

# Forsuringsstatus og effekter på smolt i Suldalslågen våren 2001

Rita Strand  
Bengt Finstad  
Frode Kroglund  
Hans-Christian Teien

**NINA Oppdragsmelding 780**

# Forsuringsstatus og effekter på smolt i Suldalslågen våren 2001

Rita Strand<sup>1</sup>

Bengt Finstad<sup>1</sup>

Frode Kroglund<sup>2</sup>

Hans-Christian Teien<sup>3</sup>

## NINA publikasjoner

NINA utgir følgende faste publikasjoner:

### NINA Fagrapport

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

Opplag: Normalt 300-500

### NINA Oppdragsmelding

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

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

### NINA Project Report

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

Opplaget varierer avhengig av behov og målgrupper

### Temahefter

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

Opplag: Varierer

### Fakta-ark

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

Opplag: 1200-1800

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

Strand, R., Finstad, B., Kroglund, F. & Teien, H.C. 2003. Forsuringsstatus og effekter på smolt i Suldalslågen våren 2001. - NINA Oppdragsmelding 780: 17pp

Trondheim, februar 2003

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1387-7

Forvaltningsområde:

Forurensning

Pollution

Rettighetshaver ©:

NINA

Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Norun S. Myklebust

Design og layout:

Synnøve Vanvik

Sats: NINA

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:

NINA

Tungasletta 2

N-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefax: 73 80 14 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 113505 Forsuring - villfisk

Ansvarlig signatur:

*Norun S. Myklebust*

Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

## Referat

Strand, R., Finstad, B., Kroglund, F. & Teien, H-C. 2002. Forsuringsstatus og effekter på smolt i Suldalslågen våren 2001. – NINA Oppdragsmelding 780: 17pp.

Prosjektet startet i 1996 og hadde som formål å vurdere betydningen av vannkvalitet for laksebestanden i Suldalslågen. Utgangspunktet for prosjektet var at laksefangstene i Suldalslågen hadde gått tilbake over år og dette ble satt i sammenheng med forsuring av vassdraget. Gjennom kontrollerte utsettingsforsøk med merket smolt, og gjennom studier av fysiologiske responser hos stedegen laks og hos anleggsprodusert fisk i bur i elv, undersøke vi smoltkvalitet og hvorvidt forsuring påvirket smoltens overlevelse.

Det nasjonale overvåkingsprogrammet har dokumentert forsuringsepisoder innen vassdraget, hvor det i perioder ble målt lav pH og høye konsentrasjoner av uorganisk monomert aluminium (Al<sup>3+</sup>). Forsuringsepisodene oppsto i perioder da vannføringen i Suldalslågen var dominert av vann fra sidebekkene ettersom flere av sidebekkene inneholder surt vann og høye konsentrasjoner av Al<sup>3+</sup>.

Vannkjemien i Suldalslågen var i 2001 god, med pH som lå over 6,2 hele våren, fra mars til mai, og var ved ett tidspunkt i april over 7,0. I årene 1998, 1999 og 2000 var aluminiumskonsentrasjonene lavere enn tidligere år, samtidig som kalsiumnivået og pH hadde økt. Totalt organisk karbon økte også svakt, noe som kan ha medført at mer Al forelå på organisk og ufarlig form de siste undersøkelsesårene. Vannkvaliteten har blitt ytterligere forbedret i løpet av 2001, hvor både pH og kalsiumkonsentrasjon var noe høyere enn tidligere år. Konsentrasjonen av labilt aluminium viste verdier lavere enn 10 µg, som er satt som grense for akseptabel Al i en humusfattig elv som Suldalslågen. Det er rimelig å sette vannkvalitetsforbedringene i sammenheng med kalkingen som ble igangsatt seint i 1997.

