

330

# OPPDRAKSMELDING

Smoltproduksjonsforsøk  
med laks

Rita Strand  
Bengt Finstad



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

# Smoltproduksjonsforsøk med laks

Rita Strand  
Bengt Finstad

## NINAs publikasjoner

NINA utgir fem ulike faste publikasjoner:

### NINA Forskningsrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningssarbeid, i den hensikt å spre forskningsresultater fra institusjonen til et større publikum. Forskningsrapporter utgis som et alternativ til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

### NINA Utredning

Serien omfatter problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, litteraturstudier, sammenstilling av andres materiale og annet som ikke primært er et resultat av NINAs egen forskningsaktivitet.

### NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. Opplaget er begrenset.

### NINA Temahefter

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

### NINA 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).

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

Strand, R. & Finstad, B. 1995. Smoltproduksjonsforsøk med laks. - NINA Oppdragsmelding 330: 1-16.

Trondheim, februar 1995

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0545-9

Rettighetshaver ©:  
NINA Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon: Tor G. Heggberget

NINA, Trondheim

Design og layout: Siri Aftret

Sats: NINA

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:  
NINA  
Tungasletta 2  
7005 Trondheim  
Tel: 73 58 05 00

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13306

Ansvarlig signatur:

*Tor G. Heggberget*

Oppdragsgiver:

Statkraft

## Referat

Rita Strand & Bengt Finstad. Norsk Institutt for Naturforskning, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim.

Strand, R. & Finstad, B. 1995. Smoltproduksjonsforsøk med laks. - NINA Oppdragsmelding 330: 1-16.

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. Dette har vist seg å skape problemer for en god smoltifisering, noe som igjen fører til dårlig overlevelse for den utsatte fisken. En stor utfordring har derfor ligget i en regional tilpasning av produksjon av laks, sjøørret og sjørøye til kultiveringsformål/ kompensasjonsutsettinger i forbindelse med vassdragsreguleringer.

Målet for smoltproduksjonsforsøket 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 med tanke på en mulig kompensasjonsutsetting i Altaelva i framtida. Prosjektet ble igangsatt i 1993 (se årsrapport for 1993) og resultatene for 1994 presenteres i denne oppdragsmeldingen.

Det ble produsert ett- og toårig laksesmolt gitt ulike lys- og temperaturregimer. All fisk fra de ulike produksjonsgruppene ble Carlinmerket og enten satt ut ovenfor eller nedenfor NINA's fiskefelle i Talvik. Det ble tatt sjøvannstester på denne fisken og vandringslyst ble registrert. Resultatene har vist at det er mulig å styre smoltifiseringen til et gitt tidspunkt ved hjelp av manipuleringer av lys og temperatur. Det bør arbeides videre med de gruppene som har gitt de beste resultatene med hensyn på sjøvannstestene for å oppnå den optimale smolten tilpasset disse nordlige breddegradene. Vi vil videre gå inn og undersøke om man skal produsere ett- eller toårssmolt til utsetting. Disse utvandringsforsøkene bør følges opp med analyser av overlevelse i sjøen.

Sjøvannstestene har vist hvilke grupper som overlever i sjøvann, men ved slike smoltutsettinger er det avgjørende om fisken også er motivert og atferdsmessig klar til å vandre ut. Evalueringen av vekst og overlevelse (tilbakevandring) til hjemvassdraget må også klarlegges. Dette vil vi ikke få svar på før vi får de første gjenfangster i de kommende år og dermed kan foreta en evaluering av hvilke produksjonsgrupper som er optimale med hensyn på sjøvannstoleranse, vekst og overlevelse for kompensasjonsutsettinger i Altaelva. Det bør deretter velges ut utsettingsgrupper >3000 smolt for å foreta grundige overlevingsanalyser.

Emneord: Smoltproduksjonsforsøk, laks, sjøvannstoleranstester, overlevelse, vandring.

## Abstract

Rita Strand & Bengt Finstad. Norsk Institutt for Naturforskning. Tungasletta 2, N-7005 Trondheim.

Strand, R. & Finstad, B. 1995. Experimental smolt production with Atlantic salmon. - NINA Oppdragsmelding 330: 1-16.

It is shown that the conditions in northern-Norway, especially because of the long and dark winter, make it difficult to transfer production strategies for fish developed in the southern part of Norway without consideration for regional adaptations. Fish in the northern part of Norway must be reared for a longer time on artificial light and temperature in order to achieve a satisfactory releasing size. Subsequently problems for smoltification have arisen resulting in a poor survival of the released fish. Therefore, a great challenge to produce Atlantic salmon, sea trout and Arctic charr with regional adaptations exists.

The aim of the experimental smolt production at the hatchery in Talvik has been to produce Atlantic salmon smolts having a better survival rate than achieved earlier. This was done to prepose a possible compensatory release of fish in the River Alta in the future. The project was started in 1993 (see annual report for 1993) and the results from 1994 are presented in the present report.

One- and two-year old salmon smolts given different light- and temperature regimes were produced. All fish from the different groups were tagged by external Carlin tags and released either above or below a fish trap in the River Halselva. Standardized seawater tolerance tests were taken and the migratory pattern was analyzed. The results have shown that it is possible for the fish to smolt at different times using different light- and temperature regimes. Further work must be done with fish in optimal groups adapted to the northern latitudes. We will decide if one- or two-year old smolts should be produced. The migratory experiments must also be compared with analyses of survival in the sea.

The seawater tolerance tests indicated survival in seawater. It is, however, also very important that the fish are motivated and behaviourally ready for this seaward migration. An evaluation of growth and survival (recapture) in the native watercourse must also be conducted. These questions can not be answered before the first recaptures in the forthcoming years. Only then we can make an evaluation of which production groups are optimal with respect to seawater tolerance, growth and survival for compensatory releases in the River Alta. Furthermore, releases of groups >3000 smolts must then be chosen in order to conduct a thorough analysis of survival.

**Keywords:** Smoltproduction, Atlantic salmon, seawater tolerance tests, survival, migration.

## Forord

I samband med Altautbyggingen ble spørsmålet om bygging av et settefiskanlegg tatt opp av Alta Laksefiskeriers Intressentselskap, 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 1985-1989. 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.

