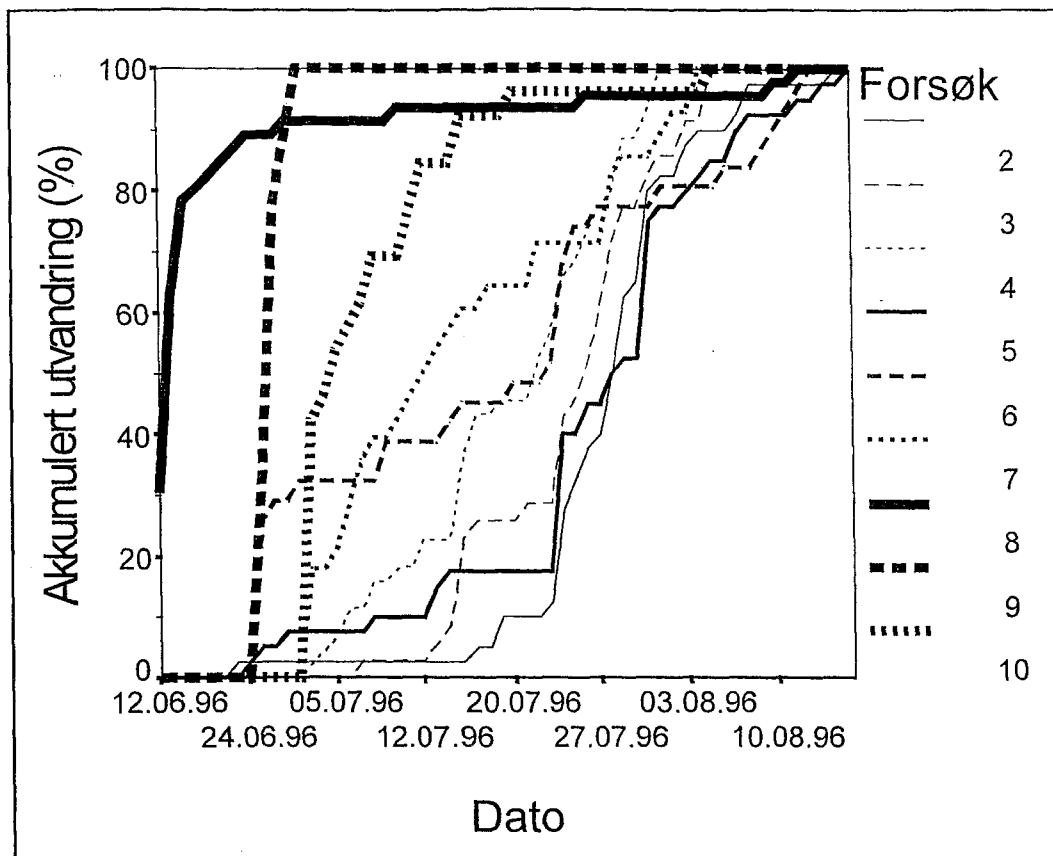
Figur 8 viser også som figur 7 at felles for disse forsøkene var utvandringsresponsen raskest hos fisk gitt den høyeste vanntemperaturen og som hadde den beste saltreguleringsvevnen.

Tabell 4 viser at all smolt tatt i fella på nedvandring og utsatt for en 24 timers sjøvannstoleransetest hadde en god saltreguleringssevne. Det vil si at det var en sammenheng mellom god saltreguleringssevne og utvandring. Smolt som ble gitt naturlig vanntemperatur +1,5 og 3,0 °C vandret raskere ut enn smolt holdt på naturlig vanntemperatur (figur 8).

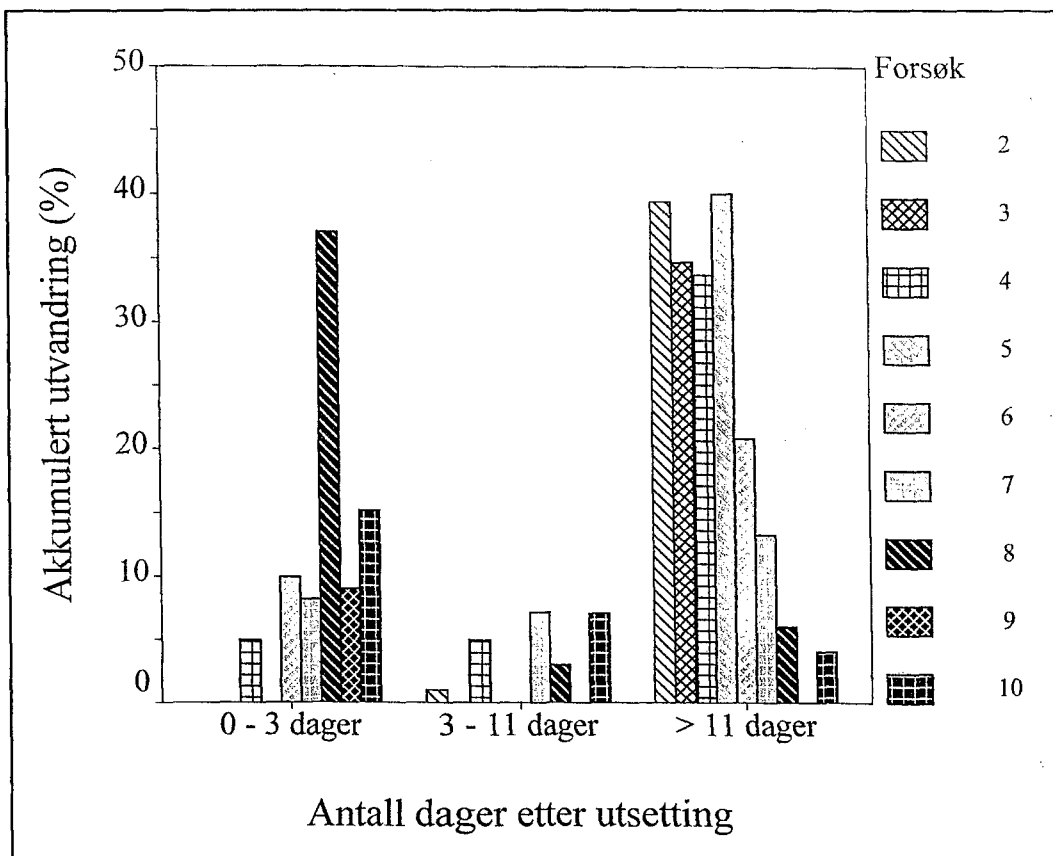
**Tabell 3.** Viser utviklingen av sjøvannstoleranse fra uke 19 til uke 31 hos ettårig laksesmolt holdt på naturlig vanntemperatur, naturlig vanntemperatur + 1,5 °C og naturlig vanntemperatur + 3,0 °C. Verdiene er gitt som gjennomsnitt±standardavvik (SD).