Villfisker i vassdraget hadde fortsatt akkumulering av aluminium på gjellene, men akkumuleringen var lav og har sannsynligvis liten biologisk betydning. Anleggsmolten i bur i elva hadde lavere Al akkumulering på gjellene enn villfisker, noe som sannsynligvis skyldes at villsmolten akkumulerte Al over en lengre tidsperiode. Akkumulering av aluminium på gjellene hos anleggsmolten var langt lavere i 2001 enn i 2000, og de fysiologiske parametrene var normale for både villfisk og anleggsmolt, noe som indikerer at vannkvaliteten i Suldalslågen har blitt forbedret. Fisker hadde en gjennomgående bedre fysiologisk status enn tidligere år.

Sjøvannstestene viste at anleggsmolten utviklet normal sjøvannstoleransen utover våren og fram mot utsetting. Registreringer foretatt av villsmoltens utvandring i 2001 sammenholdt med tidspunkt for utsetting av anleggsprodusert smolt, viser at utsettingene ble foretatt innen den naturlige utvandningsperioden for villsmolten. Smolten ble i 2001 dermed satt ut til riktig

tid både i forhold til smoltifiseringsgrad og i forhold til villsmoltens utvandringstidspunkt.

Best gjenfangster er oppnådd i grupper satt ut i slepenot plassert i elvemunningen og påfølgende dag slept ut Sandsfjorden. Utslepte grupper utsatt i 1998 og 1999 hadde en gjenfangstrate på henholdsvis 1,3 og 1,1%, mens ingen av de elveutsatte/lusbehandlede gruppene fra disse årene hadde høyere gjenfangstprosent enn 0,6%. Overlevelsen hos smolt satt ut i Suldalslågen synes dårligere enn det som kan forventes basert på gjelle-Al målt på fisk ved klekkeriet og basert på akkumuleringer innen vassdraget. Andre årsaker til dødelighet, som lakselus og estuarine blandsoner, kan derfor ikke utelukkes.

Emneord: Forsuring, laks, fysiologi, feltforsøk, utsettingsforsøk, vannkvalitet.

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

Frode Kroglund, Norsk institutt for vannforskning, Televeien 3, 4879 Grimstad.

Hans-Christian Teien, Norges Landbrukshøgskole, LAK, Boks 5026, 1432 Ås.

## Abstract

Strand, R., Finstad, B., Kroglund, F. & Teien, H-C. 2001. Acidification and effects on smolts in the River Suldalslågen in spring 2000. - NINA Oppdragsmelding 780: 17pp.

This project, initiated in 1996, examine how acidification and aluminium affect smoltification and other physiological responses in Atlantic salmon in the River Suldalslågen and how this might affect the survival at sea. The background for this project was the observed decline in catches of Atlantic salmon in this river during recent years, and the hypothesis that this might be due to acidification.

The monitoring of water quality has indicated that there are acidic periods in the river. These periods are characterised by low pH and high concentrations of inorganic monomeric aluminium (Al<sub>i</sub>). The acidic episodes occurred when the water discharge was dominated by water from the acidic tributaries, characterised by acidic water and high concentrations of Al<sub>i</sub>.

The water quality of the River Suldalslågen in 2001 was good, with pH values above 6.2 in the spring (March to May), and one occasion in April, above 7.0. During the years 1998, 1999 and 2000 the aluminium concentrations were lower than previous years, while at the same time the calcium level and pH had increased. Total organic carbon also showed a slight increase, which might have caused more Al to be available in an organic form. The water quality has further improved during 2001; both pH and calcium concentration were somewhat higher than previous years. Also the Al<sub>i</sub> concentrations showed lower values than previous years. This improvement may be attributed to the liming activity that was started in 1997.

The wild fish in the watercourse still experienced Al accumulation in their gills in 2001, but levels were low and have probably had little impact on the biology of the fish. Hatchery reared fish placed in cages in the river experienced even lower Al accumulation in their gills than the wild fish, which may be due to a longer exposure time for the wild fish. The accumulation of aluminium in the gills of the hatchery reared fish was much lower in 2001 than in 2000, and physiological parameters were normal for both the wild- and the hatchery reared fish, indicating that water quality in the River Suldalslågen has improved.