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. Dette har vist seg å skape problemer for en god smoltifisering, noe som igjen fører til dårlig overlevelse for den utsatte fisken. En stor utfordring har derfor ligget i en regional tilpasning av produksjon av laks, sjørret og sjørøye til kultiveringsformål/ kompensasjonsutsettinger i forbindelse med vassdragsreguleringer.

Målet for smoltproduksjonsforsøket 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 med tanke på en mulig kompensasjonsutsetting i Altaelva i framtida. Prosjektet ble igangsatt i 1993 (se årsrapport for 1993) og resultatene for 1994 presenteres i denne oppdragsmeldingen.

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, februar 1995

Bengt Finstad  
Prosjektleder

## Innhold

Referat.....	3
Abstract.....	4
Forord.....	5
Innhold.....	5
1 Innledning.....	6
2 Metode og materiale.....	7
3 Resultater.....	11
3.1 Produksjonsforhold.....	11
3.2 Størrelse.....	13
3.3 Vandringslyst.....	14
4 Diskusjon.....	14
5 Litteratur.....	15

# 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; Heggberget et al. 1992). 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 villé 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 (Metcalfe 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 og 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). 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 og Wood 1974) og saltvannsakklimering (5-15 ‰) vist seg å være gunstig for å produsere en optimal smolt (Long et al. 1977).

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. Dette har vist seg å skape problemer for en god smoltifisering, noe som igjen fører til dårlig overlevelse for den utsatte fisken. 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 dette prosjektet har vært å produsere en laksesmolt som har bedre overlevelse og gjenfangst

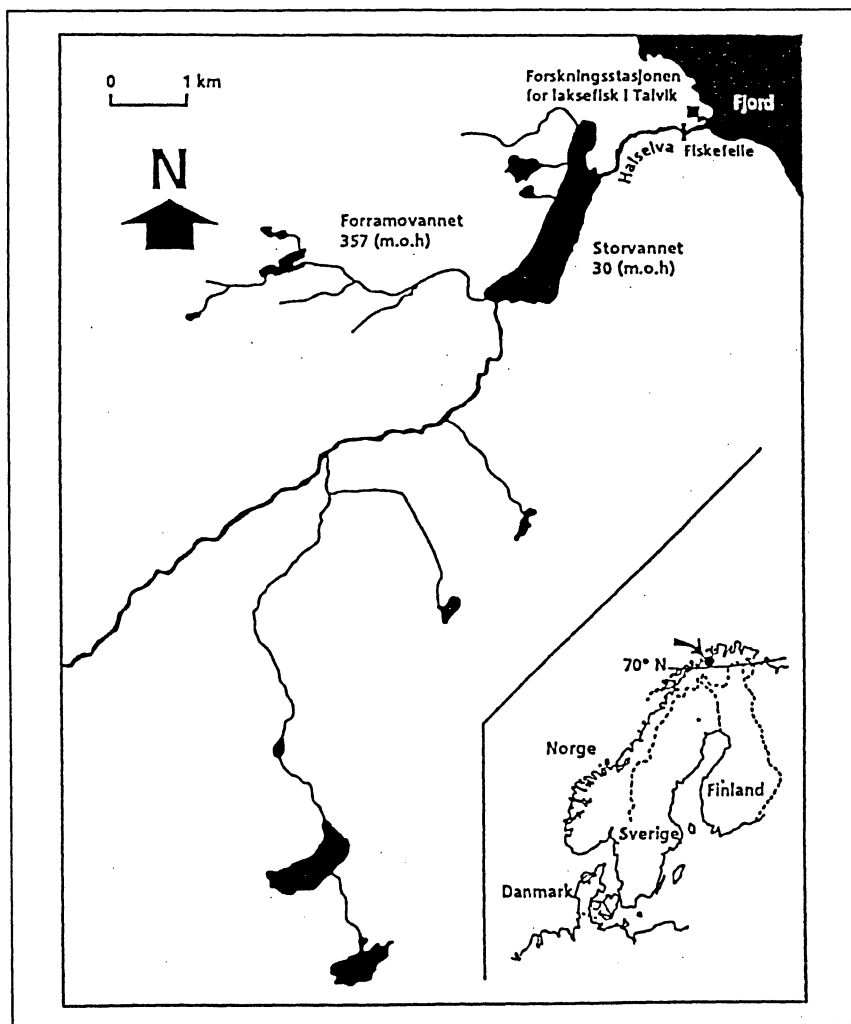
enn det som tidligere er oppnådd ved anlegget i Talvik med tanke på en mulig kompensasjonsutsetting i Altaelva i framtida.

## 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. 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 21/6-93 (se årsrapport for 1993). Disse eksperimentene ble utvidet i 1994 (tabell 1).

Gruppene 1-10 hadde samme bakgrunn, 1. generasjon Alta-laks innlagt den 23/10-91, dvs. toårssmolt til utsetting. Rogn ble innlagt på råvann fram til den 3/12-91, og deretter satt over på svakt oppvarmet vann ( $\approx 7^{\circ}\text{C}$ ) fram til den 2/3-92. Fisken ble holdt på oppvarmet vann over sommeren fram til den 4/9-92, og deretter på råvann fram til forsøksstart (se tabell 1). Etter innlegging og fram til februar 1992 var det 24 timers mørke, deretter en gradvis økning i lysmengden fra  $0,5 \mu\text{E}$  (mikroeinsteinstimer) til  $2 \mu\text{E}$  24 timer i døgnet under startfóringen og over sommeren. Fra den 28/8-92 til den 12/9-92 gikk fisken på  $7,7 \mu\text{E}$  hele døgnet. Deretter på simulert naturlig belysning med innlagt natt fram til den 26/4-93, da fisken fikk lys ( $7,7 \mu\text{E}$ ) hele døgnet over sommeren. I oktober fikk fisken igjen simulert natt, med 10 timer  $7,7 \mu\text{E}$  i døgnet, som ble holdt fram til forsøksstart (se tekst til tabell 1).



Figur 1 Kart over Halsvassdraget med settefiskanlegget og fella.