Uke	Test	Nat.vanntemp.			Nat.vanntemp.+1.5 °C				Nat.vanntemp. +3.0°C				
		Lengde (mm)	Vekt (gram)	Kond.	Klorid (mM)	Lengde (mm)	Vekt (gram)	Kond.	Klorid (mM)	Lengde (mm)	Vekt (gram)	Kond.	Klorid (mM)
19	Kontroll												
	Snitt	187,67	60,50	0,91	131,50	186,33	59,33	0,91	132,83	199,33	72,33	0,90	134,17
	SD	7,53	7,18	0,07	10,33	8,16	8,24	0,03	6,49	13,72	14,61	0,02	2,99
	SV-test												
	Snitt	184,00	57,50	0,92	170,00	186,80	57,30	0,87	158,40	195,40	65,80	0,86	154,80
	SD	7,85	8,44	0,05	21,29	6,96	7,56	0,04	15,63	16,15	17,69	0,03	12,43
21	Kontroll												
	Snitt	190,33	65,83	0,95	142,00	189,33	62,33	0,91	136,67	193,67	67,33	0,92	137,00
	SD	6,09	7,25	0,03	11,73	7,97	10,29	0,05	5,16	9,00	8,24	0,03	3,90
	SV-test												
	Snitt	181,60	55,50	0,92	156,80	182,40	54,80	0,89	160,90	189,50	61,10	0,89	149,70
	SD	7,68	8,63	0,04	6,44	9,28	9,46	0,03	20,25	9,28	11,06	0,05	12,68
23	Kontroll												
	Snitt	190,33	66,33	0,96	132,00	199,17	74,67	0,93	133,00	206,33	80,00	0,90	136,50
	SD	7,81	7,94	0,04	13,93	15,85	19,76	0,04	3,58	11,24	13,18	0,03	2,07
	SV-test												
	Snitt	189,40	62,30	0,91	152,22	193,10	61,10	0,85	152,80	201,70	73,80	0,88	140,30
	SD	14,85	12,53	0,10	8,53	7,64	7,65	0,03	11,90	15,71	20,23	0,06	5,54
25	Kontroll												
	Snitt	198,67	72,50	0,92	129,33	216,17	96,67	0,94	129,00	208,83	83,83	0,91	128,83
	SD	11,94	12,37	0,03	0,52	18,12	25,74	0,05	2,19	11,03	15,16	0,03	2,14
	SV-test												
	Snitt	188,60	60,80	0,89	139,40	196,40	67,70	0,88	136,10	214,22	86,56	0,87	137,89
	SD	13,70	13,80	0,05	7,28	11,15	12,98	0,03	3,90	9,72	13,35	0,03	2,26
27	Kontroll												
	Snitt	189,00	71,00	1,06	121,17	207,83	85,00	0,93	124,00	229,33	112,67	0,93	127,33
	SD	15,01	10,43	0,16	2,71	13,26	18,69	0,06	1,67	9,14	16,79	0,04	1,37
	SV-test												
	Snitt	202,00	75,30	0,90	128,20	206,90	80,80	0,91	127,00	216,00	89,20	0,88	125,30
	SD	11,68	14,42	0,05	4,29	9,10	10,29	0,05	3,13	14,32	17,70	0,09	2,45
29	Kontroll												
	Snitt	211,00	86,50	0,92	126,50	224,83	119,17	1,04	126,00	245,00	139,67	0,95	129,83
	SD	8,83	13,37	0,06	2,35	6,15	25,65	0,16	3,69	7,32	17,22	0,03	2,32
	SV-test												
	Snitt	208,70	83,70	0,91	128,00	223,50	103,70	0,92	132,40	246,10	129,40	0,88	132,20
	SD	9,62	14,07	0,04	2,83	7,71	16,24	0,05	3,27	15,80	15,90	0,16	3,68
31	Kontroll												
	Snitt	221,33	102,50	0,94	129,00	237,33	135,67	0,99	127,33	266,33	198,83	1,05	126,83
	SD	12,85	18,53	0,04	1,26	13,49	40,13	0,14	1,51	12,82	30,77	0,05	6,52
	SV-test												
	Snitt	233,70	115,10	0,89	128,80	234,50	126,80	0,98	134,70	258,80	185,00	1,06	135,90
	SD	8,49	21,94	0,09	4,32	13,68	21,31	0,15	4,16	15,44	38,03	0,13	4,91

**Figur 7.** Akkumulert utvandring (%) hos gruppene satt ut ovenfor fella. For forklaringer av de ulike gruppene se **Tabell 1**.



**Figur 8.** Akkumulert utvandring (%) hos gruppene satt ut ovenfor fella. For forklaringer av de ulike gruppene se **tabell 1** og **figur 7**.



**Tabell 4.** Gjennomsnittlig lengde og plasmakloridkonsentrasjoner hos laksesmolt satt ut ovenfor fiskefella den 12.06, 26.06 og 03.07. Fisken ble samlet opp i fella i perioder 0-3, 3-11 og 11-60 dager etter utsetting og standardiserte saltvannstester ble kjørt fortløpende fra de ulike gruppene.

Forsøk	0-3 dager		3-11 dager		> 11 dager	
	Lengde (mm)	Plasmaklorid (mM)	Lengde (mm)	Plasmaklorid (mM)	Lengde (mm)	Plasmaklorid (mM)
2			147,0(1)	194,0	192,1 ± 10,1(34)	140,6 ± 10,5
3					197,7 ± 11,1(26)	145,7 ± 18,3
4	209,4 ± 7,6(5)	139,8 ± 11,0	201,3 ± 11,8(4)	138,8 ± 22,2	201,6 ± 10,5(25)	150,3 ± 16,7
5					195,3 ± 10,2(30)	144,4 ± 10,9
6	206,5 ± 12,7(10)	135,7 ± 11,5			204,7 ± 8,6(15)	148,1 ± 16,7
7	211,7 ± 13,5(6)	131,8 ± 6,1	211,9 ± 11,0(7)	134,7 ± 26,1	202,5 ± 8,9(6)	150,3 ± 14,1
8	207,8 ± 11,3(30)	147,1 ± 13,7			202,4 ± 12,8(6)	153,2 ± 18,7
9	223,0 ± 13,1(6)	128,3 ± 5,9				
10	219,0 ± 16,9(9)	135,7 ± 18,4	232,0 ± 12,5(4)	143,3 ± 18,5	217,0 ± 12,7	154,5 ± 2,1

Fra **tabell 5** ser vi at utvandringen hos ettårssmolten lå fra 22 til 46 prosent, der det var et ekstremtilfelle med bare 9 prosent utvandring. Det var en tendens til at gruppen gitt naturlig vanntemperatur + 3,0 °C hadde en dårligere utvandringfrekvens enn de andre gruppene den 26.06 og den 03.07.

