

341

# OPPDRAKSMELDING

Testing av smoltkvaliteten hos laks  
og sjøørret på  
smoltproduksjonsanleggene i  
Eidfjord, Eikesdalen og Lundamo

Bengt Finstad  
Martin Iversen



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Testing av smoltkvaliteten hos laks  
og sjøørret på  
smoltproduksjonsanleggene i  
Eidfjord, Eikesdalen og Lundamo

Bengt Finstad  
Martin Iversen

## 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

Det 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)

### 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. & Iversen, M. 1995. Testing av smoltkvaliteten hos laks og sjørøret på smoltproduksjonsanleggene i Eidfjord, Eikesdalen og Lundamo. - NINA Oppdragsmelding 341: 1-21.

Trondheim, april 1995

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0562-9

Rettighetshaver ©:  
NINA•NIKU Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon: Tor G. Heggberget

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout: Hilde Meland

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

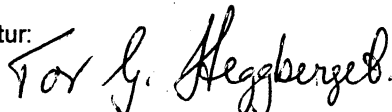
Opplag: 150

Kontaktadresse:  
NINA•NIKU  
Tungasletta 2  
7005 Trondheim  
Tel: 73 58 05 00  
Fax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13307

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

STATKRAFT

## Referat

Finstad, B. & Iversen, M. 1995. Testing av smoltkvaliteten hos laks og sjøørret på smoltproduksjonsanleggene i Eidfjord, Eikesdalen og Lundamo. - NINA Oppdragsmelding 341: 1-21.

Prosjektets hovedmål var å teste smoltkvaliteten hos sjøørret- og laksesmolt produsert på Statkrafts settefiskanlegg ved Eidfjord, Eikesdalen og Lundamo. Målsetningen var å produsere en ørret- og laksesmolt med morfologiske, fysiologiske og økologiske kvaliteter mest mulig lik villsmolt ved å utvikle produksjonsregimer for en optimal smoltproduksjon. I tillegg ønsket en å lære opp de ansatte ved disse smoltanleggene til å gjennomføre prøvetakingsprosedyrene slik at man i nær framtid selv kunne følge utviklingen av smoltifiseringsprosessen, og dermed kontrollere kvaliteten av den produserte smolten.

Resultatene så langt har vist at både sjøørret og laks testet ved produksjonsanlegget i Eidfjord hadde en god osmoreguleringsevne etter at fisken ble eksponert for en standardisert sjøvannstest to perioder før utsetting. Lysstyringen var ikke ideell ved dette anlegget slik at innblandingen av sjøvann i produksjonskarene kan ha bidratt til å øke smoltifiseringsutviklingen fram mot utsetting. Dette aspektet undersøkes nærmere i 1995. Utsettingsmetoden ved dette anlegget medfører unødig mye håving og bør forbedres. I og med at det ikke er utført noen merkeforsøk på utsettingsmaterialet vet man ikke noe om fiskens overlevelse og tilvekst i sjøen. Dette bør undersøkes i de kommende år.

I Eikesdalen viste resultatene fra testingen av sjøørret og laks at fisken ikke osmoregulerte i de tre periodene den ble testet før utsetting. Det var også stor dødelighet under testperiodene. Dette skyldes sannsynligvis en ufullstendig lysstyring gitt ved dette anlegget i perioden 1993/1994. Utsettingsmetoden ved dette anlegget medfører unødig mye håving og bør forbedres. Det er foretatt merkeforsøk på fisk fra Eikesdalen tidligere og gjenfangstdataene derfra har vært lave. Dette kan sannsynligvis settes i sammenheng med at den utsatte fisken fra dette vassdraget ikke hadde den nødvendige osmoregulatoriske kapasiteten for å mestre overgangen fra ferskvann til sjøvann. Merkeforsøk av denne fisken bør følges opp i de kommende år. I tillegg bør det vurderes å saltføre denne fisken en måned før utsetting.

Fra smolttestingene ved vinteranlegget på Ler viste resultatene at laksesmolten produsert ved dette anlegget hadde en meget god osmoreguleringsevne. Dette kan sannsynligvis tilskrives gode sorteringsrutiner, samt at fisken god tid i forveien fikk tilført naturlig belysning

gjennom taket. Utsettingsmetoden ved dette anlegget medfører unødig mye håving og bør forbedres. Merkeforsøk av denne fisken bør også følges opp i de kommende år.

Emneord: Smoltproduksjon, laks, ørret, sjøvannstoleranse, overlevelse.

Bengt Finstad, Norsk Institutt for Naturforskning, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim, Martin Iversen, Brattøra Forskningscenter, UNIT, AVH, Zoologisk institutt, N-7055 Dragvoll.

## Abstract

Finstad, B. & Iversen, M. 1995. Seawater tolerance testing of Atlantic salmon and sea trout at the hatcheries in Eidfjord, Eikesdalen and Lundamo. - NINA Oppdragsmelding 341: 1-21.

The main aim of this project was to test the seawater tolerance of sea trout and Atlantic salmon at the hatcheries in Eidfjord, Eikesdalen and Lundamo. The aim was also to optimize production regimes to produce smolts of sea trout and Atlantic salmon with morphological, physiological and ecological qualities similar to wild smolts. In addition, it is a goal to learn the employees at these hatcheries to perform tests to follow the smoltification process.

The results so far showed that both sea trout and Atlantic salmon smolts tested at Eidfjord had a good osmoregulatory capacity after a seawater challenge test. The light regimes in the hatchery was suboptimal so that it is supposed that the addition of seawater in the rearing tanks have increased the smoltification process. This should be tested in 1995. The release strategies of fish at this location includes much handling stress and must be improved. Physiological analyses during this process are recommended. Tagging experiments should also be carried out to test the survival of the released fish.

At Eikesdalen the seawater tolerance tests showed a poor survival of both sea trout and Atlantic salmon in the three test periods before the fish were released. This is probably due to suboptimal light regimes in the hall during the period 1993/1994. The release strategies of fish at this location includes much handling stress and should be improved. Physiological analyses during this process should be carried out. Earlier releases of tagged fish from Eikesdalen have shown a poor recapture rate. This may be due to the poor osmoregulatory capacity of the released fish. Tagging experiments should be continued in the coming years. Saltfeeding of the fish one month prior to release are also suggested.

The results from the fish tested at Ler showed that Atlantic salmon smolts tested during the seawater challenge test had a good osmoregulatory capacity. This may partly be due to good routines for sorting the fish and also that the released fish experienced a natural light regime through roof windows some months prior to release. The release strategies of fish at this location includes much handling stress. Physiological analyses during this process should be carried out. Tagging experiments are also recommended in the future.

**Keywords:** Smoltproduction, Atlantic salmon, sea trout, seawater tolerance, survival.

Bengt Finstad, Norsk Institutt for Naturforskning, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim, Martin Iversen, Brattøra Forskningscenter, UNIT, AVH, Zoologisk institutt, N-7055 Dragvoll.

## Forord

Energiforsyningens Fellesorganisasjon (ENFO) og Statkraft har tidligere bekostet en litteraturutredning om smoltifisering hos laksefisk (Heggberget et al. 1992, NINA Forskningsrapport 31). Intensjonen var at denne litteraturutredningen eventuelt skulle følges opp med praktiske forsøk på anlegg som produserte smolt. Tidligere fysiologiske og/eller økologiske undersøkelser på utsettingsmaterialet er gjennomført på forskningsstasjonene i Talvik og på lms, foruten på produksjonsanlegget i Aurland.

Statkraft startet i 1994 et FOU-prosjekt om bedring av smoltkvaliteten på produksjonsanleggene. NINA og ENFO ble i denne sammenhengen kontaktet med tanke på å få samordnet de undersøkelsene som allerede utføres, foruten å kunne organisere et større prosjekt hvor alle større smoltanlegg kunne være med.

Prosjektets hovedmål var å teste smoltkvaliteten ved disse anleggene. Målsetningen er å produsere en ørret- og laksesmolt med morfologiske, fysiologiske og økologiske kvaliteter mest mulig lik villsmolt. Dette ved å utvikle produksjonsregimer for en optimal smoltproduksjon. I tillegg ønsket en å lære opp de ansatte ved disse smoltanleggene til å gjennomføre prøvetakingsprosedyrene slik at man i nær framtid selv kunne følge utviklingen av smoltifiseringsprosessen, og dermed kontrollere kvaliteten av den produserte smolten. Anleggene ved Eidfjord, Eikesdal og Lundamo ble undersøkt i 1994.

De ansatte på de aktuelle anleggene takkes for et godt samarbeid. Dette prosjektet er finansiert av Statkraft, samt at resultater fra andre relevante prosjekt har vært benyttet i dette prosjektet.

Trondheim, april 1995.

Bengt Finstad  
Prosjektleder

## Innhold

Referat.....	3
Abstract .....	4
Forord.....	5
1 Innledning .....	6
1.1 Smoltifisering.....	6
1.1.1 Begrepene smolt og smoltifisering .....	6
1.1.2 Utseende og adferd .....	6
1.1.3 Osmoregulering og osmoregulatorisk kapasitet .....	6
1.2 Regulering av smoltifisering.....	7
1.2.1 Lys.....	7
1.2.2 Temperatur.....	7
2.0 Metode og materiale .....	8
2.1 Blodprøver.....	8
2.2 Sjøvannstest.....	8
2.3 Analyser og registreringer .....	8
2.3.1 Kondisjonsfaktor .....	8
2.3.2 Visuell smoltklassifisering .....	8
2.3.3 Plasmaklorid .....	8
2.3.4 Statistisk behandling .....	8
3 Resultater .....	9
3.1 Eidfjord.....	9
3.1.1 Forsøksfisk .....	9
3.1.2 Lysregimer.....	9
3.1.3 Lyssetting .....	10
3.1.4 Vannkvalitet.....	10
3.1.5 Fôring .....	10
3.1.6 Utsettingsmetode.....	10
3.1.7 Kondisjonsfaktor .....	10
3.1.8 Visuell smoltklassifisering .....	11
3.1.9 Sjøvannstester - Sjørret.....	11
3.1.10 Sjøvannstester - Laks .....	12
3.2 Eikesdal.....	12
3.2.1 Forsøksfisk .....	12
3.2.2 Lysregimer.....	12
3.2.3 Lyssetting .....	13
3.2.4 Vannkvalitet.....	13
3.2.5 Fôring .....	13
3.2.6 Utsettingsmetode.....	13
3.2.7 Kondisjonsfaktor .....	13
3.2.8 Visuell smoltklassifisering .....	14
3.2.9 Sjøvannstester - sjørret .....	14
3.2.10 Sjøvannstester - Laks .....	14
3.3 Lundamo .....	15
3.3.1 Forsøksfisk .....	15
3.3.2 Lysregimer.....	16
3.3.3 Lyssetting .....	16
3.3.4 Vannkvalitet.....	16
3.3.5 Fôring .....	16
3.3.6 Utsettingsmetode.....	16
3.3.7 Kondisjonsfaktor .....	16
3.3.8 Visuell smoltklassifisering .....	16
3.3.9 Sjøvannstester - Laks .....	16
4 Diskusjon .....	18
5 Litteratur .....	20



# 1 Innledning

I forbindelse med oppdrett er kravet at en god laksesmolt skal være i stand til å overleve og vokse normalt etter utsetting i sjø. En fisk produsert til kompensasjonsutsettinger i vassdrag må også ha en normal vandrings- og antipredatoradferd etter utsetting (Staumes og Måsøval 1991). Dette skjerper kvalitetskravet for slike utsettinger.