Gruppene 13 og 14 var 1. generasjon Alta-laks innlagt den 20/10-92, dvs. ettårssmolt til utsetting. Rogn ble innlagt på råvann fram til den 30/11-92, deretter på oppvarmet vann fram til den 19/7-93, og videre på råvann fram til forsøksstart (se tekst til **tabell 1**). Etter innlegging av rogn til utpå våren var det 24 timers mørke. Den 17/3-93 fikk fisken en gradvis økning i lysmengde, fra 0,5  $\mu\text{E}$  til 2  $\mu\text{E}$  i løpet av to dager. Fisken ble holdt på 2  $\mu\text{E}$  hele sommeren døgnet rundt fram til den 25/8-93 da lysmengden ble økt til 7,7  $\mu\text{E}$ , men redusert til 10 timer pr dag fram til forsøksstart (se **tabell 1**). **Figur 2** og **3** viser henholdsvis temperatur (oppvarmet vann og råvann) og lys i anlegget fra innlegging av rogn til utsetting.

'Tidlig lys' betyr at gruppen av laks hadde 7,7  $\mu\text{E}$  belysning 24 timer i døgnet fra uke 15 (11-17/4) og fram til utsetting. 'Seint lys' var 7,7  $\mu\text{E}$  belysning 24 timer i døgnet fra uke 19 (9-15/5) og fram til utsetting. 'Tidlig varmt vann' betyr at gruppen ble satt på oppvarmet vann fra uke 14 (4-10/4), 'seint varmt vann' fra uke 20 (16-22/5) fram til utsetting. Råvannstemperatur er den samme som temperaturen i Halselva på samme tid. Grupper satt ut ovenfor fella er satt ut i Halselva like nedenfor utløpet fra Storvatnet (**figur 1**).

Det ble foretatt sjøvannstester av de ulike produksjonsgruppene fire ganger utover våren (ukene 17, 20, 22 og 25) før utsetting. Det ble tatt blodprøver av 10 fisk fra hver gruppe i ferskvann (kontrollgruppe), 40 fisk fra hver gruppe ble så overført til sjøvann (34

‰). Etter 24 timer ble det tatt blodprøver av omlag 10 fisk fra hver gruppe. Analyser av klorid i blodplasmaet viste om fisken var en fullverdig smolt (dvs. verdier under 160 mmol l<sup>-1</sup>). Enkelt grupper hadde samme bakgrunn og behandling i anlegget, bare satt ut forskjellig sted. Her ble bare den ene av gruppene sjøvannstestet. Dette gjelder gruppe 3 og 5, 7 og 8, og 9 og 10.

Alle gruppene gikk på vanlig fôr helt fram til den 2/5-94. Da fikk gruppe 1-10 tilsatt salt i fôret, mens gruppe 13 og 14 gikk på vanlig fôr fram til den 1/6-94, og deretter på saltfôr fram til utsetting.

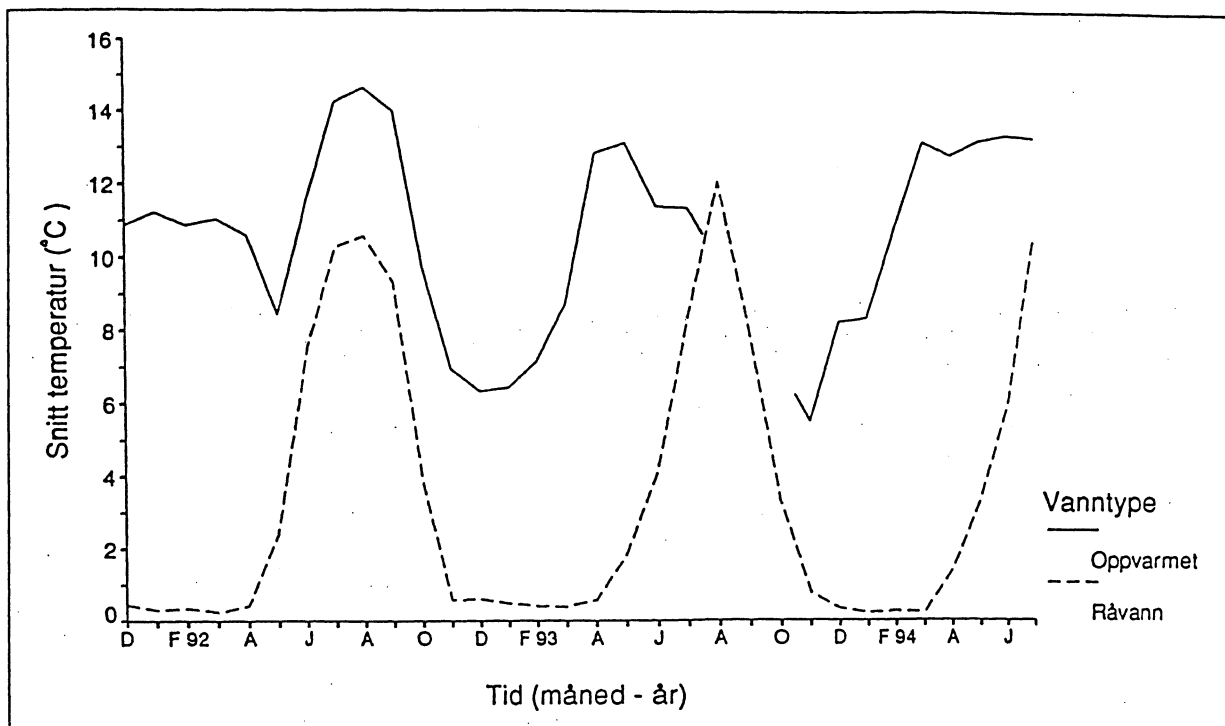
Fisken benyttet i forsøket var alle Carlinmerket, og ble satt ut samtidig med den naturlige smoltutvandringen i Halselva. All vill laksesmolt på vei ut ble registrert i fella med lengde, vekt og utvandringstidspunkt. Totalt 861 vill smolt vandret ut fra Halselva i 1994. Smolten fra forsøkene ble satt ut samtidig med hovedutvandringen av vill smolt (**figur 4**). Vandringslysten til fisk i de ulike gruppene ble registrert ettersom de passerte fella på nedvandring. De gruppene som ble satt ut nedenfor fella vil bli registrert med hensyn på gjenfangst og overlevelse ved tilbakevandring og sammenliknet med suksessen til vill smolt.

Temperatur i Halselva og i sjøen i utvandningsperioden for laks i Halselva er gitt i **figur 5**.