Seawater tolerance tests of hatchery reared smolts showed that the hatchery reared fish developed a normal seawater tolerance during the spring. Registrations of the wild salmon run in 2001 indicated that hatchery reared smolt were released within the smolt migration period for the wild smolt. Thus, the hatchery reared smolt in 2001 were released at the right time both with respect to degree of smoltification and to the wild smolt run.

Smolt towed out of the fjord from the outlet of the River Suldalslågen showed the highest recapture rates. For the

groups towed out in 1998 and 1999 the recapture rates were 1.3% and 1.1%, respectively, while groups released at other sites (in the river and estuary) and groups that were treated with an agent protecting against louse infection showed very low recapture rates (not above 0.6%). The survival for the smolt released in the River Suldalslågen seems lower than one may expect from the gill-Al measured for fish in the hatchery and based on accumulations within the watercourse. Other reasons for mortality, as salmon lice infections and estuarine mixing zones may help to explain this.

Key words: Acidification, Atlantic salmon, physiology, field experiments, releasing experiments, water quality.

Rita Strand & Bengt Finstad, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, NO-7485 Trondheim, Norway.  
Frode Kroglund, Norwegian Institute for Water Research, Televeien 3, NO-4879 Grimstad, Norway.  
Hans-Christian Teien, Agricultural University of Norway, LAK, Box 5026, NO-1432 Ås, Norway.

## Forord

Prosjektet ble startet i 1996 som et samarbeidsprosjekt mellom NINA, NIVA og LFI-Bergen, hvor prosjektansvar ble fordelt mellom Bengt Finstad (NINA) og Frode Kroglund (NIVA).

Prosjektet hadde som utgangspunkt å undersøke smoltkvalitet og hvorvidt forsurening påvirker smolten fysiologisk og atferdsmessig, og på grunnlag av dette vurdere konsekvenser og betydning av forsurening og kalking i Suldalslågen.

Smoltkvalitet før kalking ble undersøkt i 1996 og 1997. I 1997 ble kalkingen av vassdraget utvidet, og i 1998 - 2000 ble effekter av utvidet kalking undersøkt, hvor fiskestatus i forhold til forsurening ble evaluert. Effekter av kalking på smoltkvalitet ble undersøkt i 1998, 1999 og 2000. Våren 1999 og 2000 ble også fisk i sidebekker til Suldalslågen testet med hensyn til effekter av vannkvalitet.

Det foreligger fem årsrapporter for "Forsuring- og kalkingsundersøkelser i Suldalslågen". Feltarbeidet som ligger til grunn for denne rapporten ble gjennomført i perioden mars til mai 2001. Undersøkelsen er finansiert av Direktoratet for naturforvaltning. En stor takk rettes til Øyvind Vårvik ved Suldal Elveeigarlag for hjelp under denne undersøkelsen.

Trondheim, februar 2003

Bengt Finstad & Frode Kroglund  
prosjektledere

## Innhold

Referat.....	3
Abstract .....	4
Forord.....	5
1 Innledning .....	6
2 Materiale .....	7
2.1 Vannkjemi.....	7
2.2 Fiskeforsøk .....	7
3 Resultater .....	10
3.1 Fysiologiske undersøkelser av laks .....	10
3.2 Vannkjemi.....	12
3.3 Gjenfangster fra utsettingsforsøk.....	12
4 Diskusjon .....	15
6 Litteratur.....	16

# 1 Innledning

## Vannkvalitet

I DVF elveovervåkingsprogram fra 1972 til 1980 var pH i Suldalslågen  $6,2 \pm 0,1$  ( $n=104$ ). Ved to anledninger var pH lavere enn 6,0, og da på 5,95. Forsuringsepisoder synes således å ha vært sjelden i vassdraget på 1970-tallet. På 1990-tallet og før vassdraget ble kalket i 1997 ble det påvist hyppige forsuringsepisoder i Suldalslågen. Disse var relatert til vannbidrag fra restfeltet (sidebækker langs anadrom strekning av elva). Episodene var karakterisert med til dels betydelig fall i pH og økte konsentrasjoner av total aluminium (Al). I hovedvassdraget er det målt pH-verdier under 5,0. Under disse surstøt episodene kan Al mobiliseres og resultere i høye Al-konsentrasjoner ( $> 50 \mu\text{g Al}$ ). Det ble antatt i enkelte rapporter fra LFS-prosjektet at disse forsuringsepisodene kunne skade fiskebestandene i vassdraget (Heggberget et al. 1994; Blakar 1995), selv om slike sammenhenger ikke har vært forsøkt påvist (Kaasa et al. 1998). Selv om vi ikke har satt sammen vannkjemien over hele observasjonsperioden synes vannkvaliteten før siste regulering å være forskjellig fra vannkvaliteten etter reguleringen. Likeledes er vannkjemien etter kalking forskjellig fra vannkvaliteten forut for kalkingen.