## 1.1 Smoltifisering

### 1.1.1 Begrepene smolt og smoltifisering

Atlantisk laks (*Salmo salar*) tilhører en gruppe anadrome laksefisk som gjennomgår en omdannelse fra et liv i ferskvann til et liv i sjøen (Hoar 1988). Denne omdannelsen kalles smoltifisering og er et samlebegrep på den synkroniserte prosessen av morfologiske, atferdsmessige og fysiologiske forandringer som gjør lakseyngelen (parr) i stand til å overleve, vokse og vandre til sjøen (Folmar & Dickhoff 1980; McCormick & Saunders 1987; Hoar 1988). Begrepet smolt blir vanligvis kun benyttet om fisk som vandrer ut for første gang (Staumes & Måsøval 1991).

### 1.1.2 Utseende og adferd

I elva er lakseyngelen (parr) bunnlevende og territoriell. Karakteristisk draktfarge er mørk brun-grønn med store parmerker på sidene (Folmar & Dickhoff 1980). Parren er stasjonær og viser positiv rheotaxi<sup>1</sup> (Symons 1976). Under smoltifiseringen blir parmerkene som er lokalisert dypt i dermis skjult på grunn av akkumulering av puriner<sup>2</sup> (guanin og hypoxanthin) i de øvre lag av dermis og i skjellene (Johnston & Eales 1967). Purinlaget gir smolten det typiske utseendet med blanke sider, lys buk og mørk rygg (Johnston & Eales 1970; Hoar 1988). Finnene mørkner gradvis i ytterkant (Wedemeyer *et al.* 1980). Kondisjonfaktoren går ned, noe som medfører en slankere kroppsform. Nedgangen skyldes nedbrytning av fettvev og økt lengdevekst (Hoar 1988).

Ved smoltifisering skjer det store endringer i fiskens atferd. Smolten viser en tendens til å slippe seg med strømmen (negativ rheotaxi), avtagende aggressivitet og en tendens til å samles i stimer (Folmar & Dickhoff

1980). En markert reduksjon i svømmeevnen er også observert i denne delen av livsfasen (Smith 1982).

### 1.1.3 Osmoregulering og osmoregulatorisk kapasitet

De fleste teleoster (beinfisker) er osmoregulatorer<sup>3</sup> som opprettholder sin blodplasma osmolalitet innen en snever grense (290-340 mOsmol/l), uavhengig av saliniteten i det ytre miljø (McCormick & Saunders 1987). I ferskvann er laksefiskene hyperosmotisk<sup>3</sup> slik at vann diffunderer inn og ioner ut (Evans 1979). Ionetapet kompenseres ved aktivt opptak av monivalente ioner (Na<sup>+</sup> og Cl<sup>-</sup>) over gjellene (Evans 1984). Den glomerulære filtrasjonsrate og nyrenes reabsorpsjon er høy slik at vannoverskuddet i fisken skilles ut via en hypoton (fortynnet) urin (Foskett *et al.* 1983).

I sjøvann er laksefiskene hypoosmotisk<sup>3</sup>, og i en konstant fare for dehydrering gjennom tap av kroppsvæske og økt ioneinnstrømming (Evans 1979). Vann- tapet til omgivelsene erstattes via oralt inntak av sjøvann samtidig som den glomerulære filtrasjonsraten er lav (McCormick & Saunders 1987). Overskuddet av monovalente ioner skilles ut via gjellene (Payan & Girard 1984) og et overskudd av divalente ioner (Mg<sup>2+</sup> og Ca<sup>2+</sup>) via nyrene (Evans 1979).

Hos laksefisk har en funnet at innholdet av plasmaioner holder seg relativt konstant i ferskvannsfasen (Hoar 1988). En regner med at verdier på 133-155 mmol/l for Na<sup>+</sup> og 111-135 mmol/l for Cl<sup>-</sup> ligger rundt det normale for ferskvannslevende lakseparr (Folmar & Dickhoff 1980).

Laksens evne til å overleve i sjøvann kan undersøkes ved en såkalt 24 timers sjøvannstest (Blackburn & Clarke 1987). En god laksesmolt vil kunne regulere sin plasmaionekonsentrasjon ned til et normalt nivå i løpet av 24 timer (Blackburn & Clarke 1987). Derimot vil laksearter med lavere "sjøtoleranse" som eksempelvis sjøørret (*Salmo trutta*) og røye (*Salvelinus alpinus*) bruke lengere tid til å stabilisere plasmaionene til et normalnivå etter overføring til sjøvann (Finstad *et al.* 1989; McDonald & Milligan 1992; Iversen & Nilssen 1995). Ved NINA bruker en derfor en 72 timer sjøvannstest ved undersøkelse av sjøvannstoleransen hos ørret og røye.

<sup>1</sup> positiv rheotaxi - fisken orienterer seg mot strømmen

<sup>2</sup> Puriner - er nitrogen (N)-holdige avfallsstoffer fra fiskens egen metabolisme.

<sup>3</sup> Osmose - er et uttrykk for vannets bevegelse over en semipermeabel membran (hud, skinn etc.) mellom to kammer med forskjellig saltkonsentrasjon. Vannet vil alltid bevege seg fra lav til høy saltkonsentrasjon.

## 1.2 Regulering av smoltifisering

### 1.2.1 Lys

For å sikre at viktige sesongbegivenheter i en organismes liv, som for eksempel smoltifisering hos laksefisker, skjer på et tidspunkt som gir optimal overlevelse, må de synkroniseres med årssyklusene i miljøet. En faktor som fotoperiode er en viktig "zeitgeber"<sup>4</sup> (nøkkelstimuli) som synkroniserer de endogene (indre) rytmene slik at f.eks. smoltifisering skjer på et tidspunkt som gir optimal overlevelse (Gwinner 1981).

Hos laksefisk betraktes fotoperioden som den viktigste og den sterkeste "zeitgeber" av circadiane<sup>5</sup> og circannuale<sup>6</sup> rytmer (Kavaliars 1980). Endogene (indre) rytmer forårsakes av pacemakere (oscillator) som i nærvær av eksterne stimuli overfører signaler til det neuroendokrine system. Synkroniseringen skjer ved formidling av informasjon om lysnivå fra perifere fotoreseptorer i retina og pinealorganet (Moore-Ede *et al.* 1982). Pinealorganet kan gjennom lysinhibert /mørkestimulert frigivelse av melatonin indusere fysiologiske reaksjoner som f.eks. økt sølvfarging av kroppen, forbedret osmoregulering og endring av adferd (Kavaliars 1980).

Ved manipulering av fotoperioden kan tidspunktet for smoltifisering hos ulike laksefisker som Atlantisk laks (*S. salar*), sølvlaks (*Oncorhynchus kisutch*), masulaks (*O. masou*), rød laks (*O. nerka*), regnbueørret (*O. mykiss*) (Clarke *et al.* 1989), røye (*Salvelinus alpinus*) (Amesen *et al.* 1992; Iversen & Nilssen 1994) og ørret (*S. trutta*) styres. En periode på 1 til 2 måneder med kort dag (6 timer lys: 18 timer mørke; 6L:18M) før en daglengdeøkning ser ut til å være nødvendig for å synkronisere de ulike rytmene under smoltifisering (Clarke & Shelbourne 1986).

### 1.2.2 Temperatur

Vanntemperaturen er en hastighetskontrollerende faktor i smoltifiseringen. En økning i temperaturen kan

<sup>4</sup> Zeitgeber - nullstiller den biologiske rytmen, slik at en rytme med ca 24,4 timer vil ved hjelp av en "zeitgeber" bli innstilt til akkurat 24 timer. Dette skjer en gang i døgnet slik at de ulike biologiske rytmene blir innstilt til et døgn på 24 timer.

<sup>5</sup> circadiane - 24 timers biologiske rytmer, eks søvn, fordøyelse, næringsopptak, spiseadferd osv.

<sup>6</sup> circannuale - årlige biologiske rytmer, eks. kjønnsmodning, smoltifisering osv.

aksellerere smoltifiseringsprosessen, men kan samtidig også medføre en raskere igangsettelse av desmoltifisering<sup>7</sup>. Dette medfører en kortere periode hvor fisken er smolt i ferskvann (Staumes *et al.* 1992).

Hovedmålet med dette prosjektet var å teste smoltkvaliteten ved anleggene i Eidfjord, Eikesdalen og Lundamo. Målsetningen var å produsere en ørret- og laksesmolt med morfologiske, fysiologiske og økologiske kvaliteter mest mulig lik villsmolt. Dette ved å utvikle produksjonsregimer for en optimal smoltproduksjon. I tillegg ønsket en å lære opp de ansatte ved disse smoltanleggene til å gjennomføre prøvetakingsprosedyrene slik at man i nær framtid selv kunne følge utviklingen av smoltifiseringsprosessen, og dermed kontrollere kvaliteten av den produserte smolten.

<sup>7</sup> Desmoltifisering - laksesmolt som forblir i ferskvann etter smoltifisering vil etter en tid bli lakseparr igjen (motsatte av smoltifisering)



## 2.0 Metode og materiale

### 2.1 Blodprøver

Det ble tatt blodprøver fra de ulike ørret- og laksestammer i ferskvann<sup>8</sup> for måling av plasmaklorid. 10-15 fisk pr. stamme ble tatt ut i ett håvtrekk og overført til en 10 liters bøtte med metomidate-løsning (5 mg metomidate pr. liter vann). Blodprøver ble tatt fra kaudalårkomplekset ved hjelp av 1 ml hepariniserte sprøyter. Blodet ble overført til et 2 ml eppendorfrør, og sentrifugert i fem minutter ved 5000 omdr./minutt i en Hettich EBA III, type 2030 (radius 25 mm) sentrifuge. Plasma ble deretter overført til et nytt 2 ml eppendorfrør og umiddelbart frosset ved -20 °C.

### 2.2 Sjøvannstest

Sjøvannstester hvor forsøksfisken ble direkte overført fra ferskvann til sjøvann (Blackburn & Clarke 1987) ble utført regelmessig. 10-15 fisk fra hver gruppe ble håvet over i tre nye kar med sjøvanns-gjennomstrømning. I de tilfeller hvor en ikke hadde tilgang på sjøvann ble det blandet 35 g sjøsalt (Instant Ocean) pr. liter ferskvann i 100 liters stamper. Disse ble tilført oksygen via akvariepumper (RENA 301). Stampene ble plassert i kar med gjennomstrømning for å hindre temperatur- endringer. Etter 24 (laks/ørret) eller 72 (ørret) timer ble fisken håvet over i bedøvelse og blodprøver tatt som beskrevet ovenfor. Blodplasma ble analysert for plasmaklorid.