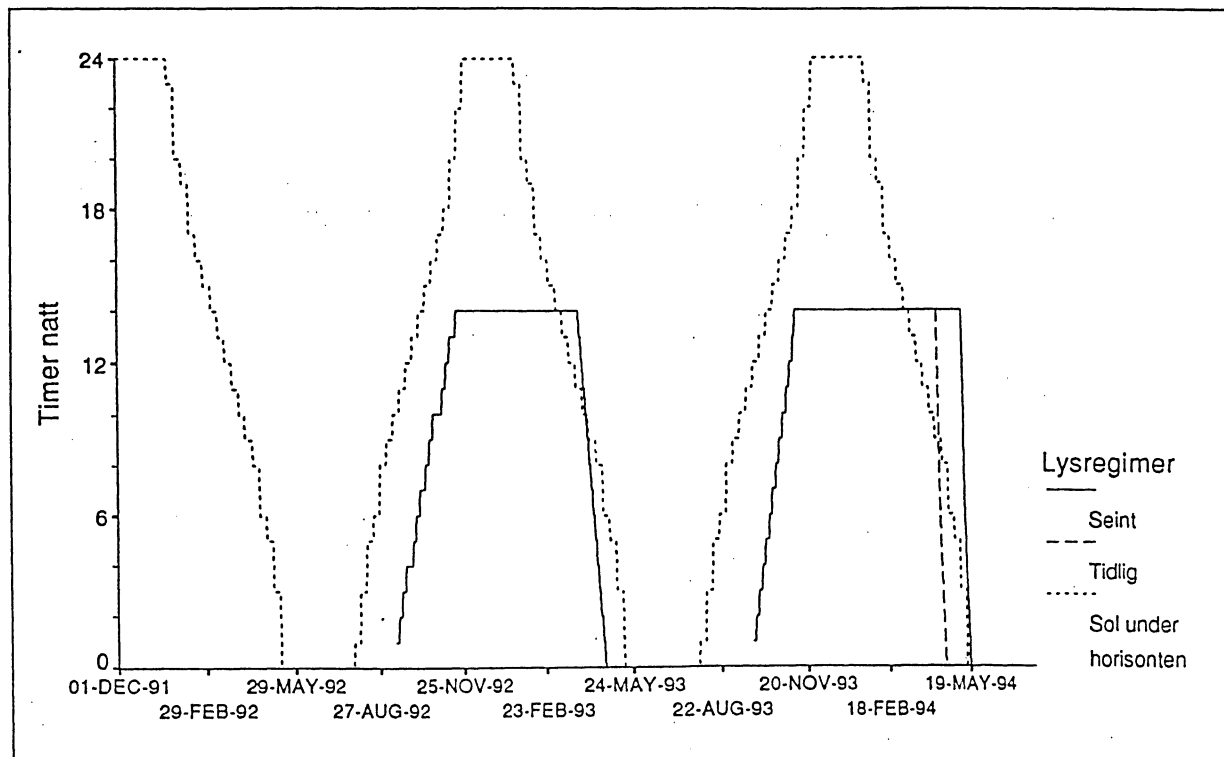
**Tabell 1** Oversikt over produksjonsforhold og utsettingsparametre for de ulike grupper laks benyttet i forsøkene 1994.

Gruppe	Lys	Temperatur	Alder	Utsettingssted	Utsettings-tidspunkt	Antall utsatt
1	Tidlig	Tidlig varmt vann	2	Ovenfor felle	23/6-94	125 *
2	«	«	2	«	«	106 *
3	Sent	Råvann	2	«	«	98
4	«	Seint varmt vann	2	«	«	130 *
5	«	Råvann	2	Nedenfor felle	20/6-94	1032 *
6	«	Seint varmt vann	2	Ovenfor felle	23/6-94	33 *
7	«	Råvann	2	«	«	95
8	«	«	2	Nedenfor felle	20/6-94	1291 *
9	«	«	2	Ovenfor felle	23/6-94	93 *
10	«	«	2	Nedenfor felle	20/6-94	1031 *
13	Tidlig	Tidlig varmt vann	1	Ovenfor felle	23/6-94	100 *
14	Sent	«	1	«	«	100 *

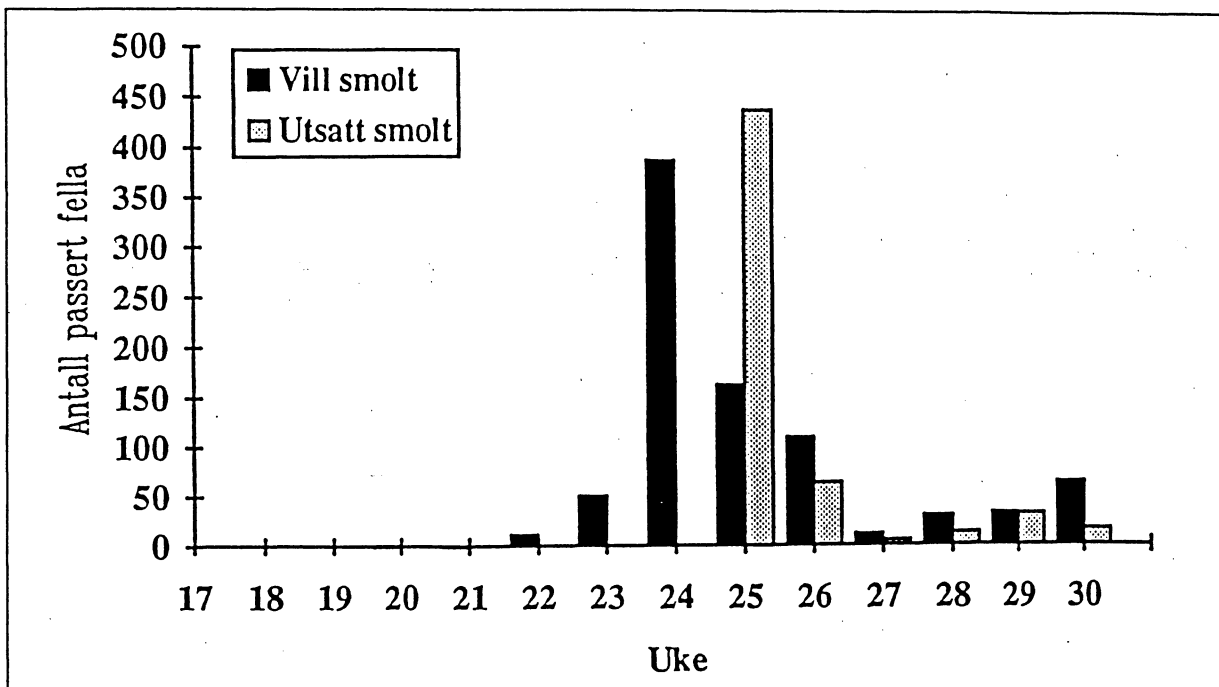
\* Sjøvannstestet.