Basert på data fra de siste 15 årene synes det rimelig å konkludere med at forsuringsutviklingen i Suldalslågen delvis skyldes tilførsler av surt vann fra Blåsjømagasinet til Suldalsvannet og delvis forsuringsutviklingen i restfeltet til Suldalslågen (og da i hovedsak i områdene nedenfor demningen). I følge Blakar (1995), har reduksjon av alkalinitet (bufferevne) i Suldalsvannet medført at vanntilførslene fra innsjøen etterhvert har fått mindre evne til å avgifte det periodevis sure vannet fra restfeltet. Deler av restfeltet til Suldalslågen er i perioder betydelig forsuret, hvor sidebækkene nedstrøms Ritland synes å være mer forsuret enn bækkene mellom Ritland og demningen ved Suldalsosen. Ved lav vannføring (minstevannføring over demningen ved Suldalsosen) vil tilførsler fra det sure restfeltet kunne dominere vannkvaliteten i nedre deler av Suldalslågen. Kalkingsanlegget på utløpet av Suldalsvannet som ble etablert i 1986 hadde kun til formål å kalke vanntilførslene fra Suldalsvannet, ikke pH-justere vannkvaliteten ved Sand som er 20 km lengre nede i vassdraget. Dette innebærer at kalkingsanlegget ikke kunne opprettholde god vannkvalitet i hele Suldalslågens lengde og derved heller ikke gi fisken i vassdraget tilstrekkelig vannkjemisk beskyttelse. Forsuringssituasjonen etter etablering av Blåsjømagasinet er også påvirket av endringer i det hydrologiske regimet. Endringer i sur nedbør og jordbunnsegenskaper har i neste omgang bidratt til å komplisere sammenhengene mellom vannkjemie og årsakene til endringene og variasjonene.

Som følge av momentene ovenfor kan det konkluderes med at vannkvaliteten i Suldalslågen sannsynligvis er labil, og at vannkvaliteten kan forverres fra Suldalsvannet og ned til elvemunningen etterhvert som vassdraget tilføres surt vann fra sidebækkene. Den biologiske responsen på forsuringsepisodene vil avhenge av episodenes intensitet og varighet og i hvilken grad fiskens kvalitet kan reetableres etter en episode.

Ettersom ulike livsstadier og –egenskaper har ulike toleranse for surt vann forventes det effekter på marin overlevelse før det nødvendigvis vil påvises effekter på yngel- og presmolt-tettheter innen vassdraget.

## Kalking

Ny kalkingsstrategi ble igangsatt høsten 1997 (DN-2000). Innsjøene Killingvatnet, Ritlandsvatnet, Augnastølsvatnet og Hiimsvatnet ble kalket i månedsskiftet oktober/november 1997. Kalkingen repeteres årlig.

Det er plassert kalkdoserere i sidebækkene Osvad, Tjøstheimsåna, Mosåna og Tveitliåna. Disse kom i drift i 1998. Kalkingen foregikk manuelt fram til oktober 1998. Deretter ble anleggene styrt automatisk av vannføringen. I 1998 var kalkingen heller for høy enn for lav og det ble ved flere anledninger målt pH mellom 6,7 og 7,0. De vannkjemiske målene ser ut til å være nådd i 1999 og 2000. Oppnådd vannkjemisk forbedring er rapportert i DN-FoU rapportserien (DN 2000). Med hensyn til smoltkvalitet betrakter vi årene 1996 og 1997 som representative for perioden før kalking, og årene 1999 og 2000 som representative for år hvor kalkingsmålet skal være oppfylt. 1998 representerer et overgangså der vi ikke kan være sikre på kalkingskvaliteten til enhver tid.