## 2.3 Analyser og registreringer

### 2.3.1 Kondisjonsfaktor

Fiskens kondisjonsfaktor (K) ble beregnet ut fra fiskens vekt (gram) og totale lengde (cm) etter Fultons formel

$$K = \frac{\text{vekt} \times 100}{\text{lengde}^3}$$

### 2.3.2 Visuell smoltklassifisering

Ved hjelp av en skala fra 1-4 ble fiskens morfologiske forandringer vurdert for bestemmelse av smoltifiserings-

<sup>8</sup> Blodprøver av fisk i ferskvann brukes til å sammenligne med blodprøver tatt av fisk i sjøvann. Er avviket mindre enn 20 % mellom prøvene antar en at fisken er i stand til å regulere i sjøvann, dvs. fisken har utviklet en hypoosmoregulatorisk kapasitet (er smoltifisert).

grad (Hoar 1988). De morfologiske forandringene var økt grad av sølvfarge, mindre synlige parmerker og utvikling av svarte finnekanten (Vatne 1989). En typisk parr fikk verdien 1 og en typisk smolt verdien 4. Registreringene ble gjort ved samme tidspunkt som uttak av blod i ferskvann.

### 2.3.3 Plasmaklorid

Konsentrasjonen av plasmaklorid ble målt ved hjelp av en Radiometer CMT 10 kloridtitrator med to parallelle fra hver prøve og konsentrasjonen ble bestemt til nærmeste hele millimol pr. liter (mM).

### 2.3.4 Statistisk behandling

Programmet "STAT-GRAPHICS" for IBM-PC ble brukt for statistiske analyser av dataene. En Mann-Whitney U-test for ikke parametriske data ble benyttet for å finne forskjeller mellom gruppene. Datagruppene med  $p < 0.05$  ble betraktet som signifikante.

## 3 Resultater

### 3.1 Eidfjord

Undersøkelsene ble foretatt ved Statskrafts anlegg i Eidfjord, Hordaland (Figur 1). Alle analyser ble i sin helhet gjennomført ved Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) i Trondheim.

#### 3.1.1 Forsøksfisk

Fem ulike sjøørretstammer fra henholdsvis Dalselv, Vikja (Vik), Jondal, Sima og Mauranger (Maur) ble undersøkt. All fisk var av 1993 årgang og avkom av vill sjøørret.

I tillegg ble fire laksestammer fra henholdsvis Sima, Vikja (Vik), Jondal og Bjoreio undersøkt. Laksesmoltene fra Sima, Vikja og Jondal var avkom av villaks strøket i slutten av 1991 (1992 årgang), mens Bjoreio-stammen ble innhentet som rogn fra villaks i slutten av 1992 (1993 årgang).

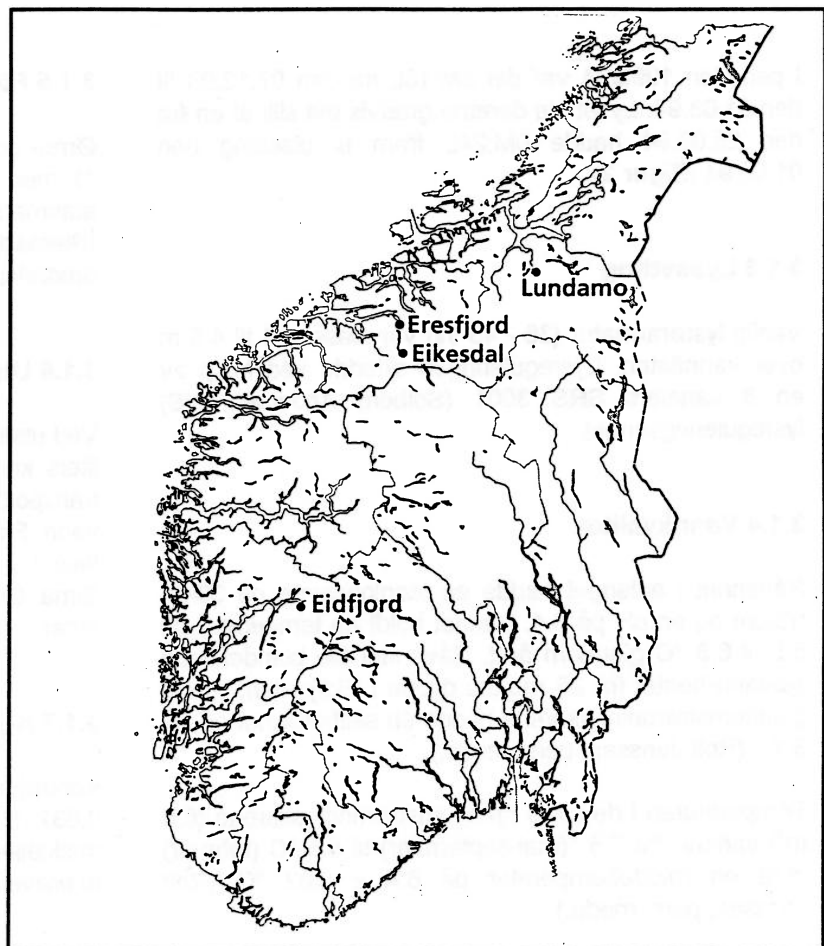
Rogn fra de ulike stammene med laks og ørret ble inkubert ved 6 °C i tidsrommet 15.10 til 1.12 året 1991 og 1992. Klekking skjedde fra den 01.01 til ultimo januar 1992/93. Startfôring begynte den 01.02.92/93, og foregikk ved 10 °C.

Fisken ble etter startfôring overført til produksjonshallen med en tetthet på ca 1000-1500 fisk pr. m<sup>2</sup> pr. kar. Fisken ble sortert i september/oktober, desember og februar. Fisk med en størrelse på 10-12 gram ble isolert og deretter ikke sortert mer før utsetting. Ingen av ørret- eller laksestammene gjennomgikk noen form for medisinsk behandling. Det ble foretatt to sjøvannstester, 19.04.94 og 03.05.94.

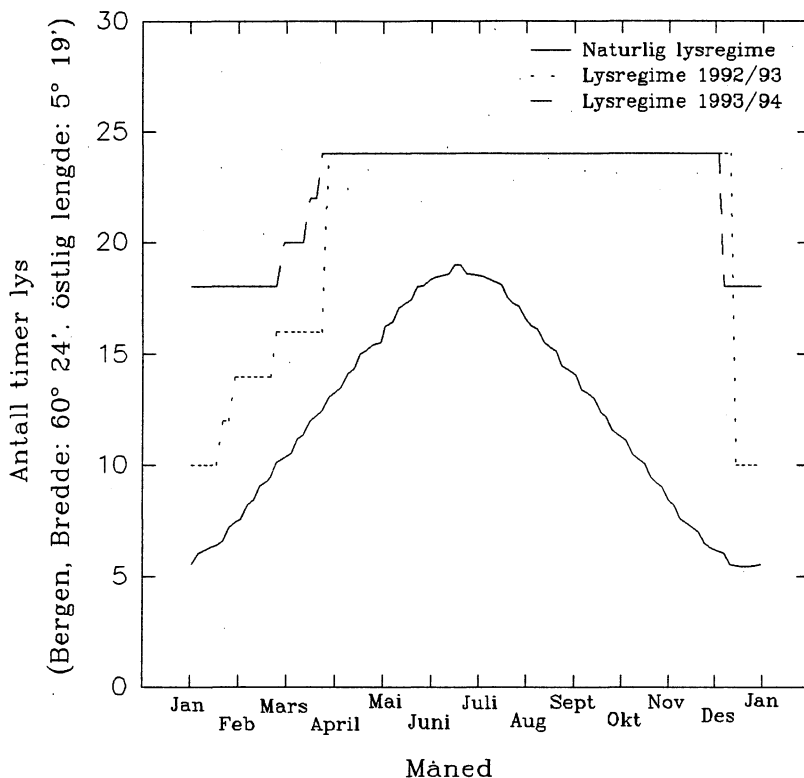
#### 3.1.2 Lysregimer

Figur 2 viser naturlig daglengdeendring i Bergen, samt kunstig daglengdeendringer benyttet ved Eidfjord-anlegget i periodene 1992/93 og 1993/94.

I perioden 1992/93 var det fra den 17.12.92 til den 19.01.93 14 timer mørke og 10 timer lys (14M:10L). Lyset ble deretter gradvis økt slik at en fra og med den 28.03.93 hadde kontinuerlig lys (0M:24L) til og med den 07.12.93 (Figur 2).



Figur 1. Kart som viser lokaliseringsen av anleggene hvor undersøkelsene ble foretatt.



**Figur 2.** Endringer i den naturlige daglengde, Bergen (Norsk Almanakk 1994), og kunstig daglengdeendringer i perioden 1992/93 og 1993/94 ved Statkrafts anlegg i Eidfjord.

I perioden 1993/94 var det 6M:18L fra den 07.12.93 til den 01.03.94. Lyset ble deretter gradvis økt slik at en fra den 25.03.94 hadde 0M:24L fram til utsetting den 01.05.94 (Figur 2).

### 3.1.3 Lyssetting

Vanlig lysrørrarmatur (36 - 45 W) var plassert 4 til 4.5 m over vannflaten. Lysreguleringen skjedde ved hjelp av en 8 kanalers SRS 3001 (Solberg Andersen A/S) lysreguleringsenhet.

### 3.1.4 Vannkvalitet

Råvannet i anlegget hadde en ledningsevne på 30-35  $\mu\text{S}/\text{cm}$  og en pH på 6.4. Vannet holdt en temperatur på 5.5 til 6.8 °C gjennom året. Råvannet ble blandet med sjøvann hentet fra 25 meters dybde i Eidfjorden, slik at gjennomstrømningskarene hadde en saltholdighet på 1-3 ‰. (Rolf Jenssen, pers. medd.).

Temperaturen i de store gjennomstrømningskarene (6.0 m<sup>3</sup>) varierte fra 7.5 °C (mai-september) til 5.5 °C (februar) med en middeltemperatur på  $6.8 \pm 0.82$  °C (Rolf Jenssen, pers. medd.).

### 3.1.5 Fôring

Ørret- og laksestammene ble fôret etter tabell (fôrfaktor 1) med Skretting fôr. Utfôringen skjedde med skiveautomater (Akvaprodukter) og vibratorautomater (Stemmerfish Tec). Skiveautomatene gjorde en omdreining hvert 3. døgn.