Fra **tabell 6** ser vi at utvandringen hos toårig laksesmolt satt ut den 12.06 var på 80 prosent. Ved de andre utsettingstidspunktene var utvandringprosenten 43 og 49 prosent ved henholdsvis den 26.06 og den 03.07. Plasmakloridverdiene viste at fisken hadde den beste sjøvannstoleransen den 26.06 og den 03.07 sammenlignet med den 12.06. Sjøvannstoleranstoleransetester av utvandrende toårssmolt ble ikke foretatt. Utvandringprosenten var gjennomgående bedre enn hos ettårssmolten (**tabell 5**).

Villsmolten startet utvandringen i uke 22 (27.04→) og i løpet av uke 27 (07.07) hadde omlag 95 % av smolten vandret ut.

#### Transportstressforsøk - Utsettinger i Halselva/Altaelva:

**Figur 9** viser at utvandringen hos toårssmolten (94-årg.) startet umiddelbart og i løpet av en 10 dagers periode ble det ikke registrert flere utvandrende smolt. For ettårssmolten (95-årg.) var utvandringstidspunktet bredere og her hadde smolten gitt en ukes hvile en raskere utvandring enn smolt satt direkte ut i elv etter transport.

For ettårssmolten var det ikke noen signifikant forskjell i utvandring mellom fisk satt direkte ut i elv og fisk gitt 1 ukes hvile (**tabell 7**). For toårig smolt fant vi en signifikant forskjell i prosent utvandring ( $P < 0,05$ ) mellom fisk satt direkte ut i elv (23,7 %) og fisk gitt 1 ukes hvile etter utsetting (77,8 %).

Resultatene fra utsettingene i Bollo (**tabell 8**) viser at både carlinmerket og fettfinneklippet laksesmolt hadde en signifikant økning i stresshormonet kortisol etter opplasting og ved utsetting sammenlignet med verdiene før opplasting ( $P < 0,05$ , Mann-Whitney U-test). Etter 1 ukes hvile var stresshormonet nede på et normalnivå og ikke signifikant forskjellig fra verdiene før opplasting ( $P > 0,05$ , Mann-Whitney U-test). En ukes hvile for fisken etter ankomst til transportsted viste seg å være meget gunstig både mhp. nedstressing (plasmakortisol).

Plasmakloridverdiene viste en ikke-signifikant nedgang ( $P > 0,05$ , Mann-Whitney U-test) fra før og etter opplasting til utsetting og etter 1 ukes hvile både hos fettfinneklippet og carlinmerket smolt.

Ved utsettinger i Sautso (**tabell 9**) økte plasmakortisolverdien opp til 373 nM ved ankomst (2.5 timers transport) og denne verdien var signifikant høyere enn verdiene før opplasting og etter opplasting ( $P < 0,05$ , Mann-Whitney U-test). Etter 1 ukes hvile var stresshormonet nede på et normalnivå ikke signifikant forskjellig fra verdiene før opplasting ( $P > 0,05$ , Mann-Whitney U-test). Fisk fanget ved fiskesperra etter utsetting hadde et høyt plasmakortisolnivå og dette skyldes sannsynligvis en «positiv» stressrespons som følge av utvandringen gjennom kraftverkstunnellen og ut i elva.

Ved transport til Sautso var det en signifikant nedgang i plasmakloridverdiene ( $P < 0,05$ , Mann-Whitney U-test). Etter 1 ukes hvile og etter utsettinger i Sautso var plasmakloridnivåene tilbake på normalnivåer. En ukes hvile for fisken etter ankomst til transportsted viste seg å være meget gunstig både mhp. nedstressing (plasmakortisol) og saltregulering (plasmaklorid).

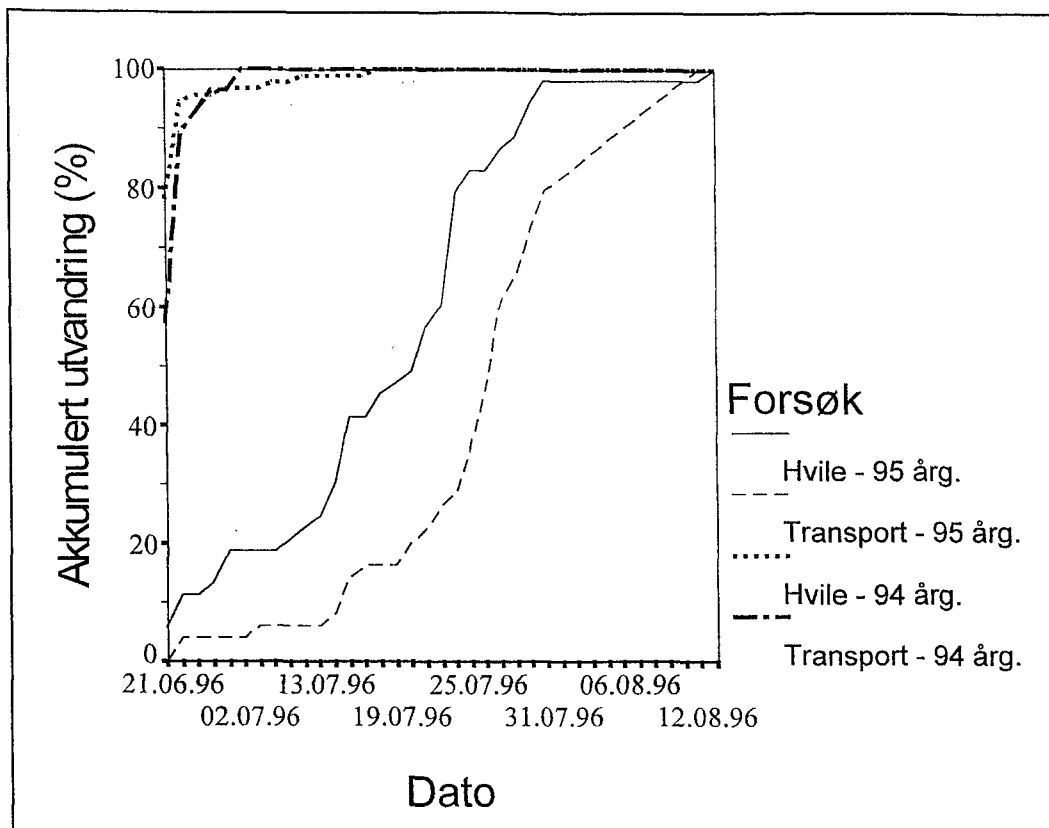
**Tabell 5.** Utsettinger av grupper av ettårig laksesmolt (carlinmerket) ovenfor fella henholdsvis den 12.06, 26.06 og den 03.07. Verdiene er gitt som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik (SD).  $n$  = antall fisk.