## Smolt

I 1994-2001 ble smoltkvaliteten i vassdraget vurdert på bakgrunn av fiskens fysiologisk status (Kroglund et al. 1995; 1996; 1998c, Finstad et al. 1999a, b; 2000; Strand et al. 2000; 2001). Det er i tillegg utført flere kontrollerte eksponeringsforsøk for fastsettelse av pH- mål for kalking (Kroglund et al. 1998a, b; Kroglund et al. 2001a, b).

## 2 Materiale

### 2.1 Vannkjemi

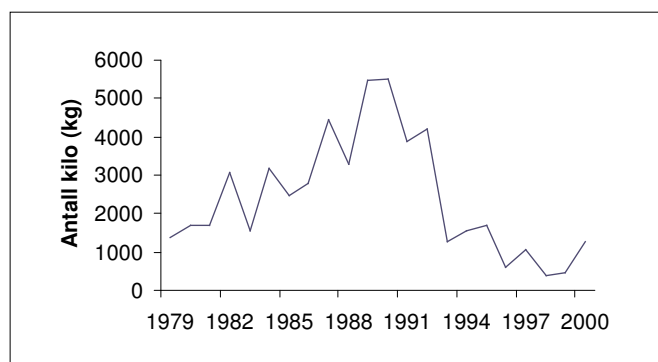
Vannkjemien ble analysert ved Isotoplaboratoriet ved Landbrukshøgskolen på Ås, i henhold til kriterier beskrevet i tidligere årsrapporter (se Finstad et al. 2000; Strand et al. 2001).

### 2.2 Fiskeforsøk

Fangstene av laks har gått tilbake i Suldalslågen de siste årene (**figur 1**). For å teste vannkvalitetens betydning på smoltkvalitet utførte vi fysiologiske tester av vill smolt fra ulike stasjoner i Suldalslågen. I denne undersøkelsen ble anleggsproduert laks, som er avkom av stamlaks fra Suldalslågen, og vill smolt som ble fanget ved hjelp av elfiske, benyttet til å teste vannkvalitetens effekt på fisk i Suldalslågen. Det forventes at en "god" smolt skal ha normal fysiologisk status i ferskvann samt at den skal etablere normal saltvannstoleranse innenfor den naturlige smoltutvandringsperioden (Finstad & Jonsson 2001). Naturlig smoltutvandringsperiode er ikke fastlagt for Suldalslågen, men den årlige registreringen av smolt fanget i felle ved Sand angir at 50% av villfisken har vandret ut av vassdraget i perioden 27.april til 15.mai. Anleggsproduert yngel satt ut i vassdraget vandret normalt noen dager senere enn villfisken.

I 2001 ble aktiviteten redusert i forhold til tidligere år. Vi fokuserte på å ta fysiologiske prøver av elfisket vill smolt fra kun to stasjoner i elva ved Grov (nedenfor Juvet) og ved gammel stasjon Foss (ovenfor Fossåna) (**figur 2**). Anleggsproduert smolt ble plassert i bur i elva ved de samme lokalitetene. Fisken ble plassert i bur ved de ulike stasjonene den 27.03 og ble holdt der til forsøksslutt den 08.05. Fisk ble holdt tilbake i bur i kar i anlegget som kontroll mot gruppene i bur i elva. Fisk i kar i anlegget fungerte som kontroll mot fisken i bur i kar.

Fysiologiske prøver ble tatt ved syv tidspunkter fra mars til mai 2001, og sjøvannstester ble i tillegg utført på fisk i kar i anlegget og en gruppe i mai i bur i kar i anlegget (**tabell 1**).