### 3.1.6 Utsettingsmetode

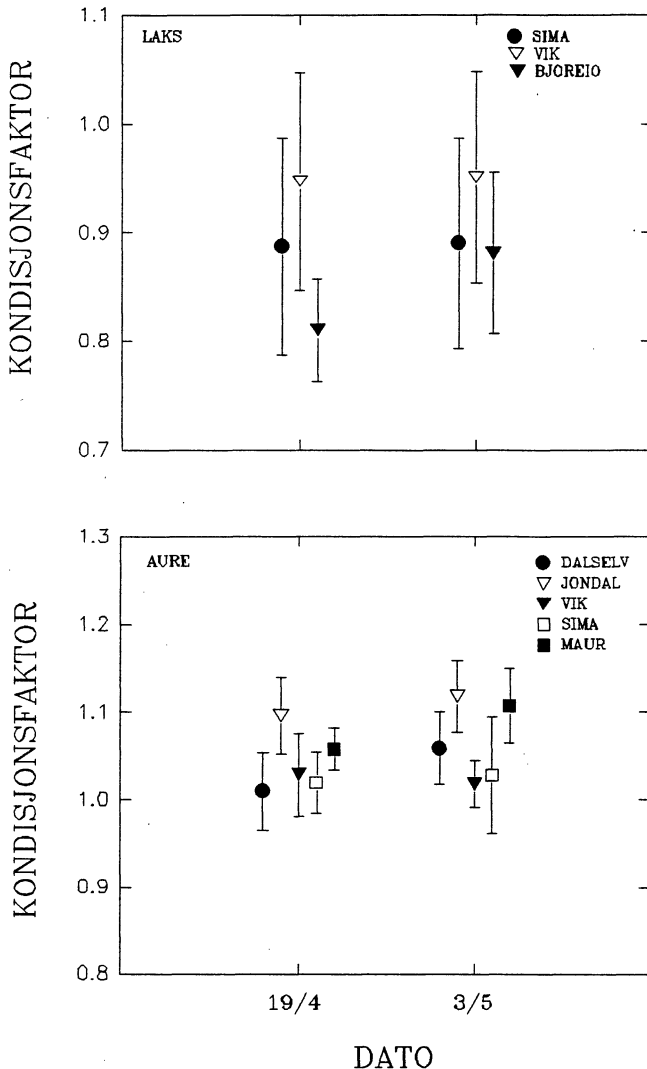
Ved utsetting primo mai ble fisken først håvet over i 200 liters kar for deretter å bli overført til 1200 liters store transporttanker med en fisketetthet på 1 kg per 10 liter vann. Fra den 02.05 til den 20.05 ble det satt ut ørret og laks i Austerpollen, Bondhus, Øyreselvi, Jondal, Eio, Sima, Osa og Dalselva/Vikja. Transporttid var fra 0.5 til 8 timer.

### 3.1.7 Kondisjonsfaktor

Kondisjonsfaktoren hos laksesmolten varierte fra  $0.810 \pm 0.037$  til  $0.951 \pm 0.074$ . Det var ingen signifikante forskjeller mellom de forskjellige laksestammene ved de to prøvetakningstidspunktene (Figur 3).

Det ble ikke registrert noen signifikante endringer i kondisjonsfaktoren hos de ulike ørretstammene. Høyeste målte verdi ble registrert på Jondalstammen den 03.05.94 ( $1.118 \pm 0.027$ ), og den laveste målte verdi på Dalselvørreten ( $1.010 \pm 0.044$ ) den 19.04.94 (Figur 3).

Ørretsmolten hadde en signifikant høyere kondisjonsfaktor enn laksesmolten ved samme prøvtaknings-tidspunkt (Figur 3).



Figur 3. Endringer av den midlere kondisjonsfaktoren ( $\pm$ SD) hos sjørret og laks ved Statkrafts anlegg i Eidfjord ( $n=10-15$ ).

### 3.1.8 Visuell smoltklassifisering

Alle laksestammene av 1992 årgang hadde den 19.04.94 og den 03.05.94 utviklet fullstendig smoltdrakt (sølvfarge  $4.0 \pm 0$ ; parmerker  $4.0 \pm 0$  og finnekantmerker  $4.0 \pm 0$ ). Bjoreio laks-93 hadde den

19.04.94 en sølvfarge-/parmerkeindeks på  $2.71 \pm 0.25$  og en finnekantfargeindeks på  $3.0 \pm 0.12$ . Den 03.05.94 var det en signifikant økning i sølvfarge- og parmerkeindeksen ( $3.00 \pm 0.0$ ), mens det ikke ble registrert noen tilsvarende økning i finnekantfargeindeksen ( $3.10 \pm 0.15$ ) ved samme tidspunkt hos Bjoreiolaksen.

Den registrerte sølvfarge- og parmerkeindeks varierte hos de forskjellige sjørretstammene fra  $2.50 \pm 0.10$  (Jondal) til  $2.81 \pm 0.24$  (Vik), og fra  $2.80 \pm 0.46$  (Maur) til  $3.31 \pm 0.35$  (Sima), henholdsvis den 20.04.94 og den 03.05.94. Det var en signifikant økning i sølvfarge- og parmerkeindeks hos alle sjørretstammene fra den 20.04.94 til 03.05.94

### 3.1.9 Sjøvannstester - Sjørret

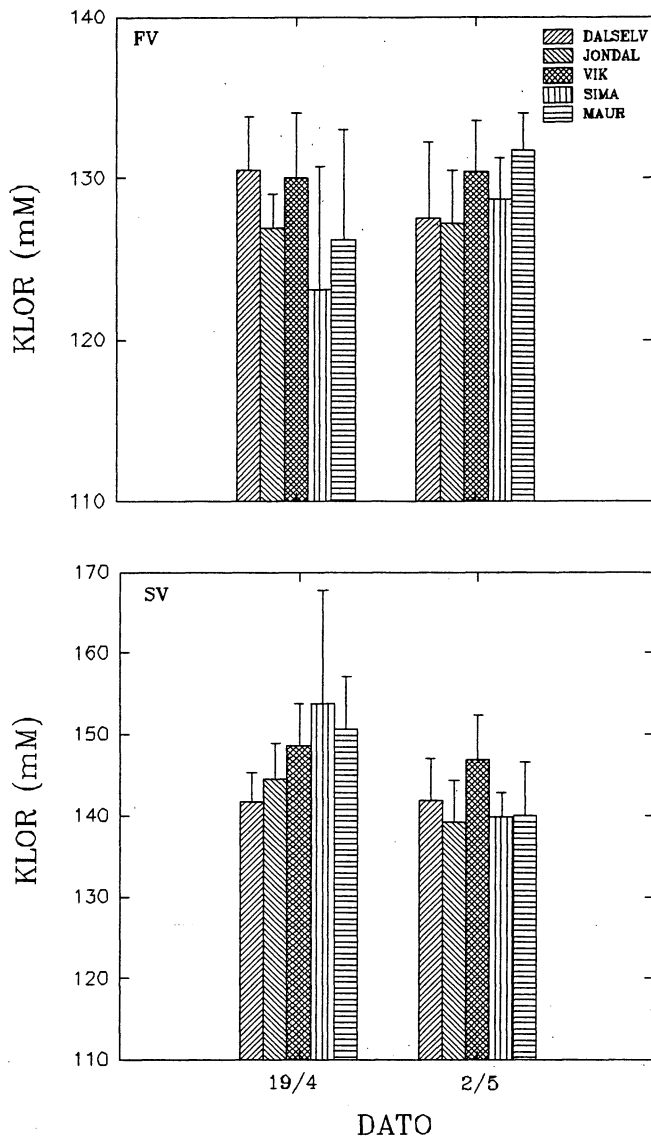
Figur 4 viser endringer av det midlere blodplasmakloridnivå hos ulike sjørretstammer i ferskvann og 32 promille sjøvann ved Statkrafts anlegg i Eidfjord.

Gjennomsnittlig størrelse for sjørret testet den 19.04.94 var henholdsvis  $33.9 \pm 8.6$ ,  $36.0 \pm 8.3$ ,  $41.9 \pm 6.2$ ,  $27.8 \pm 8.0$  og  $33.3 \pm 4.2$  gram for Dalselv, Jondal, Vik, Sima og Maurstammen, mens den 03.05.94 var gjennomsnittsstørrelsen  $44.0 \pm 7.6$ ,  $42.4 \pm 5.0$ ,  $39.3 \pm 8.4$ ,  $35.3 \pm 4.5$  og  $34.7 \pm 5.0$  gram for de samme stammene.

For ferskvannsgruppene den 19.04.94 var høyeste og laveste midlere blodplasmakloridnivå henholdsvis  $130.06 \pm 3.97$  mM (Dalselv) og  $123.08 \pm 7.67$  mM (Sima), og den 03.05.94 henholdsvis  $131.75 \pm 3.97$  mM (Maur) og  $127.17 \pm 3.37$  mM (Jondal) (figur 4, FV).

Blodplasmakloridnivået for sjørret eksponert for 72 timer i sjøvann varierte den 19.04.94 fra  $141.73 \pm 3.54$  mM (Dalselv) til  $153.82 \pm 3.96$  mM (Sima). Den 03.05.94. var høyeste og laveste midlere blodplasmakloridnivå henholdsvis  $146.92 \pm 5.51$  mM (Vik) og  $139.25 \pm 5.14$  (Jondal) etter 72 timer i sjøvann. Det midlere blodplasmakloridnivået for sjørretstammene Jondal, Sima og Maur viste en signifikant nedgang fra den 19.04 til den 03.05.94 (figur 4, SV).

Det var en signifikant økning i det gjennomsnittlige blodplasmakloridnivået hos alle sjørretstammene etter overgang fra ferskvann til sjøvann. Det midlere blodplasmakloridnivået målt etter en 72 timer sjøvannstest avvike mindre enn 20 % av midlere blodplasmakloridnivå målt i ferskvann ved samme tidspunkt (figur 4).



**Figur 4.** Endringer av det midlere blodplasmakloridnivået ( $\pm$ SD) hos sjørøret i ferskvann og 32 promille sjøvann ved Statkrafts anlegg i Eidfjord ( $n=10-15$ ).

### 3.1.10 Sjøvannstester - Laks

Det midlere blodplasmakloridnivået hos laks i ferskvann den 20.04.94 varierte fra  $123.14 \pm 7.41$  mM (Bjoreio-93) til  $134.93 \pm 4.02$  mM (Vik-92). Den 03.05.94 var tilsvarende verdier henholdsvis  $127.42 \pm 2.60$  mM (Bjoreio-93) og  $139.50 \pm 2.67$  mM (Vik-92) (figur 5, FV).

Gjennomsnittlig størrelse for laks testet den 19.04.94 var henholdsvis  $144.0 \pm 55.9$ ,  $93.1 \pm 39.1$ ,  $96.4 \pm 15.9$  og  $21.9 \pm 2.5$  gram for Sima, Jondal, Vik og Bjoreiostammen, mens den 03.05.94 var gjennomsnittsstørrelsen

henholdsvis  $102.9 \pm 31.8$ ,  $153.6 \pm 91.7$ ,  $49.0 \pm 5.8$  og  $26.0 \pm 3.2$  gram for de samme stammene.

Det gjennomsnittlige blodplasmakloridnivået hos laks etter en 24 timer sjøvannstest varierte fra  $138.56 \pm 4.90$  mM (Jondal-92) til  $146.69 \pm 11.20$  mM (Vik-92), og fra  $136.92 \pm 7.47$  mM (Bjoreio-93) til  $147.75 \pm 7.74$  mM (Vik-92), henholdsvis den 20.04 og den 03.05.94 (figur 5, SV).