Utsettingsdato	Forsøk	Merkelengde (mm)	Merkevekt (gram)	Nedlengde (mm)	Nedvekt (gram)	% utvandring
12.06.96	2	n = 99		n = 39		39,4
Snitt		189,91	68,31	192,26	57,21	
SD		9,74	10,13	9,74	7,70	
26.06.96	3	n = 101		n = 35		34,7
Snitt		194,62	74,50	195,69	62,34	
SD		10,99	12,47	11,12	12,58	
03.07.96	4	n = 101		n = 44		43,6
Snitt		198,95	77,75	201,77	70,82	
SD		14,23	13,21	9,96	11,95	
12.06.96	5	n = 100		n = 39		39,0
Snitt		193,47	71,16	195,46	59,85	
SD		9,26	12,83	10,13	9,91	
26.06.96	6	n = 101		n = 31		30,7
Snitt		202,16	83,50	205,48	74,03	
SD		10,02	13,57	9,63	16,15	
03.07.96	7	n = 98		n = 28		28,6
Snitt		208,71	89,99	212,46	81,89	
SD		10,22	14,41	11,45	15,62	
12.06.96	8	n = 100		n = 46		46,0
Snitt		202,82	79,01	206,80	79,83	
SD		11,15	12,71	11,76	14,25	
26.06.96	9	n = 100		n = 9		9,0
Snitt		215,38	94,32	220,33	102,00	
SD		11,78	15,62	11,17	16,29	
03.07.96	10	n = 99		n = 22		22,2
Snitt		220,66	99,54	221,65	93,77	
SD		14,92	17,22	13,95	17,92	

**Tabell 6.** Utsettinger av grupper av toårig laksesmolt (fargemerket) ovenfor fella henholdsvis den 12.06, 26.06 og den 03.07. Plasmakloridverdiene er verdier gitt fra sjøvannstoleranse-testene i anlegget ved den aktuelle utsettingstiden. Verdiene er gitt som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik (SD).  $n$  = antall fisk.

Utsettingsdato	Merkelengde (mm)	Merkevekt (gram)	Nedlengde (mm)	Nedvekt (gram)	Plasmaklorid (mM)	% utvandring
12.06.96	n = 50		n = 40			80
Snitt	234,88	126,41	238,00	120,95	155,9 $\pm$ 18,9	
SD	17,82	29,09	17,72	29,80		
26.06.96	n = 50		n = 21			43
Snitt	239,06	134,45	242,57	124,43	146,8 $\pm$ 5,5	
SD	16,86	27,52	12,05	21,54		
03.07.96	n = 50		n = 25			49
Snitt	238,34	133,52	246,38	133,42	131,8 $\pm$ 4,6	
SD	19,32	29,89	20,55	36,39		





**Figur 9.** Akkumulert utvandring (%) hos ett- og toårig laksesmolt satt direkte ut i elv eller satt ut etter 1 ukes hvile den 21.06.

**Tabell 7.** Utsettingslengde, nedlengde og % utvandring hos ett- og toårig laksesmolt gitt en ukes hvile etter transport eller satt direkte ut i elv. Verdiene er gitt som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik (SD).  $n$  = antall fisk.

Forsøk	Utsettingslengde (mm)	Nedlengde (mm)	% utvandring
Ettårig, en ukes hvile	190,6 $\pm$ 14,6(120)	191,3 $\pm$ 12,1(53)	44,2
Ettårig, direkte utsetting	194,2 $\pm$ 72,8(120)	192,3 $\pm$ 12,2(49)	40,8
Toårig, en ukes hvile	228,1 $\pm$ 20,6(117)	232,8 $\pm$ 16,3(91)	77,8
Toårig, direkte utsetting	231,5 $\pm$ 16,1(118)	232,9 $\pm$ 15,0(28)	23,7

**Tabell 8.** Vekt, lengde, plasmakloridverdier og plasmakortisolverdier hos laksesmolt ut-satt i Bollo. C = carlinmerket; FF = fettfinneklippet. Verdiene er gitt som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik (SD). Antallet fisk er gitt i parentes.

Sted	Dato	Eksperiment	Vekt (gram)	Plasmaklorid (mM)	Plasmakortisol (mM)
Bollo	26.06	C-før opplasting	59,3 $\pm$ 9,4(10)	134,9 $\pm$ 2,8	72,3 $\pm$ 35,2
Bollo	26.06	FF-før opplasting	89,6 $\pm$ 9,2(10)	135,4 $\pm$ 6,3	97,5 $\pm$ 54,5
Bollo	26.06	C-etter opplasting	63,1 $\pm$ 12,6(10)	134,7 $\pm$ 2,1	209,2 $\pm$ 127,8
Bollo	26.06	FF-etter opplasting	90,6 $\pm$ 14,6(10)	136,8 $\pm$ 1,3	140,8 $\pm$ 37,7
Bollo	26.06	C-utsetting	84,9 $\pm$ 14,3(10)	129,7 $\pm$ 2,7	381,1 $\pm$ 93,1
Bollo	26.06	FF-utsetting	82,0 $\pm$ 78,3(10)	129,2 $\pm$ 3,8	490,7 $\pm$ 130,5
Bollo	04.07	C-1 ukes hvile	58,9 $\pm$ 14,9(10)	133,63 $\pm$ 3	89,9 $\pm$ 88,9
Bollo	04.07	FF-1 ukes hvile	76,6 $\pm$ 15,7(10)	129,9 $\pm$ 5,6	107,1 $\pm$ 159,9

Fra tabell 10 ser vi at sjøvannstoleransen hos laksesmolt etter 1 ukes hvile var god og indikerte ingen stressrespons.