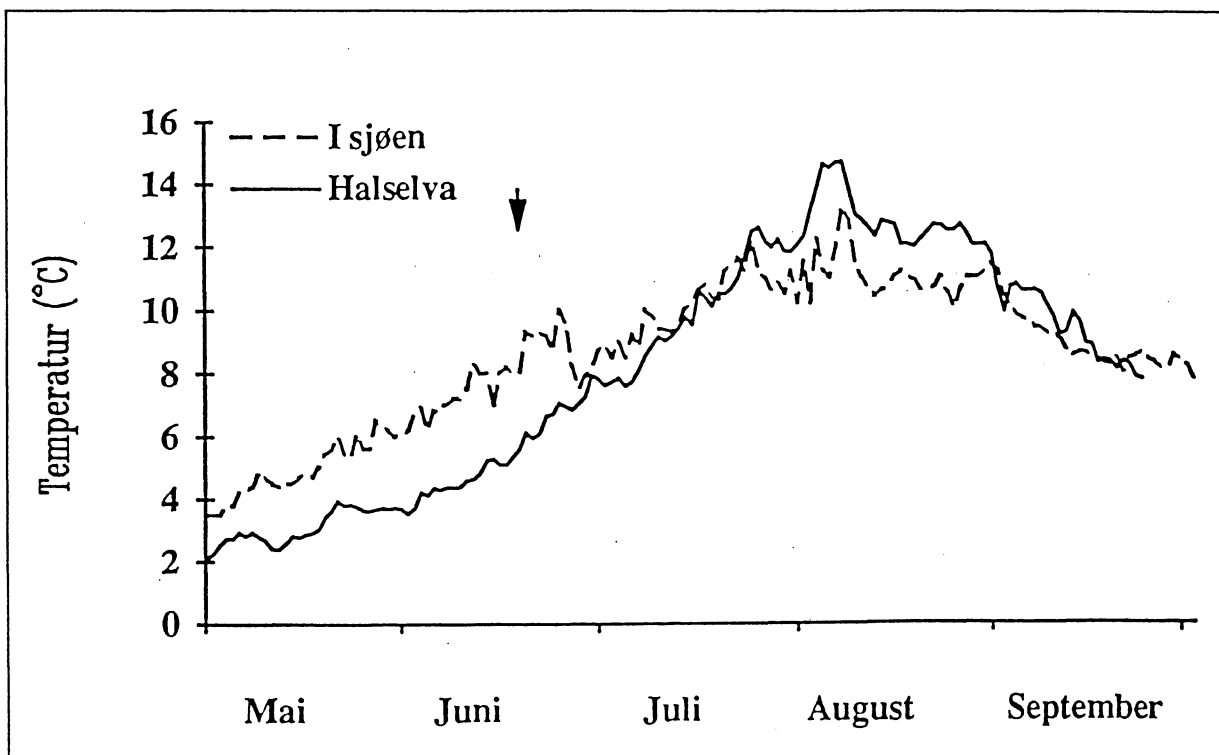
Figur 2 Temperatur °C på råvann og oppvarmet vann ved settefiskanlegget i Talvik fra desember 1991 til juli 1994.



Figur 3 Lysregimer ved settefiskanlegget i Talvik fra desember 1991 til juli 1994.



Figur 4 Utvandringstidspunkt for vill- og utsatt smolt i Halselva i 1994.



Figur 5 Temperatur (°C) i Halselva og i sjøen i utvandningsperioden for laks i Halselva i 1994. Pilen angir utsettingstidspunktet.

## 3 Resultater

### 3.1 Produksjonsforhold

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 fire ganger utover våren (uke 17, 20, 22 og 25). Resultatene er angitt som gjennomsnittlige verdier for hver gruppe (**tabell 2 og figur 6**).

Toårssmolt:

Startverdiene i uke 12 viste at fisken ikke var istand til å osmoregulere i sjøvann på dette tidspunktet. Av 31 fisk som ble overført til sjøvann døde det 15 fisk under denne testen i uke 12. I uke 17 døde det 2 fisk i henholdsvis gruppe 8 og 10, mens det i uke 20 døde 2 fisk i gruppe 8. Fra gruppe 1 og 2 ser vi at fisken som fikk tidlig lys (uke 15) og tidlig varmtvann (uke 14), utviklet en god sjøvannstoleranse allerede fra uke 17 og utover, med tendenser til en litt dårligere sjøvannstoleranse senere på sesongen. For gruppe 3 og 5, som fikk seint lys (uke 19) og

råvann, ble det ikke utviklet en god smolt før uke 22. Den lavere vanntemperaturen syntes å forsinke smoltifiseringen her. Gruppe 4 og 6 som fikk seint lys og seint varmtvann (uke 20), utviklet til sammenlikning med gruppe 1 og 2 ikke noen grad av sjøvannstoleranse før i uke 22. Gruppe 8 og 10 med seint lys og råvann hadde ikke noen grad av sjøvannstoleranse før i uke 25. Fisk fra gruppe 10 som var større enn fisk fra gruppe 8 syntes å få en raskere sjøvannstoleranse.