Det var en signifikant økning i det gjennomsnittlige blodplasmakloridnivået hos alle laksestammene etter overgang fra ferskvann til sjøvann. Det midlere blodplasmakloridnivået målt etter en 24 timers sjøvannstest avvike mindre enn 20 % av midlere blodplasmakloridnivå målt i ferskvann ved samme tidspunkt (figur 5).

## 3.2 Eikesdal

Undersøkelsene ble foretatt ved Statskrafts anlegg i Eikesdal, Møre og Romsdal (Figur 1). Alle analysene ble i sin helhet gjennomført ved Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) i Trondheim.

### 3.2.1 Forsøksfisk

En sjørøretstamme fra Eikesdal ble undersøkt. Fisken var av 1992 årgang og avkom av vill sjørøret fra Eira. To forskjellige årganger av laks fra Eikesdal ble undersøkt. Laksesmoltene var avkom av villaks fra Eira strøket i slutten av 1990 (1991 årgang) og 1991 (1992 årgang).

Rogn fra laks og sjørøret ble inkubert ved  $4.5 - 6.0$  °C i tidsrommet fra den 15.10.90 til den 01.12.91. Klekking skjedde fra primo januar til ultimo februar 1991/92. Startfôring begynte den 15.03.91/92, og foregikk ved  $8$  °C.

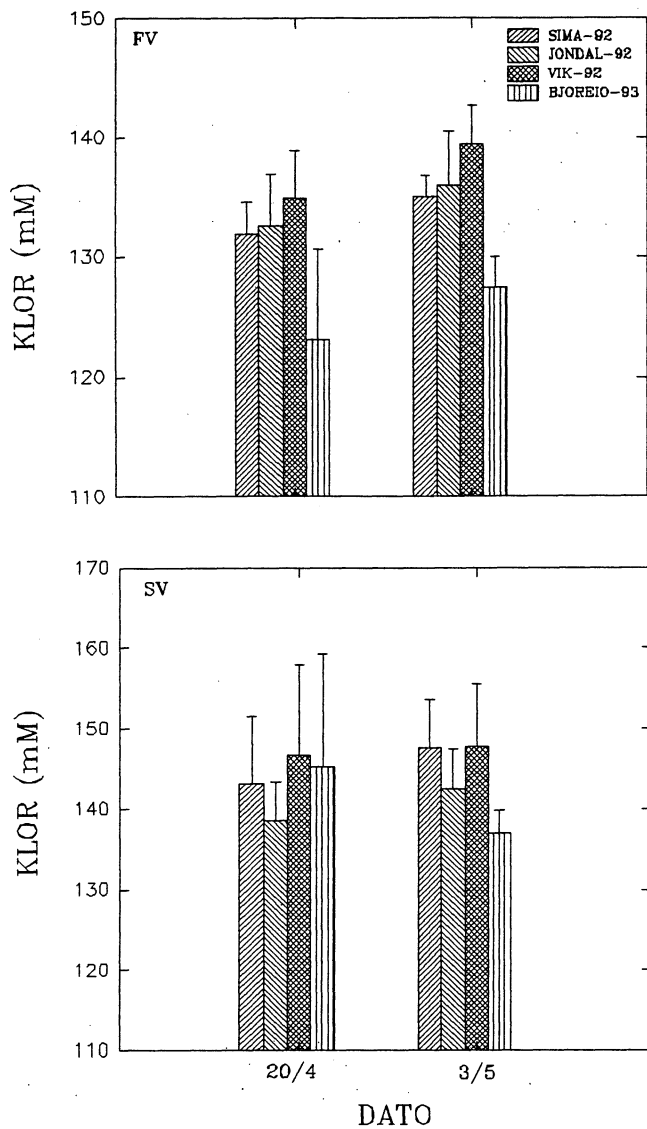
Fisken ble etter startfôring overført til produksjonshallen. Fisken ble sortert i oktober, mars/april og juni.

Fisken ble behandlet med formalin mot sopp - ellers ingen annen medisinbehandling. Det ble foretatt tre sjøvannstester; 25.04.94, 12.05.94 og 26.05.94.

### 3.2.2 Lysregimer

Figur 6 viser naturlig daglengdeendring i Trondheim, samt kunstig daglengdeendringer benyttet ved Eikesdalsanlegget i perioden 1993/94.

I perioden før den 01.02.94 ble det benyttet 20 timer mørke og 4 timer lys (20M:4L). Lyset ble fra den 01.02.94 til utsetting medio mai endret til 12 timer mørke og 12 timer lys (12M:12L) (Figur 6).



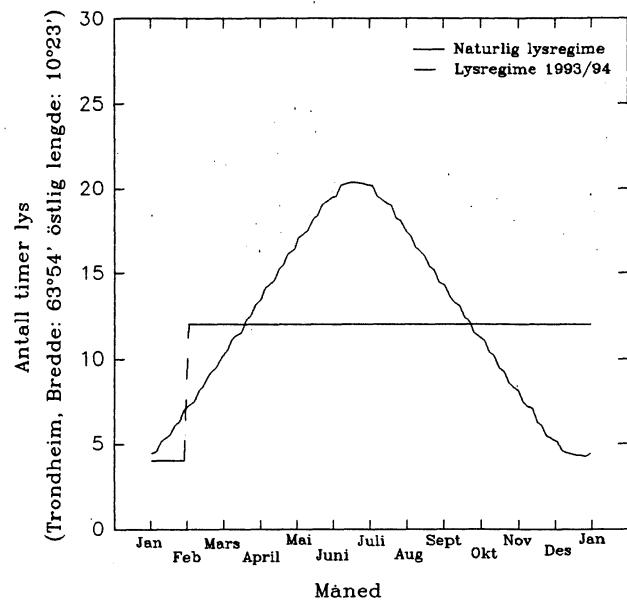
**Figur 5.** Endringer av det midlere blodplasmakloridnivå ( $\pm$ SD) hos laks i ferskvann og 32 promille sjøvann ved Statkrafts anlegg i Eidfjord ( $n=10-15$ ).

### 3.2.3 Lyssetting

Vanlig lysrørarmatur (58 W) var plassert 2,4 m over vannoverflaten. Lysreguleringen skjedde ved hjelp av en manuell regulator (Helvar 1200 VA). I tillegg til kunstig lys ble fiskene eksponert for naturlig dagslys via utildelte vinduer i produksjonshallen.

### 3.2.4 Vannkvalitet

Laks (1991 og 1992) og ørret (1992) ble den 22.10.91/92 overført fra Eresfjord til Eikesdal. Ved Eikesdal gikk fisken på grunnvann med en temperatur på 5,9 °C.



**Figur 6.** Endringer i den naturlige daglengde, Trondheim (Norsk Almanakk 1994), og kunstig daglengdeendringer i perioden 1993/94 ved Statkrafts anlegg i Eikesdal.

### 3.2.5 Fôring

Ørret- og laksestammene ble fôret etter Akvaforsk-normer med Felleskjøpets fôr. Utfôringen skjedde med skiveautomater (Akvaprodukter). Skiveautomatene gjorde en omdreining hvert 3. døgn.

### 3.2.6 Utsettelsesmetode

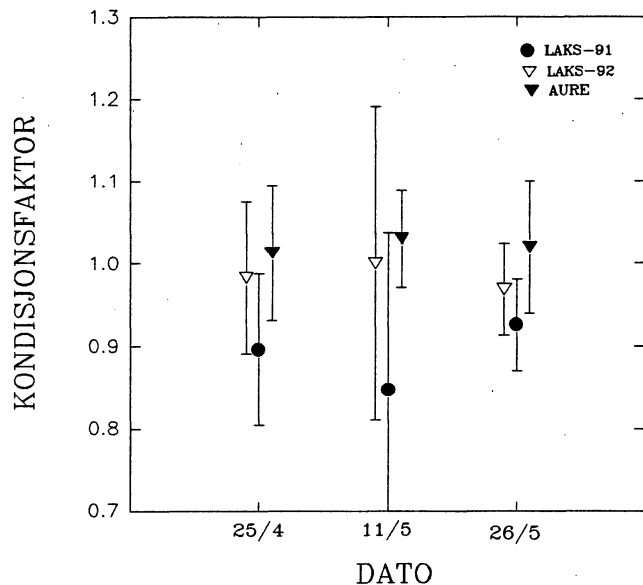
Fisken ble overført fra sine respektive kar til 1000 liters transportkar. Den 18.05 ble det satt ut grupper av fisk i sjøen. Transporttid var her omlag 40 minutter. Den 19.05 ble en gruppe satt ut midt i Eira elv (v/Maltsteinen). Transporttid var 35 minutter. Fra den 30.05 til den 03.06 ble resten av laksen satt ut i øvre halvdel av Eira. Sjøørreten ble satt ut den 07.06 i Aura elv. Kjøretid var 15 minutter.

### 3.2.7 Kondisjonsfaktor

Kondisjonsfaktoren hos laksesmolten varierte fra  $0.847 \pm 0.192$  til  $1.00+ \pm 0.059$ . Det ble registrert signifikante forskjeller mellom de to laksestammene ved prøvetakingstidspunktet den 11.05.94 (Figur 7).

Det ble ikke registrert noen signifikante endringer i kondisjonsfaktoren hos ørreten. Høyeste målte verdi ble

registrert den 11.05.94 ( $1.030 \pm 0.207$ ) og den laveste målte verdi ( $1.013 \pm 0.054$ ) den 25.04.94 (Figur 7).



**Figur 7.** Endring av den midlere kondisjonsfaktoren ( $\pm$ SD) hos sjøørret og laks ved Statkrafts anlegg i Eikesdal ( $n=10-15$ ).

### 3.2.8 Visuell smoltklassifisering

Det ble kun registrert visuell smoltutvikling ved første prøveuttak den 25.04.94. Laksestammen av 1992 årgang hadde den 25.04.94 utviklet delvis smoltdrakt (sølvfarge  $3.15 \pm 0.32$ ; parmerker  $3.00 \pm 0.12$  og finnekantmerker  $3.10 \pm 0.10$ ).

Laksestammen av 1991 årgang viste en lavere grad av smoltkarakter (sølvfarge  $2.98 \pm 0.46$ ; parmerker  $2.98 \pm 0.41$  og finnekantmerker  $2.95 \pm 0.40$ ).

Den registrerte sølvfarge- og parmerkeindeks var hos sjøørrestammen henholdsvis  $3.15 \pm 0.32$  og  $3.01 \pm 0.12$ .

Ved de to andre prøvetidspunktene ble det registrert en tendens til en økende sølvfarging- og parmerkeindeks.

### 3.2.9 Sjøvannstester - sjøørret

**Figur 8** viser endring av det midlere blodplasmakloridnivå hos sjøørret i ferskvann og i 34 promille sjøvann ved Statkrafts anlegg i Eikesdal.

Gjennomsnittlig størrelse for sjøørret testet den 25.04.94, den 12.05.94 og den 26.05.94 var henholdsvis  $85.6 \pm 18.1$ ,  $72.8 \pm 5.9$  og  $99.4 \pm 25.6$  gram.