Figur 10 viser sammenhengen mellom plasmakortisol- og plasmakloridverdier hos laksesmolt utsatt i Bollo og Sautso i

transportstrssforsøket. Som det går fram av figuren er det en sammenheng mellom plasmakortisolverdier og plasmakloridverdier. Dvs. jo høyere stressnivå fisken har jo lavere plasmakloridverdier kommer til uttrykk - noe som indikerer at fisken har en forstyrrelse i saltreguleringsevnen.

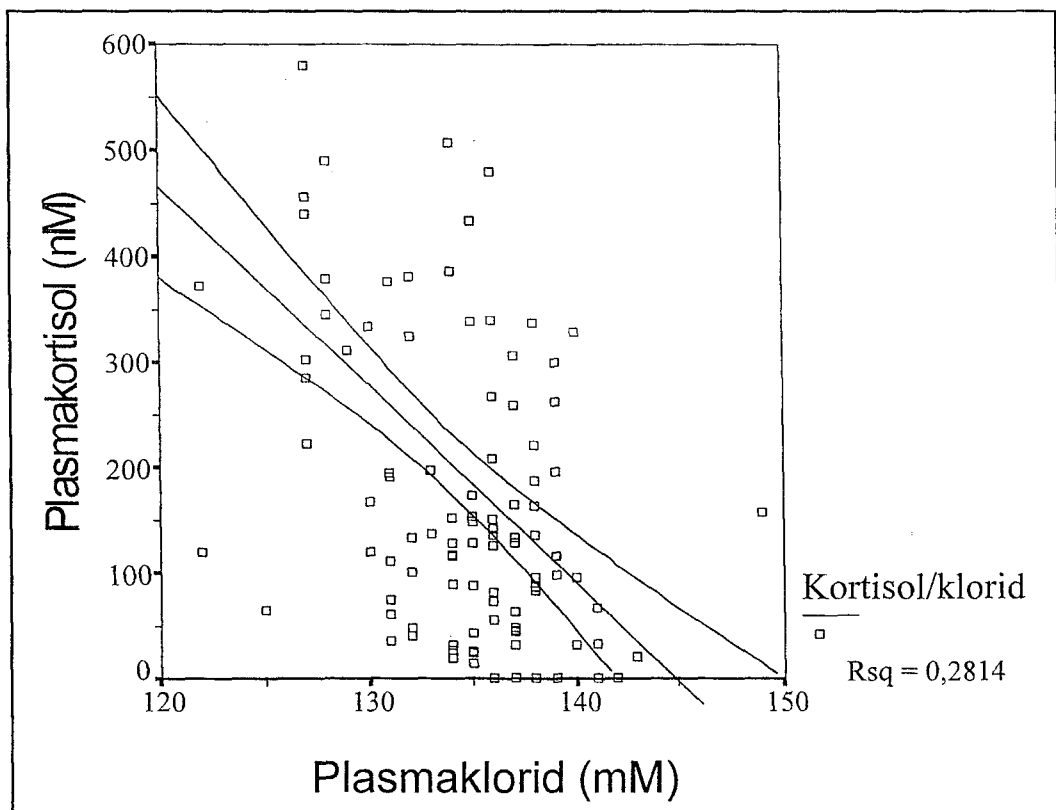
**Tabell 9.** Vekt, lengde, plasmakloridverdier og plasmakortisolverdier hos laksesmolt utsatt i Sautso. C = carlinmerket. Verdiene er gitt som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik (SD). Antallet fisk er gitt i parantesen.

Sted	Dato	Eksperiment	Vekt (gram)	Plasmaklorid (mM)	Plasmakortisol (nM)
Sautso	27.06	C-før opplasting	134,4 $\pm$ 31,9(10)	135,9 $\pm$ 3,2	51,2 $\pm$ 266,3
Sautso	27.06	C-etter opplasting	132,7 $\pm$ 26,2(10)	137,6 $\pm$ 3,9	71,2 $\pm$ 68,8
Sautso	27.06	C-ved ankomst	147,6 $\pm$ 42,2(10)	125,7 $\pm$ 5,1	373,4 $\pm$ 229,2
Sautso	03.07	C-1 ukes hvile	137,8 $\pm$ 32,0(10)	136,9 $\pm$ 2,2	55,4 $\pm$ 31,5
Sautso	03.07	C-fanget ved rist	142,0 $\pm$ 27,2(10)	137,1 $\pm$ 2,0	295,6 $\pm$ 75,7

**Tabell 10.** Viser sjøvannstoleranse hos laksesmolt etter 1 ukes hvile ved transportene til Bollo og Sautso.

Gruppe	Vekt (gram)	Plasmaklorid (mM)
Bollo-1 uke etter transport:		
- carlinmerket	56,1 $\pm$ 13,7	141,4 $\pm$ 7,6
- fettfinneklippet:	91,3 $\pm$ 23,2	144,6 $\pm$ 6,9
Sautso-1 uke etter transport	127,0 $\pm$ 24,5	146,9 $\pm$ 8,7

**Figur 10.** Sammenhengen mellom plasmakortisol- og plasmakloridverdier hos laksesmolt utsatt i Bollo og Sautso i transportstrssforsøket. Verdiene er gitt som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik (SD).



## 4 Diskusjon

Ved produksjon av laksesmolt for utsetting i vassdrag er det viktig å produsere en smolt som smoltifiserer og er stor nok til å settes ut i forkant av villsmoltens hovedutvandring. Tidspunkt for smoltutvandring varierer med temperatur og fotoperiode og er knyttet til breddegrad (Farmer et al. 1978). Utvandringen av laksesmolten synes å skje når temperaturen i havet er mellom 7-9 °C (Heggberget et al. 1993). Årsaken kan være at fisken får osmoregulatoriske problemer ved lavere sjøtemperaturer (Sigholt & Finstad 1990). I Altaelva (70 °N) starter utvandringen i siste halvdel av juni (Heggberget et al. 1993).