**Figur 1.** Fangst (kg) av laks i Suldalslågen fra 1979 til 2001.

### Analyser av fiskens fysiologiske respons på vannkvalitetsendringer

Parametrene som ble målt var gjellealuminium, glukose, hematokritt og klorid. Aluminium på gjellene indikerer mulighet for skade på gjellene, og benyttes i overvåkingsprogrammer for å indikere forgiftning. Gjellelev er organet for oksygenopptak og er det organet som er mest følsomt for endringer i vannkvalitet. Når fisk eksponeres for aluminium i surt vann, oppstår strukturelle endringer i gjellene. Dersom akkumuleringen av Al er rask nok og tilstrekkelig intens, vil det oppstå hemming av gassutveksling og/eller vevsskader av et omfang som gjør at fisken kan dø innen kort tid. I mindre giftige vannkvaliteter vil endringene utvikles saktere og fisken overlever eller lever lengre. Selv om det ikke påvises tetthetsreduksjoner i elvefasen kan vannkvaliteten likevel ha bestandseffekter ved å påvirke vekst og smoltfiseringsutvikling. Det er vist i en rekke forsøk at moderat surt vann påvirker aktiviteten til saltreguleringsenzymet Na-K-ATPase som dermed svekker saltvannstoleransen (Staurnes et al. 1993; Kroglund & Staurnes 1999). Det er påvist redusert marin overlevelse til laksesmolt eksponert i moderat forsuret eller forsuret vann (Staurnes et al. 1996; Finstad et al. 2000; Kroglund & Finstad 2001). Det er framsatt en hypotese at vannkvalitet ved å påvirke smoltfiseringsringene også kan påvirke utvandringstidspunkt. Økt marin dødelighet vil redusere gytefiskbestanden. Vannkvalitet under oppvandring kan videre påvirke oppvandringsatferd samt reproduksjon, befruktning og rognutvikling. Alle disse faktorene bidrar til fastsettelse av vannkvalitetskrav. Foruten forsurening vil en lang rekke andre miljøfaktorer også bidra til fangstutbyttet. For laksen i Suldalslågen vil dette være vannføring, lakselus og marint klima. Samtidig er det en viss sannsynlighet for at utvandrende laksesmolt også påvirkes negativt av Al i brakkvannsfasen av Sandsfjorden.

Øvre grense for gjellealuminium er ikke fastlagt for referansevassdrag. Basert på et større materiale fra settefiskanlegg ( $n > 100$ ) synes grensen normalt å ligge i underkant av 5 µg Al/g gjelle tørrvekt i klarvannselver med høy pH og høy Ca-konsentrasjon. Dersom konsentrasjonene er høyere enn dette foregår det metallakkumulering. Al konsentrasjon på gjeller er derved en bioindikator på gjellereaktivt Al i vannet. Variasjon av Al konsentrasjon på gjeller er derfor en god markør for endringer i konsentrasjonen av reaktive Al tilstandsformer i vannet.

Plasmaklorid-konsentrasjonen hos presmolt og smolt ligger normalt omkring 130-135 mM. Dersom fisk skades, f.eks. som følge av giftig vannkvalitet, vil fisk både kunne tape salter fra blodet (gjennom gjeller), og ha redusert evne til å erstatte de tapte saltene (aktivt opptak gjennom gjellene). Skader på fisken resulterer i at saltkonsentrasjonen i blodet avtar. Verdier under 90 mM vil være kritiske, og det vil kunne forekomme dødelighet i ferskvann. I sjøvannstester skal smolten kunne opprettholde normal plasmaklorid-konsentrasjon (140-150 mM) på tross av at saltkonsentrasjonen i sjøvann (SV) er svært høy i forhold til i ferskvann. Skadet fisk vil ikke klare å kvitte seg med overskuddssalt. Dette registreres som forhøyede plasmaklorid-verdier. Verdier høyere enn 160 mM indikerer begynnende skade, og verdier høyere enn 170-180 mM kan