I ferskvann var høyeste og laveste midlere blodplasmakloridnivå henholdsvis  $129.750 \pm 3.386$  mM (25.04.94) og  $138.00 \pm 5.164$  mM (12.05.94) (figur 8, FV).

Blodplasmakloridnivået hos sjøørret eksponert for 24 timer i sjøvann varierte den 12.05.94 fra  $240.00 \pm 10.61$  mM til  $176.00 \pm 8.17$  mM den 26.05.94. Det midlere blodplasmakloridnivået for sjøørrestammen viste en signifikant økning den 12.05.94 i forhold til prøvtakningstidspunktene den 25.04.94 og den 26.05.94 (figur 8, SV). All fisk døde innen 48 timer etter sjøvanns-eksponering ved de respektive prøvtakningstidspunktene.

Det var en signifikant økning i det midlere blodplasmakloridnivået hos ørrestammen etter overgangen fra ferskvann til sjøvann. Det midlere blodplasmakloridnivået målt etter en 24 timers sjøvannstest avvike mer enn 20 % av midlere blodplasmakloridnivå målt i ferskvann ved samme tidspunkt (figur 8).

### 3.2.10 Sjøvannstester - Laks

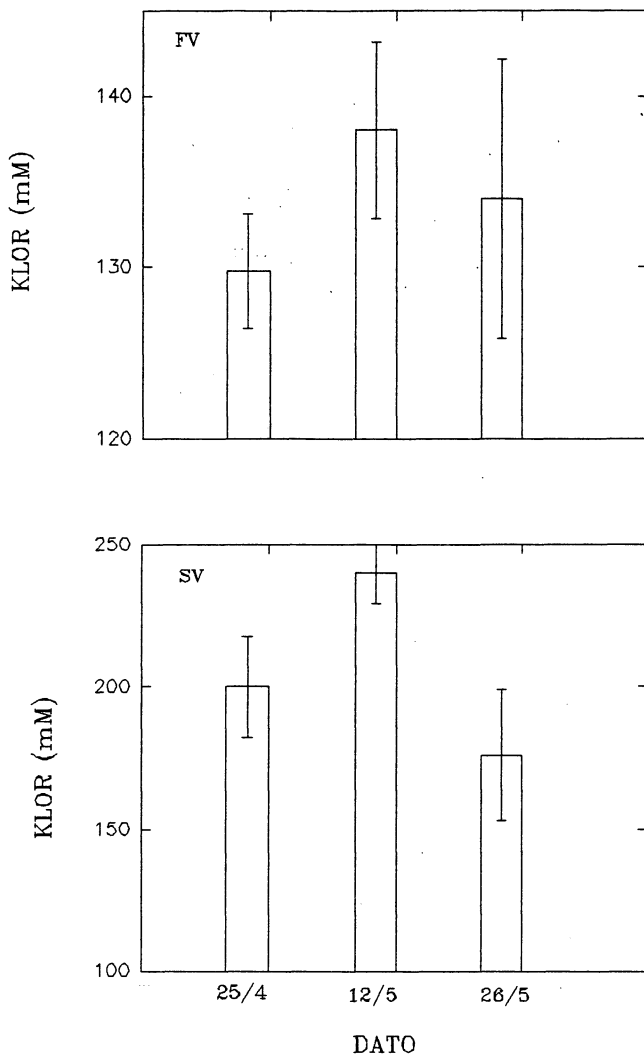
Det midlere blodplasmakloridnivået hos laks i ferskvann den 25.04.94, varierte fra  $129.75 \pm 3.386$  mM (laks-92) til  $130.13 \pm 1.58$  mM (laks-91). Den 26.05.94 var tilsvarende verdier henholdsvis  $137.34 \pm 4.05$  mM (laks-92) og  $129.85 \pm 11.41$  mM (laks-91) (figur 9, FV).

Gjennomsnittlig størrelse for laks testet den 26.04.94 var henholdsvis  $88.0 \pm 17.1$  og  $69.8 \pm 27.6$  gram for laks-91 og laks-92; den 12.05.94 var snittstørrelsen for de samme gruppene henholdsvis  $56.4 \pm 14.0$  og  $56.0 \pm 29.4$  gram mens for den 26.05.94 var snittstørrelsen for de samme gruppene henholdsvis  $49.0 \pm 17.3$  og  $50.4 \pm 13.7$  gram.

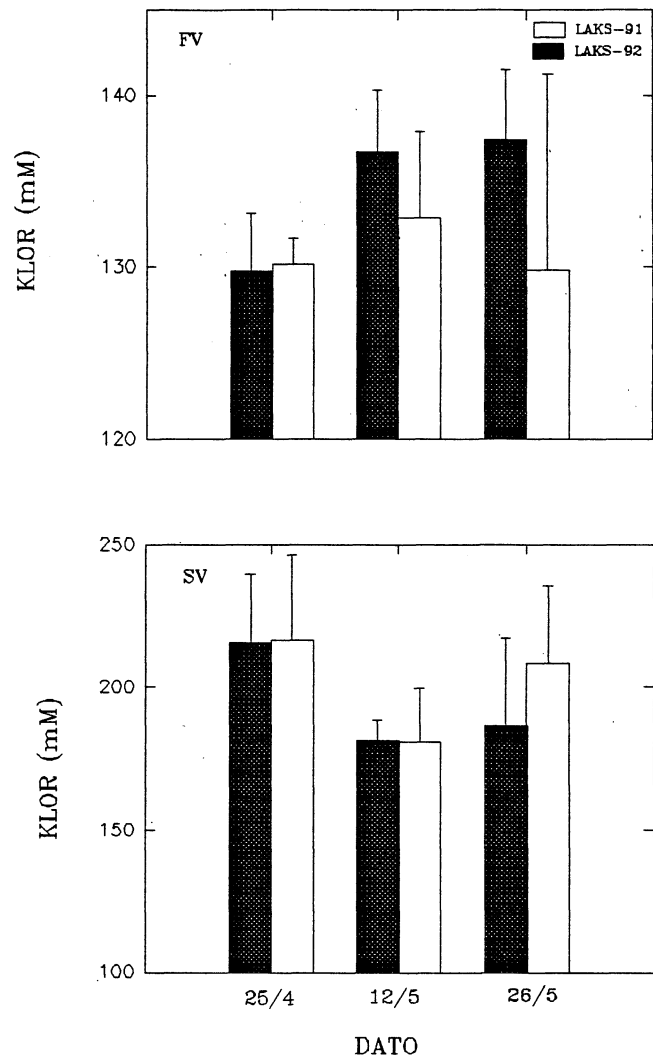
Det gjennomsnittlige blodplasmakloridnivået hos laks-92 etter en 24 timers sjøvannstest varierte fra  $215.71 \pm 23.91$  mM (25.04.94) til  $181.44 \pm 19.40$  mM (12.05.94) (figur 9, SV).

Det midlere målte blodplasmakloridnivået hos laks-91 etter en 24 timers sjøvannstest varierte fra  $216.67 \pm 29.64$  mM (25.04.94) til  $180.90 \pm 18.97$  mM (12.05.94) (figur 9, SV).





**Figur 8** Endring av det midlere blodplasmakloridnivå ( $\pm$ SD) hos sjøørret i ferskvann og i 34 promille sjøvann ved Statkrafts anlegg i Eikesdal ( $n = 10 - 15$ ).



**Figur 9.** Endring av det midlere blodplasmakloridnivå ( $\pm$ SD) hos laks i ferskvann og i 34 promille sjøvann ved Statkrafts anlegg i Eikesdal ( $n=10-15$ ).

Det var en signifikant økning i det midlere blodplasmakloridnivået hos alle laksestammene etter overgang fra ferskvann til sjøvann. Det midlere blodplasmakloridnivået målt etter en 24 timers sjøvannstest avvike mer enn 20 % av midlere blodplasmakloridnivå målt i ferskvann ved samme tidspunkt (figur 9).

### 3.3 Lundamo

Undersøkelsene ble foretatt ved vinteranlegget på Ler, Sør Trøndelag (Figur 1). Alle analysene ble i sin helhet gjennomført ved Norsk Institutt for Naturforskning (NINA) i Trondheim.

#### 3.3.1 Forsøksfisk

En laksestamme fra Suma ble undersøkt. Fisken var av 1992 årgang og var avkom av villaks.

Rogn fra laks ble inkubert ved 4.5 °C i tidsrommet fra den 15.10.91 til den 28.02.92. Klekkingen foregikk fra medio februar 1992. Startfôring begynte ultimo april 1992, og foregikk ved 10 °C. Dette foregikk på vinteranlegget på Ler. Våren 1992 ble fisken fraktet til Lundamo. Fisken ble deretter overført til vinteranlegget på Ler hvor den oppholdt seg fra den 01.10.92 til den 20.05.93 for deretter igjen bli ført tilbake til Lundamo. På høsten ble den igjen ført til vinteranlegget på Ler og utsatt i mai det påfølgende år.

Fisken ble sortert på våren og på høsten. Det ble foretatt tre sjøvannstester; 27.04.94, 10.05.94 og 25.05.94.

### 3.3.2 Lysregimer

Ved vinteranlegget på Ler gikk fisken ved simulert naturlig lysperiode fra den 01.10.92 til den 20.05.93. For deretter bli overført til Lundamo hvor fisken gikk under naturlig belysning fra og med den 20.05.93 til høsten da den ble ført til vinteranlegget på Ler og utsatt medio mai 1994. Se figur 6 for lysregimer Trondheim

### 3.3.3 Lyssetting

På Ler benyttet man vanlig lysrørramatur (40 W) plassert ca 1,0 m over vannoverflaten. Lysreguleringen skjedde ved hjelp av manuell styring. Den naturlige belysning ved vinteranlegget på Ler skjedde via overlys i taket.

### 3.3.4 Vannkvalitet

Laksen gikk på grunnvann fra 2-4 °C ved Ler. Etter overføring tilbake til Lundamo gikk fisken på naturlig elvetemperatur.

### 3.3.5 Fôring

Laksestammen ble føret etter appetitt med Felleskjøpets fôr. Utfôringen skjedde med skiveautomater (Akva-produkter). Skiveautomatene gjorde en omdreining hvert 3. døgn.

### 3.3.6 Utsettingsmetode

Fisken ble overført fra sine respektive kar vha. 30 liters bøtter til en tankbil. Fisken ble deretter transportert i tankbilen til utsettingsstedet i perioden fra den 18.-20.05.94. Transporttiden varierte fra 2 til 4.5 timer.

### 3.3.7 Kondisjonsfaktor

Kondisjonsfaktoren hos laksesmolten varierte fra 0.937 ± 0.068 (26.04.94) til 0.778 ± 0.028 (25.05.94). Den 25.05.94 var den midlere kondisjonsfaktor signifikant lavere enn henholdsvis den 27.04.94 og 10.05.94.