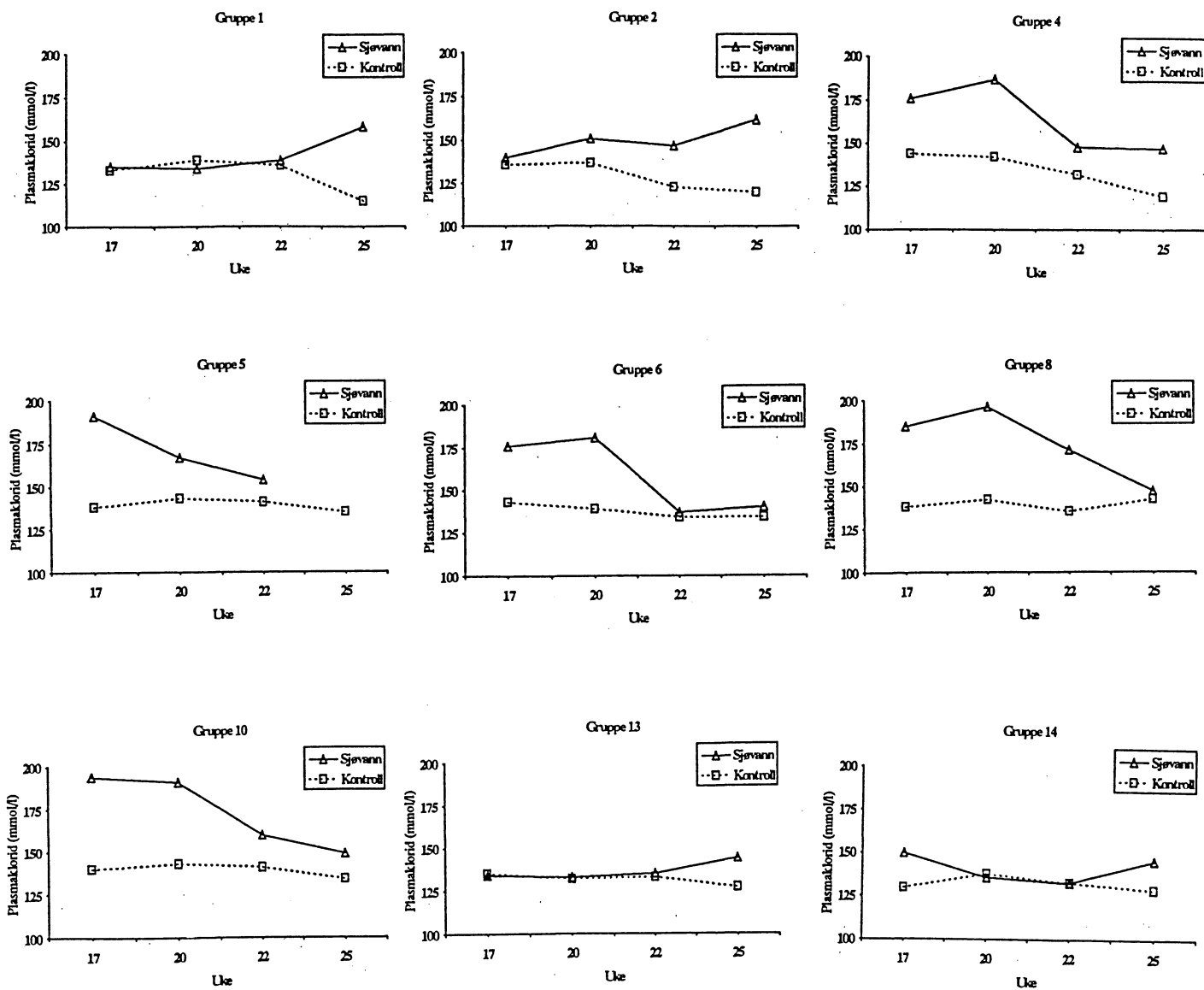
Ettårssmolt:

For gruppe 13, som fikk tidlig lys (uke 15) og tidlig varmtvann (uke 14), var en god sjøvannstoleranse etablert allerede i uke 17. Det døde 5 fisk under sjøvannstesten for denne gruppen i uke 15. For gruppe 14, som fikk seint lys (uke 19) og seint varmtvann (uke 20), ble sjøvannstoleransen etablert noe senere.

Disse resultatene viser at det er mulig å styre smoltifiseringen til en gitt tid ved hjelp av manipuleringer med lys og temperatur. De gruppene som ble satt på tidlig lys og tidlig varmtvann fikk en tidligere smoltifisering enn de gruppene som fikk økning i lysmengde sent på våren og som gikk på råvann eller fikk seint oppvarmet vann.

**Tabell 2** Sjøvannstest med plasmakloridverdier ( $\text{mmol l}^{-1}$ ) for de ulike gruppene i smoltproduksjonsforsøket i 1994. Ettårssmolt er angitt med en stjerne (\*). Antall fisk i hver test  $\approx 10$ , standardavvik (sd) er angitt. Fra uke 12 ble det tatt startprøver av toårssmolten før den ble splittet i de ulike produksjonsgruppene. Plasmakloridverdiene i sjøvann var på  $200,6 \pm 16,9 \text{ mmol l}^{-1}$  (vekt:  $56,3 \pm 26,6 \text{ g}$ ).

Gruppe	Uke 17 ( $\text{mmol l}^{-1}$ $\pm$ sd)	Uke 20 ( $\text{mmol l}^{-1}$ $\pm$ sd)	Uke 22 ( $\text{mmol l}^{-1}$ $\pm$ sd)	Uke 25 ( $\text{mmol l}^{-1}$ $\pm$ sd)	Antall testet
1	135,3 $\pm$ 3,9	133,8 $\pm$ 4,2	138,9 $\pm$ 5,2	157,5 $\pm$ 11,5	39
2	139,8 $\pm$ 3,7	151,0 $\pm$ 16,9	146,7 $\pm$ 56,8	162,0 $\pm$ 18,6	37
4	175,5 $\pm$ 13,6	187,1 $\pm$ 26,2	147,8 $\pm$ 12,3	147,1 $\pm$ 4,5	39
5	190,5 $\pm$ 17,5	167,5 $\pm$ 9,5	154,2 $\pm$ 16,3	-	31
6	176,4 $\pm$ 6,9	180,6 $\pm$ 14,2	136,9 $\pm$ 2,3	139,6 $\pm$ 3,0	40
8	184,9 $\pm$ 23,5	195,6 $\pm$ 27,2	170,9 $\pm$ 23,1	146,8 $\pm$ 3,8	35
10	194,4 $\pm$ 15,7	190,8 $\pm$ 18,8	160,1 $\pm$ 17,1	148,7 $\pm$ 9,3	38
13	134,4 $\pm$ 4,4	133,3 $\pm$ 3,0	135,4 $\pm$ 2,9	144,2 $\pm$ 3,7	45
14	149,8 $\pm$ 21,2	135,8 $\pm$ 3,0	132,8 $\pm$ 3,3	145,5 $\pm$ 6,8	40



Figur 6 Gjennomsnittlige verdier for plasmaklorid ( $\text{mmol l}^{-1}$ ) hos laksesmolt utsatt for en 24 timers sjvannstest i ukene 17, 20, 22, 25. For videre forklaring se tabell 1, 2 og 3.