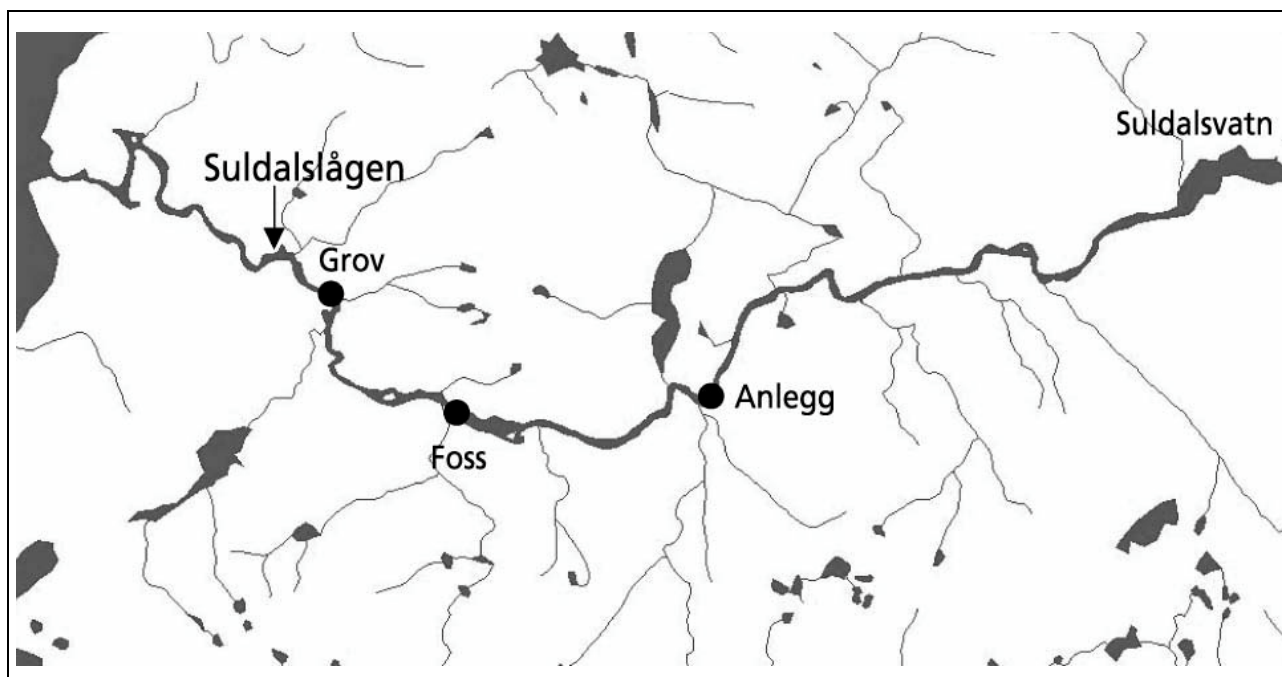


være kritisk med hensyn til overlevelse etter utvandring til sjøvann.

Glukosenivået øker under eller etter en stressrespons for å gi energi til fisken. Økte glukosenivåer igangsettes eller opprettholdes ved hjelp av plasmakortisol og adrenalinens virkning på henholdsvis muskel og lever. Normalverdier hos fisk ligger mellom 3-5 mM. Erfaringsmessig er nivåene lavere hos villsmolt fanget i elv enn hos anleggsprodusert smolt. Dette kan blandt annet skyldes forskjeller i førtilgang.

Hematokritt (prosentvolum røde blodceller) verdiene ligger normalt rundt 40%. Fisk skadet på grunn av surt vann har vanligvis en økning i hematokritt pga. redusert blodvolum og/eller redusert saltkonsentrasjon i blodet som fører til cellevelling og/eller økt frigivelse av blodceller fra milten. I sjøvannstester vil hematokrittverdiene synke.

Nivåene av plasmaklorid, hematokritt, glukose og gjellealuminium grupperes fra normaltstand til dødelig (**tabell 2**). Resultatene diskuteres i forhold til disse grensenivåene.



Figur 2. Suldalslågen med prøvetakingsstasjoner 2001.

Tabell 1. Tidspunkter for fysiologiske prøver og sjøvannstester hos forsøksgruppene i Suldalslågen våren 2001.