### 3.3.8 Visuell smoltklassifisering

Laksen hadde allerede den 25.04.94 utviklet fullstendig smoltdrakt (sølvfarge 4.00; parr-merker 4.00 og finnekantmerker 4.00). Det ble ikke registrert noen signifikante endringer i visuell smoltklassifisering ved de ulike prøvetakningstidspunktene.

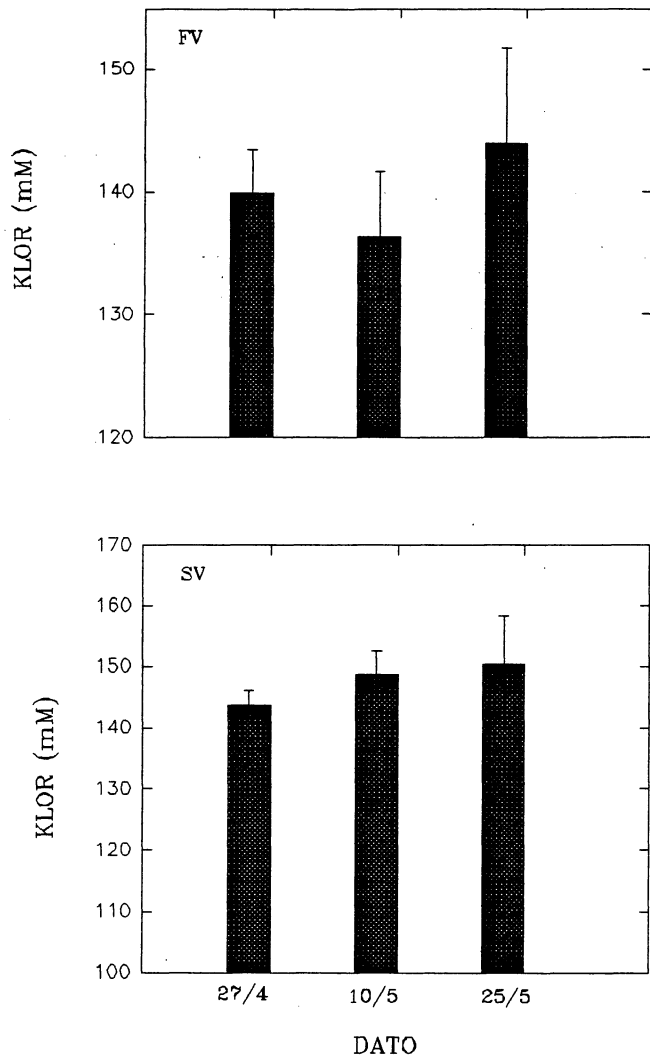
### 3.3.9 Sjøvannstester - Laks

Det midlere blodplasmakloridnivået hos laks i ferskvann varierte fra 136.25 ± 5.41 mM (10.05.94) til 143.95 ± 7.76 mM (25.05.94) (figur 10, FV).

Gjennomsnittlig snittstørrelse hos laks testet den 27.04.94, den 10.05.94 og den 25.05.94 var henholdsvis 52.8±34.9, 46.3±23.8 og 61.5±44.7 gram.

Det midlere blodplasmakloridnivået hos laks etter en 24 timer sjøvannstest varierte fra 143.75 ± 2.26 mM (27.04.94) til 150.30 ± 7.98 mM (25.05.94) (figur 10, SV).

Det var en signifikant økning i det midlere blodplasmakloridnivået hos alle laksestammene etter overgangen fra ferskvann til sjøvann. Det midlere blodplasmakloridnivået målt etter en 24 timers sjøvannstest avvike mindre enn 20 % av midlere blodplasmakloridnivå målt i ferskvann ved samme tidspunkt (figur 10).



**Figur 10.** Endring av det midlere blodplasmakloridnivå ( $\pm$ SD) hos laks i ferskvann og i 34 promille sjøvann ved vinteranlegget på Ler ( $n=10-15$ ).

## 4 Diskusjon

Transformeringen hos laksefisker fra en ferskvannslevende parr til en sjøvandrende smolt (smoltifisering) inkluderer mange fysiologiske, biokjemiske, morfologiske og adferdsmessige endringer (Hoar 1988). Den komplette smoltifiseringen som er en preadaptorisk tilpasning til sjømiljøet er mest sannsynlig et resultat av distinkte prosesser som ikke nødvendigvis er gjensidig avhengige av hverandre (McCormick & Saunders 1987). Igangsettelsen av smoltifiseringens enkeltprosesser skjer sannsynligvis via fotoperiodiske påvirkninger av pinealkjertelen (Clarke *et al.* 1985; McCormick *et al.* 1987). Det er også beskrevet at temperatur (Johnston & Saunders 1981) og månefase (Grau *et al.* 1980) kan påvirke utviklingen av smolt. I fravær av miljømessige stimuli kan smoltifiseringen utsettes (McCormick *et al.* 1987) inntil den endogene rytme framtvinger smoltifiseringsstart (Eriksson & Lundquist 1982).

En ønsket med dette prosjektet å undersøke kvaliteten på ørret- og laksesmolt som ble produsert på Statkrafts anlegg i henholdvis Eidfjord, Eikesdal og Lundamo og eventuelt komme med forslag til forbedringer i produksjonen. Da disse smoltanleggene produserer fisk til utsetting er det naturlig å bestrebe seg til å produsere en ørret- og laksesmolt mest mulig lik villsmolten i de respektive vassdrag. Her er man allerede på god vei ved at man bruker stedegne stammer.

Laksesmolten i Eidfjord viste ingen endringer i kondisjonsfaktoren ved de ulike prøvtaknings-tidspunktene. Den toårige laksesmolten hadde allerede den 19.04.94 utviklet fullstendig smoltdrakt uavhengig av stamme. Når det gjaldt Bjoreiostammen av 1993 årgang kunne man en se en signifikant økning i visuell smoltkarakter. I tillegg hadde alle laksestammene utviklet en hypoosmoregulatorisk kapasitet. Ørretsmolten viste ingen endringer i kondisjonsfaktor og alle ørretstammene hadde utviklet en hypoosmoregulatorisk kapasitet. En kunne derimot registrere en økning i den visuelle smoltdrakten mot slutten av perioden.

Lysstyringen i Eidfjord var ikke ideell i og med at fisken hadde en kort natt (6 timer) forut for oppkjøringen til 24 timers lys om våren (se figur 2). Det er derfor skissert et lysstyringsregime for 1994/1995: Fra midten av desember 1994 skal lyset kjøres ned til 9 timers lys og 15 timers mørke, dvs. lys i perioden kl.0600 til kl.1500. Dette regimet skal holdes fram til den 01.03.95 da lyset gradvis skal kjøres opp til 20 timers lys og 4 timers mørke innen den 15.03.95, dvs. lys i perioden kl.0400 til kl.2400. Lyset skal ikke økes til 24 timers lys som tidligere pga. at dette ikke er tilfelle i naturen på denne breddegraden, samt at det har vist seg at en liten

mørkeperiode (en mørkestimulert melatoninutskillelse) på denne tiden av året er gunstig mhp. smoltifiseringen.

Grunnen til den gode saltreguleringsevnen hos laks og ørret testet i Eidfjord kan være en følge av sjøvannsinnblanding i produksjonskarene. Saltvannsakklimering (Zaugg *et al.* 1985) og salttilsetning i fóret (Zaugg & McLain 1969; Jackson 1977; Duston 1993; Staumes & Finstad 1993) har vist seg å øke gjelle Na-K-ATPase aktiviteten hos laksefisk og dermed øke sjøvannstoleransen. I tillegg har det blitt rapportert økte gjenfangster hos chinook laks (*Oncorhynchus tshawytscha*) gitt saltfór før utsetting (Zaugg *et al.* 1983). I 1995 vil vi teste effekten av sjøvannsinnblanding ved dette anlegget ved å ta sjøvannstoleransetestet på de samme gruppene med og uten sjøvanninnblanding.

Alle grupper testet i Eidfjord viste gode egenskaper til å overleve i sjøvann. Utsettingsmetoden ved dette anlegget medfører unødig mye håving og bør forbedres. I og med at det ikke er utført noen merkeforsøk på utsettingsmaterialet vet man ikke noe om fiskens overlevelse og tilvekst i sjøen. Dette bør også undersøkes i de kommende år.

Resultatene fra Eikesdalen viste at ved ingen av prøvetidspunktene regulerte ørret- og laksesmolten tilfredsstillende etter sjøvannstesting. Det er kjent at smoltens størrelse har betydning for evne til sjøvannstoleranse (Parry 1958; Hoar 1988). Både laksen og ørreten var over denne minstestørrelsen slik at dette ikke skulle være den begrensende faktoren. Fisken hadde delvis utviklet smoltdrakt, men viste ikke noen grad av sjøvannstoleranse. Visuell smoltkarakter (f.eks. sølvfarging) er ikke tilfredsstillende kriterier for dokumentasjon av smoltifisering. Visuell smolt er ikke nødvendigvis en fysiologisk funksjonell smolt. Mange forandringer av visuell karakter kan forklares som variasjoner av fiskens vekstmønster. En slik størrelsesrelatert sølvfarging er blitt rapportert hos Atlantisk laks og sølvlaks (*Oncorhynchus kisutch*) (Johnston & Eales 1970; McMahan & Hartman 1988).

Lysstyringen ved Eikesdalsanlegget var lite tilfredsstillende for perioden 1993/1994 (se figur 6) slik at endel av resultatene vi fikk i denne undersøkelsen kunne tilskrives dette. For perioden 1994/1995 ble det derfor lagt opp følgende lysstyring. Fra midten av november skal belysningen tas ned fra 12 timer lys til 6 timer lys innen den 01.12.94. Dette lysregimet (6 timers lys og 18 timers mørke) skal holdes konstant til den 01.03.95. Da skal lyset gradvis tas opp med 1 time per dag fram til den 14.03.95 da et lysregime på 20 timers lys og 4 timers mørke (mørke fra kl. 2400 til 0400) oppnås. Dette lysregimet skal så holdes fram til utsetting for så å gradvis minkes fram mot høsten. Ved overgangen fra

mørke til lys og omvendt ble det skissert at lyset skulle dimmes over en periode på ½ til 1 time. Dette for å unngå å stresse fisken.

Utsettingsmetoden ved dette anlegget medfører unødig mye håving og bør forbedres. Det er foretatt merkeforsøk på fisk fra Eidfjorden tidligere og gjenfangstdataene derfra har vært lave (Jakobsen et al. 1992). Dette kan muligens settes i sammenheng med at den utsatte fisken fra dette vassdraget ikke hadde den nødvendige osmoregulatoriske kapasiteten tilstede for å mestre overgangen fra ferskvann til sjøvann. For 1995 er det skissert et merkeprosjekt (A. Jensen, NINA, pers. medd.). Disse merkeforsøkene gjør det da mulig å kontrollere vandring, vekst og overlevelse med kvaliteten på den produserte smolten. Slike aspekt bør undersøkes i de kommende år.