### 3.2 Størrelse

Det er kjent at smoltens størrelse har betydning for evne til sjøvannstoleranse (Parry 1958; Hoar 1988). Fisk fra våre eksperimenter har nådd en viss minimumsstørrelse før smoltifisering, slik at det er liten sammenheng mellom størrelse (vekt, g) og tidspunkt for smoltifisering hos sammenlignbare grupper i forsøket (**tabell 3**).

Gruppe 1 hadde signifikant lavere vekt enn gruppe 2 (T-test,  $t=6,20$ ,  $df=76$ ,  $P<0,05$ ), men begge gruppene regulerte godt allerede i uke 17. Gruppe 4 og 6 hadde

også signifikant forskjellig vekt ( $t=10,29$ ,  $df=77$ ,  $P<0,05$ ), men begge utviklet sjøvannstoleranse sent, i uke 22. Gruppe 8 var signifikant mindre i størrelse enn gruppe 10 ( $t=7,52$ ,  $df=78$ ,  $P<0,05$ ), og det kunne synes som om gruppe 10 på grunn av dette regulerte bedre enn gruppe 8 i uke 22. Ett-åringene (gruppe 13 og 14) hadde signifikant lavere vekt enn toåringene, men utviklet sjøvannstoleranse tidlig, henholdsvis i uke 17 og 20 ( $t=7,88$ ,  $df=366$ ,  $P<0,05$ ).

Gjennomsnittlig vekt var lavere hos vill smolt ved utvandring ( $23,1 \pm 9,0$  g,  $N=861$ ) enn hos smolten fra forsøkene som passerte fella ( $88,9 \pm 39,2$  g  $N=567$ ) ( $t=47,37$ ,  $df=1426$ ,  $P<0,05$ ) (**tabell 4**).

**Tabell 3** Gjennomsnittlig vekt (g) hos de ulike gruppene sjøvannstestet i uke 17, 20, 22 og 25. Standardavvik (sd) er angitt.

Gruppe	Uke 17	Uke 20	Uke22	Uke25	Antall testet
1	52,0 ± 15,6	53,6 ± 11,5	58,9 ± 14,5	77,8 ± 12,5	39
2	94,4 ± 27,6	100,2 ± 19,8	94,2 ± 49,6	109,4 ± 39,9	39
4	88,1 ± 19,2	84,2 ± 35,7	93,0 ± 28,2	100,6 ± 31,6	39
5	72,8 ± 28,1	96,5 ± 30,6	107,3 ± 29,4	120,8 ± 37,2	31
6	35,2 ± 9,2	32,6 ± 10,7	47,9 ± 19,8	39,6 ± 6,9	40
8	37,9 ± 21,6	32,3 ± 9,4	40,3 ± 13,3	49,7 ± 15,4	35
10	66,8 ± 25,2	72,7 ± 19,6	80,2 ± 31,5	98,9 ± 31,6	38
13	27,6 ± 4,5	45,4 ± 3,9	61,2 ± 11,0	69,7 ± 11,2	45
14	23,5 ± 4,6	34,2 ± 3,0	41,1 ± 6,8	56,8 ± 8,3	40

**Tabell 4** Gjennomsnittlig lengde (cm) og vekt (g) hos de ulike grupper smolt som passerte fella.

Gruppe	Lengde ± sd	Vekt ± sd	Antall vandret ut
1	210 ± 15,5	82,5 ± 18,6	100
2	258 ± 24,5	148,4 ± 46,2	70
3	218 ± 24,2	97,1 ± 30,5	79
4	222 ± 21,9	96,9 ± 28,8	103
6	173 ± 14,0	45,5 ± 11,6	25
7	168 ± 10,5	41,6 ± 9,1	55
8	235 ± 0,0	114,0 ± 0,0	1
9	219 ± 20,6	90,7 ± 24,7	73
10	215 ± 0,0	84,0 ± 0,0	1
13	204 ± 11,6	75,4 ± 13,7	29
14	186 ± 13,1	55,8 ± 9,1	32

### 3.3 Vandringslyst

Sjøvannstester gir en god indikasjon på om smolten fysiologisk er i stand til å tåle overgangen fra ferskvann til sjøvann, men ved smoltutsetninger er det avgjørende om den også er motivert og atferdsmessig klar til å vandre ut. Våre resultater viste at toåringene satt ut ovenfor fella hadde høy utvandringsprosent ( $\approx 75\%$ ), mens hos ettåringene var utvandringen dårlig ( $\approx 30\%$ ) (tabell 5).

**Tabell 5** Vandringslyst hos laksesmolt satt ut nedenfor utløpet av Storvatnet i 1994.

Gruppe	Antall utsatt	Antall passert fella	Andel (%) utvandring
1	125	100	80,0
2	106	70	66,0
3	98	79	80,6
4	130	103	79,2
6	33	25	75,8
7	95	55	57,9
9	93	73	78,5
13	100	32	32,0
14	100	28	28,0

## 4 Diskusjon

Tidspunkt for smoltutvandring varierer med temperatur og fotoperiode, som er faktorer knyttet til breddegrad (Farmer et al. 1978). Langs norskekysten ser utvandringen av laksesmolt ut til å være tilpasset en sjøtemperatur på 7-9 °C (Heggberget et al. 1993). Temperaturer under 6 °C i sjøen fører til osmoreguleringsproblemer hos laksen (Sigholt og Finstad 1990). I Imsa i Rogaland (59 °N) vandrer smolten ut i begynnelsen av mai (Jonsson og Ruud-Hansen 1985), i Orkla i Sør-Trøndelag (63 °N) i midten av mai (Hesthagen og Garnås 1986), i Salangen i Troms (69 °N) begynner smolten å vandre i slutten av mai (Nordeng 1977), mens i Altaelva (70 °N) starter utvandringen i siste halvdel av juni (Heggberget et al. 1993).

Ved produksjon av laksesmolt for utsetting i vassdrag i sør er det viktig å produsere smolt som smoltifiserer og er store nok til å settes ut på samme tid som villsmolten vandrer ut. I nord er den naturlige utvandringsperioden senere. Det er derfor viktig at fisken ikke smoltifiserer for tidlig da man får en større andel som desmoltifiserer før utsetting (Loyenko og Chernitskiy 1984).