I 1996 testet vi både produksjonsmetoder for ett- og toårig smolt (settefiskanlegget), utsettingsmetoder/utsettingssted (utsettinger i Halselva/Altaelva) og analyser av vandringsatferd (Halselva/fiskefelle) som skissert i årsrapport fra 1995 (Finstad 1996). Resultatene fra disse eksperimentene er diskutert nedenfor.

Fra forsøkene med effektene av grenseverdier-temperatur/lys var det en klar sammenheng mellom vanntemperatur og utvandring. Fisk holdt på den høyeste vanntemperaturen (naturlig vanntemperatur +3,0 °C) fram mot utsetting hadde en raskere utvandring ved utsettingene den 12.06 og den 26.06 sammenlignet med gruppene holdt på en lavere temperatur (naturlig vanntemperatur +1,5 °C) og på naturlig vanntemperatur. Veksten hos den førstnevnte gruppen var også best. Differansen i utvandringstidspunkt mellom gruppen på naturlig vanntemperatur og gruppen på naturlig vanntemperatur + 3,0 °C lå på 2-3 uker. Dette er avgjørende for tidspunktet for smoltutvandring. Det var også en korrelasjon mellom sjøvannstoleranse og utvandring der gruppen gitt naturlig vanntemperatur + 3,0 °C hadde en bedre sjøvannstoleranse og utvandring sammenlignet med de to andre gruppene.

Lyset styrer smoltifiseringen hos fisk (Poston 1978; Wedemeyer et al. 1980; Lundquist 1983; Parker 1984) mens temperaturen styrer hastigheten til de smoltifiseringsrelaterte prosessene (Clarke et al. 1978, 1981; Soivio et al. 1988, 1989). Vanntemperaturen er først og fremst en hastighetskontrollerende faktor i smoltifiseringen, og samvirker med fotoperiode (Wedemeyer et al. 1980; Hoar 1988; Boeuf 1993). Fra forsøkene med grenseverdier-temperatur/lys var det en klar sammenheng mellom vanntemperatur og utvandring hos laksesmolten. Hvis vi sammenligner forholdene med Sautso der temperaturen om sommeren er lavere sammenlignet med forholdene før utbyggingen kan forsøkene med grenseverdier - temperatur/lys indikere at villsmolten i Sautso vandrer ut til et senere tidspunkt enn den øvrige molten lengre nede i Altaelva. En forsinket utvandring kan føre til ugunstige forhold i sjøen som reduserte næringsforhold og predasjon (Hvidsten & Møkkelgjerd 1987; Hvidsten & Lund 1988). Fra Halselva ser vi at en svært liten andel ett- og toårig smolt som har overvintret vandrer ut det påfølgende året. Dette indikerer at den molten som ikke vandrer ut det aktuelle utsettingsåret og

som står igjen i vassdraget gjennom vinteren har en stor vinterdødelighet.

Temperaturforholdene i Sautso de senere år har vært lavere i mai-juli (ca. 1 °C under normalen) og høyere i november-februar (ca. 3 °C over normalen) enn før reguleringen. På grunn av at fisken er vekselvarm og at metabolisme og enzymsystemer er avhengig av omgivelsene den lever i (Hochachka & Somero 1984) vil unormalt høye vintertemperaturer føre til at fisken får en høyere metabolisme enn normalt på denne årstiden. Dette vil igjen gå ut over fiskens energibalans og kan igjen føre til en reduksjon av fiskens fettreserver og protein. En dårligere kondisjon hos fisken på vårparten vil være følgen av dette (Tor Næsje, NINA, pers. komm.).

Både smoltens alder og størrelse ved utsetting synes å ha betydning for overlevelsen og det er en sammenheng mellom størrelse på smolt og sjøvannstoleranse (Parry 1958, 1966; Houston 1961). Utsettinger av ett- og toårig smolt med samme kroppslengde i Ranaelva viste større gjenfangster av toårig enn ettårig fisk (Hansen & Lea 1982), noe som også er vist fra undersøkelser foretatt både i Europa og Nord-Amerika (Carlin 1969; Hansen & Lea 1982; Hansen & Jonsson 1989).

Håving og transport av anadrome laksearter synes å forårsake alvorlige fysiologisk stressresponser (Specker & Schreck 1980; Barton et al. 1980; Schreck 1982; Barton & Iwama 1991). Primære og sekundære fysiologiske stressresponser som skjer under påvirkning av ulike stressorer medfører bl.a en økning i plasmakortisol og ser igjen ut til å initiere en kasakade av hendelser som medfører dårligere sykdomsmotstand (Maule et al. 1989), sjøvannstoleranse (Redding & Schreck 1983) og gjenfangst (Specker & Schreck 1980). Økningen i plasmakortisol nivået gir oss mulighet til skille mellom «graden» av stress av de ulike behandlingene (stressorer) (Barton & Iwama 1991).

Det er vist at selv 48 timer etter transport hadde fiskens plasmakortisol ikke returnert til hvilenivået observert før transport (Finstad & Iversen 1997). Hos parr av kongelaks (*Oncorhynchus tshawytscha*) fant man at plasma kortisol nådde en topp 3.5 timer etter håving for deretter å returnere til normalverdier etter ca. 12 timer (Robertson et al. 1987). Andre forsøk har vist lengre eller kortere «recovery»-tid (Carmichael 1984). Under stress har man tidligere vist at fisk får osmoregulatoriske problemer i både fersk- og sjøvann (Eddy 1981; Redding & Schreck 1983; Finstad & Iversen 1997).

I dette forsøket ser man at håving fra oppbevaringskar til transporttank medfører en kraftig økning i plasmakortisol uten en videre økning etter transport. Disse resultatene samsvarer med andre undersøkelser hvor det ble vist at håving og behandling før transport var de mest traumatiske hendelsene for fisk, mens transporten i seg selv kun var en moderat stressor (Specker & Schreck 1980; Robertson et al. 1987; Robertson et al. 1988). Ved utsettinger av ett- og toårig laksesmolt var den beste utvandringsresponsen hos fisk gitt

en ukes hvile etter transport sammenlignet med fisk satt direkte ut i elv. Denne responsen var tydeligst hos toårig lakse-smolt der utvandringen hos direkte utsatt fisk var 24 prosent opp mot 78 prosent hos fisk gitt en ukes hvile etter transport. Imidlertid var forskjellen så stor her at dette må undersøkes nærmere med gjentatte utsettingsforsøk.