Fra smolttestingene ved vinteranlegget på Ler viste resultatene at laksesmolten produsert ved dette anlegget hadde en meget god osmoreguleringsevne. Dette kan sannsynligvis tilskrives gode sorteringsrutiner, samt at fisken god tid i forveien fikk tilført naturlig belysning gjennom taket som igjen førte til en god smoltifiseringsutvikling. Merkeforsøk av denne fisken har i perioden 1986 til og med 1993 gitt gjenfangstresultater fra 0.35 til 1.2 prosent (N.A. Hvidsten, NINA, pers. medd.). Disse utsettingene bør følges opp i de kommende år. Utsettingsmetoden ved dette anlegget medfører unødig mye håving og bør forbedres. Det bør foretas fysiologiske analyser av denne prosessen.

Resultatene så langt har vist at både sjøørret og laks testet ved produksjonsanlegget i Eidfjord hadde en god osmoreguleringsevne etter at fisken ble eksponert for en standardisert sjøvannstest to perioder før utsetting. Lysstyringen var ikke ideell ved dette anlegget slik at innblandingen av sjøvann i produksjonskarene kan ha bidratt til å øke smoltifiseringsutviklingen fram mot utsetting. Dette aspektet undersøkes nærmere i 1995. Utsettingsmetoden ved dette anlegget medfører unødig mye håving og bør forbedres. I og med at det ikke er utført noen merkeforsøk på utsettingsmaterialet vet man ikke noe om fiskens overlevelse og tilvekst i sjøen. Dette bør også undersøkes i de kommende år.

I Eikesdalen viste resultatene fra testingen av sjøørret og laks at fisken ikke osmoregulerte i de tre periodene den ble testet før utsetting. Det var også stor dødelighet under testperiodene. Dette skyldes sannsynligvis en ufullstendig lysstyring gitt ved dette anlegget i perioden 1993/1994. Utsettingsmetoden ved dette anlegget medfører unødig mye håving og bør forbedres. Det bør foretas fysiologiske analyser av denne prosessen. Det er foretatt merkeforsøk på fisk fra Eikesdalen tidligere og gjenfangstdataene derfra har vært lave. Dette kan

sannsynligvis settes i sammenheng med at den utsatte fisken fra dette vassdraget ikke hadde den nødvendige osmoregulatoriske kapasiteten for å mestre overgangen fra ferskvann til sjøvann. Merkeforsøk av denne fisken bør også følges opp i de kommende år. I tillegg bør det vurderes å saltføre denne fisken en måned før utsetting.

Fra smolttestingene ved vinteranlegget på Ler viste resultatene at laksesmolten produsert ved dette anlegget hadde en meget god osmoreguleringsevne. Dette kan sannsynligvis tilskrives gode sorteringsrutiner, samt at fisken god tid i forveien fikk tilført naturlig belysning gjennom taket som igjen førte til en god smoltifiseringsutvikling. Utsettingsmetoden ved dette anlegget medfører unødig mye håving og bør forbedres. Det bør foretas fysiologiske analyser av denne prosessen. Merkeforsøk av denne fisken bør følges opp i de kommende år.

## 5 Litteratur

- Amesen, A. M., Halvorsen, M. & Nilssen, K. J. 1992. Development of hypoosmoregulatory capacity in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) reared under continuous light or natural photoperiod. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 229-237.
- Bagenal, T. B. & Tesch, F. W. 1978. Age and growth. - I: Methods for assessment of fish production in fresh water. IBP handbook no. 3, 3rd edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 101-136.
- Blackburn, J. & Clarke, W. C. 1987. Revised procedure for the 24 hour seawater challenge test to measure seawater adaptability of juvenile Salmonides. - *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, No. 1515: 35 s.
- Clarke, W.C., Lundquist, H. & Eriksson, H. 1985. Accelerated photoperiod advances seasonal cycle of seawater adaption in juvenile Baltic salmon, *Salmo salar*. - *J. Fish. Biol.* 26: 29-35.
- Clarke, W. C. & Shelbourne, J. E. 1986. Delayed photoperiod produces more uniform growth and greater seawater adaptability in underyearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). - *Aquaculture* 56: 287-299.
- Clarke, W. C., Shelbourne, J. E., Ogasawara, T. & Hirano, T. 1989. Effect of initial daylength on growth, seawater adaptability and plasma growth hormone levels in underyearling coho, chinook, and chum salmon. - *Aquaculture* 82: 51-62.
- Duston, J. 1993. Effects of dietary betaine and sodium chloride on the seawater adaption of Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.). - *Comp. Biochem. Physiol.* 105 A: 673-677.
- Eriksson, L.O. & Lundquist, H. 1982. Circannual rhythms of photoperiod regulation of growth and smolting in Baltic salmon (*Salmo salar* L.). - *Aquaculture* 28: 113-121.
- Evans, D. H. 1979. Fish. - I: Maloiy, G. M. O. (ed). Osmotic and ionic regulation in animals, Vol 1. Academic Press, New York: 304-390.
- Evans, D. H. 1984. The roles of gill permeability and transport mechanisms in euryhalinity. - I: Hoar, W. S. & Randall, D. J. (eds). *Fish Physiology*. Vol XB. Academic Press, New York: 239-283.
- Finstad, B., Nilssen, K. J. & Amesen, A. M. 1989. Seasonal changes in sea-water tolerance of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). - *J. Comp. Physiol. B* 159: 371-378.
- Folmar, L. C. & Dichoff, W. W. 1980. The parr-smolt transformation (smoltification) and seawater adaption in Salmonids. A review of selected literature. - *Aquaculture* 21: 1-37.
- Foskett, J. K., Bem, H. A., Machen, T. E. & Conner, M. 1983. Chloride cells and the hormonal control of teleost fish osmoregulation. - *J. Exp. Biol.* 106: 255-281.
- Gwinner, E. 1981. Circannual rhythms. - Springer-Verlag, Berlin.
- Heggberget, T.G., Staumes, M., Strand, R. & Husby, J. 1992. Smoltifisering hos laksefisk. - NINA Forskningsrapport 31: 1-42.
- Hoar, W.S. 1988. The physiology of smolting salmonids. - I: Hoar, W.S & Randall, D.J. (eds). *Fish physiology: The physiology of developing fish. Viviparity and posthatching juveniles*, vol. XIB. Academic Press, New York: 275-343.
- Iversen, M. & Nilssen, K. J. 1995. Photoperiodic control of smoltification in Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). submitted.
- Jackson, A.J. 1977. Reducing trout mortality after seawater transfer. - *Fish Farming Int.* 4: 31-32.
- Jakobsen, H.J., Jensen, A.J., Johnsen, B.O., Møkkelgjerd, P.I. & Saksgård, L. 1992. Laks og sjøaure i Auravassdraget 1987-1990. - NINA Forskningsrapport 027: 1-35.
- Johnston, C. E. & Eales, J. G. 1970. Influence of body size on silvering of Atlantic salmon (*Salmo salar*) during parr-smolt transformation. - *J. Fish. Res. Board Canada* 24: 955-964.
- Kavaliers, M. 1980. The pineal organ and circadian rhythms of fishes. - I: Ali, M. A. (ed). *Environmental physiology of fishes*. Plenum Press, New York: 631-645.
- McCormick, S.D., Saunders, R.L., Henderson, E.D. & Hamon, P.R. 1987. Photoperiodic control of parr-smolt transformation in Atlantic salmon (*Salmo salar*): changes in salinity tolerance, gill Na-K-ATPase activity, and plasma thyroid hormones. - *Can. J. Zool.* 54: 1960-1968.

- McCormick, S. D. & Saunders, R. L. 1987. Preparatory physiological adaptations for marine life of salmonides: Osmoregulation, growth, and metabolism. - Am. Fish. Soc. Symp. 1: 211-229.
- McDonald, D. G. & Milligan, C. L. 1992. Chemical properties of the blood. - I: Hoar, W. S., Randall, D. J. & Farrel, A.P. (eds). Fish physiology. Vol XII B. Academic Press, New York: 55-133.
- McMahon, T.E. & Hartman, G.F. 1988. Variations in the degree of silvering of wild coho salmon *Oncorhynchus kisutch*, smolts migration seaward from Camation Creek, British Columbia. - J. Fish. Biol. 32: 825-833.
- Moore-Ede, M. C., Sulzman, F. M. & Fuller, C. A. 1982. The clocks that time us. - Harvard University Press, London: 448s
- Nilssen, K. J., Gulseth, O. A., & Finstad, B. 1995. Hypoosmoregulatory capacity in first-time migrants of anadromic Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). - Submitted Can. J. Zool.
- Norsk almanakk 1994. - Almanakkforlaget, Oslo.
- Parry, G. 1958. Size and osmoregulation in salmonid fishes. - Nature (Lond.) 181: 1218-1219.
- Payan, P. & Girard, J. P. 1984. Branchial ion movements in teleost: The role of respiratory and chloride cells. - I: Hoar, W. S. & Randall, D. J. (eds). Fish physiology. Vol XB. Academic Press, New York: 39-63.
- Smith, L. S. 1982. Decreased swimming performance as a necessary component of the smolt migration in salmon in the Columbia river. - Aquaculture 28: 153-162.
- Staumes, M. & Måsøval, K. 1991. Smoltifiseringsfysiologi. - I: Wathne, E. (ed). Smoltkompendiet. Norske Felleskjøp, Dirdal:13-38.
- Staumes, M., Sigholt, T. & Reite, O. B. 1992. Smoltifisering. - I: Døving, K. & Reimers, E. (eds). Fiskens fysiologi. John Grieg Forlag, Stavanger: 308-317.
- Staumes, M. & Finstad, B. 1993. Saltanrikt smoltfôr øker sjøvannstoleransen hos røyesmolt. - Akvanomen 1: 10-11.
- Symons, P. E. K. 1976. Behaviour and growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*), and three competitors at two stream velocities. - J. Fish. Res. Bd. Can. 33: 2766-2773.
- Vatne, T. 1989. Smoltifisering og smoltkvalitet hos Atlantisk laks (*Salmo salar*) holdt ved simulert naturlig lysrytme, naturlig lysrytme og kontinuerlig belysning. - Hovedfagsoppgave i akvakultur, Universitetet i Trondheim, AVH. 55 s.
- Wedemeyer, G. A., Saunders, R. L. & Clarke, W. C. 1980. Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids. - Mar. Fish. Rev. 42: 1-14.
- Zaugg, W.S. & McLain, L.R. 1969. Inorganic salt effects on growth, salt water adaption, and gill ATPase of Pacific salmon. - I: Neuhaus, O.W. & Halver, J.E. (eds). Fish in Research. Academic Press, New York: 293-306.
- Zaugg, W.S., Roley, D.D., Prentice, E.F., Gores, K.X. & Waknitz, F.W. 1983. Increased seawater survival and contribution to the fishery of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) by supplemental dietary salt. - Aquaculture 32: 183-188.
- Zaugg, W.S., Prentice, E.F. & Waknitz, F.N. 1985. Importance of river migration to the development of seawater tolerance in Columbia River anadromous salmonids. - Aquaculture 51: 33-47.



ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0562-9

341

**NINA**  
**OPPDRAKS-**  
**MELDING**

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

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