Våre resultater viser at man kan styre smoltifiseringen til en gitt tid ved hjelp av manipuleringer med lys og temperatur. De gruppene som fikk tidlig lys og oppvarmet vann, fikk en tidligere smoltifisering enn de gruppene som fikk økning i lysmengde sent på våren og som gikk på råvann eller fikk seint oppvarmet vann. De gruppene som smoltifiserte tidlig på våren, åtte uker før utsetting, fikk en gradvis dårligere evne til å regulere utover mot utsettingstidspunktet. Det samme skjedde med fisken som smoltifiserte 3 uker før utsetting. De gruppene som ikke fikk lys før 5 uker før utsetting, og som gikk på råvann, dvs. samme temperatur som i elva, smoltifiserte like før utsetting. Med tanke på smoltifiseringstidspunkt og sjansen for å desmoltifisere, bør smolten som skal settes ut i Atlaelva høst og vår før utsetting få tilnærmet samme forhold i anlegget som den naturlige fotoperiode og elvetemperatur villsmolten opplever på denne breddegraden.

Det er også vist at en viss minimumsstørrelse er nødvendig før laksefiskene kan smoltifisere og overleve i sjøvann (Houston 1961; Parry 1966; Wedemeyer et al. 1980; Hoar 1988). Det er imidlertid en avveining mellom rask vekst og tidspunkt for smoltifisering. Vokser fisken for raskt i anlegget vil man få en økt andel av fisken som kjønnsmodner, og som dermed forhindrer smoltifisering (Thorpe et al. 1983; Saunders et al. 1982). Fisken i vårt forsøk var gjennomsnittlig større enn villsmolten, slik at de hadde passert minimumsstørrelsen som må til for å

smoltifisere. Vi finner derfor ingen forskjell i smoltifiseringstidspunkt eller vandringslyst som kan skyldes størrelsesforskjeller mellom gruppene.

Utsettingsstedets lokalisering i forhold til elveutløpet har vist seg å være av stor betydning for smoltens overlevelse når den går fra ferskvann til sjøvann. Løyenko og 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 og Lea 1982; Einarsson et al. 1987). I vårt forsøk ble smolten satt ut ca 2 km ovenfor utløpet av Halselva, og resultatene viste god vandringslyst på toårssmolten (75 %), men betydelig dårligere for ettårssmolten (30 %). Dette kan skyldes at ettårssmolten har begynt å desmoltifisere, siden de viste god sjøvannstoleranse allerede åtte uker før utsetting og testene viser en tendens til dårligere toleranse like før utsetting.

Resultatene har vist at det er mulig å styre smoltifiseringen til et gitt tidspunkt ved hjelp av manipuleringer av lys og temperatur. Det bør arbeides videre med de gruppene som har gitt de beste resultatene med hensyn på sjøvannstestene for å oppnå den optimale smolten tilpasset disse nordlige breddegradene. Vi vil videre gå inn og undersøke om det er hensiktsmessig å produsere ett- eller toårssmolt til utsetting. Utvandringforsøkene bør følges opp med analyse av overlevelse i sjøen.

Sjøvannstestene har vist hvilke grupper som overlever i sjøvann, men ved slike smoltutsettinger er det avgjørende om fisken også er motivert og atferdsmessig klar til å vandre ut. Evalueringen av vekst og overlevelse (tilbakevandring) til hjemvassdraget må også klarlegges. Dette vil vi ikke få svar på før vi får de første gjenfangster i de kommende år og dermed kan foreta en evaluering av hvilke produksjonsgrupper som er optimale med hensyn på sjøvannstoleranse, vekst og overlevelse for kompensasjonsutsettinger i Altaelva. Det bør deretter velges ut utsettingsgrupper >3000 smolt for å foreta grundige overlevingsanalyser.

## 5 Litteratur

- Clarke, W.C. 1989. Photoperiod control of smolting: A review. - *Physiol. Ecol. Japan, Spec. Vol.*, 1:497-502.
- Clarke, W.C., J.E. Shelbourn, & 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.
- 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.
- 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.
- Heggberget, T.G., Staurnes, M. Strand, R. & Husby, J. 1992. Smoltifisering hos laksefisk. - NINA Forskningsrapport 31: 1-42
- Heggberget, T.G., Johnsen, B.O., Hindar, K., Jonsson, B., Hansen, L.P., Hvidsten, N.A. & Jensen, A.J. 199. Interactions between wild and cultured salmon: a review of the Norwegian experience. - *Fish. Res.* 18: 123-146.
- Hesthagen, T. & Garnås, E. 1986. Migration of Atlantic salmon smolts in river Orkla of central Norway in relation to management of a hydroelectric station. - *North Am. J. Fish. Manag.* 6: 376-382.
- Hoar, W.S. 1988. The physiology of smolting salmonids, p. 275-343. - In W.S. Hoar and D.J. Randall [red.] *Fish physiology: The physiology of developing fish. Viviparity and posthatching juveniles*, volume XIB. Academic Press, New York, NY.
- 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.
- Jonsson, B. & Ruud-Hansen, J. 1985. Water temperature as the primary influence on timing of seaward migrations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42:593-595.



- 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: J.F. Muir and R.J. Roberts [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.
- Nordeng, H. 1977. A pheromone hypothesis for homeward migration in anadromous salmonids. - *Oikos* 28: 155-159.
- Metcalfe, N.B., J.E. Thorpe, & F.A. Huntingford. 1988. Determinants of variation in life-history strategies in Atlantic salmon. - Abstract, 2<sup>nd</sup>. Internat. Conf. Behav. Ecol. Vancouver, Canada.
- 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. - In M.V. Smith & W.M. Carter (eds.). - *Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Vol. 4*: 219-226.
- 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.
- 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.
- Saunders, R.L. E.B. Henderson, & B.D. Glebe. 1982. Precocious sexual maturation and smoltification in male Atlantic salmon (*Salmo salar*). - *Aquaculture* 28: 211-229.
- 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.
- Thorpe, J.E., Morgan, R.I.G., Talbot, C., & Miles, M.S. 1983. Inheritance of development rates in Atlantic salmon. *Salmo salar*, L. - *Aquaculture* 33: 119-128.
- 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 (*Oncorhynchus 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. - *Marine Fisheries Reviews* 42: 1-14.

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0545-9

330

**NINA  
OPPDRAGS-  
MELDING**

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

**NINA  
Norsk institutt  
for naturforskning**