For gi fisken en bedre sjanse til å klare seg i det «fri» og forbedre gjenfangstresultater må en gjennomføre tiltak for å redusere effekten av stressorene i forbindelse med utsetting. Et mulig tiltak er å øke «recovery»-fasen på over 48 timer før utsetting. En kan også redusere effekten av håving og transport ved bruk av en kombinasjon av bedøvelse (Robertson et al.1988), salinitet (Nikinima et al. 1983) og forlenget «recovery»-tid.

Utsettingsmetoden er meget viktig for å sikre en god vandring, vekst og overlevelse hos smolten og behandling og transport kan være med på å forringe smoltkvaliteten (Finstad & Iversen 1997). Utsettingsstedets lokalisering i forhold til elveutløpet har vist seg å være av stor betydning for smoltens overlevelse når den går fra ferskvann til sjøvann. Loyenko & Chernitskiy (1984) fant at ved å sette ut smolten langt oppe i elva ble parren skilt fra smolten tidlig, slik at presmolten fikk tid på seg til å utvikle optimal sjøvannstoleranse for bedre overlevelse i sjøen. Andre har vist at det er bedre overlevelse hos smolt satt ut nær estuariet (Peterson 1973; Hansen & Lea 1982; Einarsson et al. 1987). I vårt forsøk ble smolten satt ut ca 2 km ovenfor utløpet av Halselva mens smolten satt ut i Bollo og Sautso var henholdsvis 24 og 46 km fra munningen av Altaelva. Smolten ble satt direkte ut etter transport i Bollo mens utsettingene i Sautso ble foretatt via et «hvilekar» i kraftverket og utsettinger i elva 1 uke senere. Dette viste seg å være en tilstrekkelig tid for fisken å overkomme transportstress-effekten. Ved fremtidige utsettinger bør man vurdere å etablere hviledammer/kummer i nærheten av vassdraget der fisken fritt kan vandre ut etter transport/nedstressing.

På bakgrunn av undersøkelsene fram til nå bør man gå videre med videreutvikling av produksjonsmetoder, utsettingsmetoder/utsettingssted og analyser av vandringsatferd. Undersøkelser mhp. fysiologi/utvandring kan testes i anlegget, Halselva/fiskefelle, og i utvandringsdam i øvre del av Halselva. Atferd, herunder vandringslyst hos ett- og toårig smolt er ennå ikke klarlagt og testet tilstrekkelig. Slike undersøkelser bør videreføres og de produksjoner som gir de beste resultater settes ut i Altaelva. Utsettingsmetoder/utsettingssted testes ut i Halselva for videre å utprøve dette i storskala i Altaelva. Resultatene fra utsettingene i «hvilekaret» i kraftverket i Sautso var oppløftende slik at en bør gå videre med slike utsettingsmetodikk for å kunne minimalisere transportstresseffekten før utsetting. Carlinmerking har vist seg å føre til større dødelighet hos utsatt smolt sammenlignet med umerket smolt. Alternative merkemethoder bør utprøves.

## 5 Litteratur

- Barton, B.A., Peter, R.E. & Paulencu. C.R. 1980. Plasma cortisol levels of fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri*) at rest, and subjected to handling, confinement, transport, and stocking. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 805-811.
- Barton, B.A. & Iwama, G.K. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on response and effects of corticosteroids. - Ann. Rev. Fish Dis. : 3-26.
- Boeuf, G. 1993. Salmonid smolting: a pre-adaptation to the oceanic environment, - P 105-135 in Rankin, J.C & Jensen, F.B., eds. Fish Ecophysiology. Chapman & Hall, London.
- Carlin, B. 1969. Salmon tagging experiments. - Swedish Salmon - Res. Inst. Rep. 3: 8-13.
- Carmichael, G.J. 1984. Long distance truck transport of intensively reared largemouth bass. - Prog. Fish. Cult. 46: 111-115.
- Clarke, W.C. 1989. Photoperiod control of smolting: A review. - Physiol. Ecol. Japan, Spec. Vol., 1: 497-502.
- Clarke, W.C., J.E. Shelbourne, & J.R. Brett. 1978. Growth and adaption to sea water in "underyearling" sockeye (*Oncorhynchus nerka*) and coho (*O. kisutch*) salmon subjected to regimes of constant or changing temperature and day length. - Can. J. Zool. 56: 2413-2421.
- Clarke, W.C., J.E. Shelbourn, & J.R. Brett. 1981. Effect of artificial photoperiod cycles, temperature, and salinity on growth and smolting in underyearling coho (*Oncorhynchus kisutch*), chinook (*O. tshawytscha*) and sockeye (*O. nerka*) salmon. - Aquaculture 22: 105-116.
- Eddy, F.B. 1981. Effects of stress on osmotic and ionic regulation in fish. - P 77-102 in Pickering, A.D., ed. Stress and Fish. Academic Press, New York.
- Einarsson, S.M., Isaksson, A. & Oskarsson, S. 1987. The effect of smolt location on the recapture rates of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the river Langa, Iceland. - Int. Counc. Explor. Sea. C.M./M:27.
- Farmer, G.J., Ritter, J.A., & Ashfield, D. 1978. Seawater adaptation of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. - J. Fish. Res. Bd. Can. 35: 93-100.
- Finstad, B. 1996. Smoltproduksjonsforsøk med laks. - NINA Oppdragsmelding 386: 1-15.
- Finstad, B. & Iversen, M. 1997. Smoltifisering hos laks og sjørret: Effekt av ulike produksjonsregimer og transport. - NINA Oppdragsmelding 445: 1-16.
- Hansen, L.P. & Lea, T.B. 1982. Tagging and release of Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the river Rana, northern Norway. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 60: 31-38.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1989. Salmon ranching experiments in the River Imsa: effect of timing
- Hansen, L.P. 1988. Effects of carlin tagging and fin clipping on survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. Aquaculture 70: 391-394.

- Heggberget, T.G., Johnsen, B.O., Hindar, K., Jonsson, B., Hansen, L.P., Hvidsten, N.A. & Jensen, A.J. 1993. Interactions between wild and cultured salmon: a review of the Norwegian experience. - *Fish. Res.* 18: 123-146.
- Hoar, W.S. 1988. The physiology of smolting salmonids, P - 275-343. in Hoar, W.S & Randall, D.J., eds. *Fish Physiology: The Physiology of Developing Fish. Viviparity and Posthatching Juveniles*, volume XIB. Academic Press, New York, NY.
- Hochachka, P.W. & Somero, P. 1984. *Biochemical Adaptations*. - Princeton University Press, Princeton, New Jersey, pp. 537.
- Houston, A.H. 1961. Influence on size upon the adaptation of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) to sea water. - *J. Fish. Res. Bd. Can.* 18: 401-415.
- Hvidsten, N.A. & Møkkelgjerd, P.I. 1987. Predation on salmon smolts, *Salmo salar* L., in the estuary of the River Surna, Norway. - *J. Fish. Biol.*, 30: 273-280.
- Hvidsten, N.A. & Lund, R.A., 1988. Predation on hatchery-reared and wild smolts of atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the estuary of River Orkla, Norway. - *J. Fish. Biol.*, 33: 121-126.
- Høgåsen, H.R. 1996. Physiology of migration of anadromous salmonids, with emphasis on endocrinological aspects. - Theses for the degree of Doctor Scientiarum. Norwegian College of Veterinary Medicine, Oslo.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen L.P. 1991. Differences in life history and migratory behaviour between wild and hatchery reared Atlantic salmon in nature. - *Aquaculture* 98: 69-78.
- Langdon, J.S. 1985. Smoltification physiology in the culture of salmonids, - P. 79-118 in Muir, J.F. & Roberts, R.J., eds. *Recent Advances in Aquaculture, Volume 2*. Croom Helm, London.
- Long, C.W., McComas, J.R. & Monk, B.H. 1977. Use of salt (NaCl) water to reduce mortality of chinook salmon smolts, *Oncorhynchus tshawytscha*, during handling and hauling. - *Mar. Fish. Rev.* 39 (7): 6-9.
- Loyenko, A.A. & Chernitskiy, A.G. 1984. Factors influencing downstream migration of young Atlantic salmon, *Salmo salar* (Salmonidae), released from hatcheries. - *Vopr. Ikhtiol.* 24: 307-315.
- 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.
- Maule, A.G., Tripp, R.A., Kaattari, S.L. & Schreck, C.B. 1989. Stress alters immune function and disease resistance in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). - *J. Endocrinol.* 120: 135-142.
- Metcalfe, N.B., J.E. Thorpe, & F.A. Huntingford. 1988. Determinants of variation in life-history strategies in Atlantic salmon. - Abstract, 2nd. Internat. Conf. Behav. Ecol. Vancouver, Canada.
- Nikinima, M., Soivio, A., Nakari, T. & Lindgren, S. 1983. Hauling stress in brown trout (*Salmo trutta*): Physiological responses to transport in fresh water or salt water, and recovery in natural brackish water. - *Aquaculture* 34: 93-99.
- Parker, N.C. 1984. Chronobiologic approach to aquaculture. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 115: 545-552.
- Parry, G. 1958. Size and osmoregulation in salmonid fishes. - *Nature (Lond.)* 181: 1218-1219.
- Parry, G. 1966. Osmotic adaptation in fishes. - *Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc.* 41: 392-444.
- Peterson, H.H. 1973. Adult returns to date from hatchery-reared one-year-old smolts, - P. 219-226 in Smith, M.V. & Carter, W.M., eds. - *Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Vol. 4*.
- Pickering, A.D. 1981. Introduction: The concept of biological stress, - P. 1-9. in Pickering, A.D., ed. *Stress and Fish*. Academic Press, New York.
- 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.
- Robertson, L., Thomas, P., Arnold, C. R. & Trant, J. M. 1987. Plasma cortisol and secondary stress responses of red drum to handling, transport, rearing density, and a disease outbreak. - *Prog. Fish-Cult.* 1 (49): 1-12.
- Robertson, L., Thomas, & P., Arnold, C.R. 1988. Plasma cortisol and secondary stress responses of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to several transportation procedures. - *Aquaculture* 68: 115-130.
- Redding, J.M. & Schreck, C.B. 1983. Influence of ambient salinity in osmoregulation and cortisol in yearling coho salmon during stress. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 112: 800-807.
- Saunders, R.L., & E.B. Henderson. 1970. Influence of photoperiod on smolt development and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*). - *J. Fish. Res. Board Can.* 27: 1295-1311.
- Schreck, C.B. 1982. Stress and rearing of salmonides. - *Aquaculture* 28: 545-555.
- Sigholt, T. & Finstad, B. 1990. Effect of low temperature on seawater tolerance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. - *Aquaculture* 84: 167-172.
- Soivio, A. Virtanen, E. & Mouna, M. 1988. Desmoltification of heat-accelerated Baltic salmon (*Salmo salar*) in brackish water. - *Aquaculture* 71: 89-97.
- Soivio, A., Muona, M. & Virtanen, E. 1989. Temperature and daylengths as regulators of smolting in cultured Baltic salmon, *Salmo salar*. - *Aquaculture* 82: 137-145.
- Specker, J.L. & Schreck, C.B. 1980. Stress responses to transportation and fitness for marine survival in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolts. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 765-769.
- Strand, R., Lamberg, A., Johnsen, B.O. & Heggberget, T.G. 1996. Havbeiteprosjektet i Opløyelva, Nord-Trøndelag. Årsrapport 1995. - NINA Oppdragsmelding 403: 1-24.
- Strand, R. & Finstad, B. 1995. Smoltproduksjonsforsøk med laks. - NINA Oppdragsmelding 330: 1-16.
- Wagner, H.H. 1974. Photoperiod and temperature regulation of smolting in steelhead trout (*Salmo gairdneri*). - *Can. J. Zool.* 52: 219-234.
- Wedemeyer, G. 1972. Some physiological consequences of handling stress in the juvenile coho salmon (*Oncor-*

*hynchus kisutch*) and steelhead trout (*Salmo gairdneri*). - J. Fish. Res. Board Can. 29: 1780-1783.

Wedemeyer, G. & Wood, J. 1974. Stress as a predisposing factor in fish diseases. - U.S. Fish Wildl. Serv., Fish Dis. Leaflet. 38: 8s.

Wedemeyer, G.A., R.L. Saunders, & W. Craig Clarke. 1980. Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids. - Mar. Fish. Rev. 42: 1-14.

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0822-9

486

**NINA  
OPPDRAGS-  
MELDING**

NINA Hovedkontor  
Tungasletta 2  
7005 TRONDHEIM  
Telefon: 73 58 05 00  
Telefax: 73 91 54 33

**NINA**  
**Norsk institutt**  
**for naturforskning**