Prøvetidspunkt	Vill elfisket		Bur i elv		Kar i anlegg	Bur i kar i anlegg
	Foss	Grov	Foss	Grov		
27.03.01	X	X			X *	
03.04.01			X **	X **		X **
11.04.01			X	X	X *	X
17.04.01			X **	X **		X **
23.04.01			X	X	X *	X
02.05.01	X	X	X **	X **		X **
08.05.01			X	X		X *

\* Sjøvannstestet

\*\* Kun gjellealuminiumsmålinger

**Tabell 2.** Kriterier for evaluering av fysiologiske effekter benyttet i denne rapporten. I saltvannstestene må smoltstatus og referanseverdier inkluderes som vurderingsgrunnlag.

		Enhet	Normal tilstand/ ingen effekt påvist	Grense for effekt	Moderat effekt	Betydelig effekt	Akutt dødelig
Ferskvann	Dødelighet	%	0	>0	1-10	10-30	100
	Plasmaklorid	mM	>120	120	119-110	109-90	<90
	Hematokritt	%	<45	45	46-54	55-65	>65
	Glukose	mM	<5	5	5-9	9-12	>12
	GjelleAl*	µg Al/g gjelle tv	<10*	10-30	31-100	>100	>400
Saltvannstest	Dødelighet	%	0	>0	1-10	10-30	
	Plasmaklorid	mM	<160	160	161-170	171-190	>190
	Hematokritt	%	>40	40	39-30	29-20	<20
Beregninger	Plasma Cl i sjø- vann minus plas- ma Cl i ferskvann	mM	<30	40	41-60	61-100	>100

## 3 Resultater

### 3.1 Fysiologiske undersøkelser av laks

Elfisket vill smolt hadde forhøyede gjellealuminiumsverdier ved begge prøvetidspunktene, og det var ingen forskjell mellom Grov og Foss verken den 27. mars (ANOVA,  $F=1,410$ ,  $df=1$ ,  $p=0,255$ ) eller 2. Mai. På siste tidspunktet var det en tendens til høyere verdier ved Foss ( $F=4,211$ ,  $df=1$ ,  $p=0,063$ ). Ingen av de målte blodparametre var forskjellig for de to lokalitetene den 27.mars (ANOVA,  $p>0,5$ ), bortsett fra at kloridnivået ved Foss var høyere (141,1 mM) enn ved Grov (138,3 mM) ( $F=5,122$ ,  $df=1$ ,  $p=0,04$ ), men begge gruppene hadde kloridverdier innen normalområdet (tabell 2). I begynnelsen av mai (02.05) var kloridnivået for villfiskene ved Foss på nedre grense for normalområdet og signifikant lavere (120,3 mM) enn hos villfiskene ved Grov (129,8 mM) ( $F=7,463$ ,  $df=1$ ,  $p=0,018$ ). Ingen andre parametre ga signifikante utslag. Hematokrittverdiene ved Foss var samtidig noe høye (44,9). Smoltens størrelse (lengde og vekt) var lik hos fisken ved Grov og Foss ved begge prøveperioder ( $p<0,05$ ) (tabell 3).

Villfiskene hadde ca 10 ganger høyere gjellealuminiumsverdier enn karfiskene i anlegget ( $F=19,942$ ,  $df=2$ ,  $p<0,001$ ), mens klorid- og hematokritnivået var likt ( $p<0,05$ ) (tabell 3). Glukosenivået var noe forhøyet i anlegget i forhold til hos fisken både ved Grov den 27. mars (Tukey,  $p<0,001$ ) og Foss (Tukey,  $p<0,001$ ). Villfiskene hadde også høyere gjellealuminiumsverdier enn smoltene i bur i elva ved begge lokalitetene (tabell 3 og 4).

Anleggfsfiskene som ble plassert i bur i elva ved Foss og Grov ble prøvetatt ved seks tidspunkter i løpet av våren. Ved tre av tidspunktene ble det kun tatt prøver av gjellealuminium (tabell 1).

Klekkerifisken hadde før utsetting i mars et gjelle Al-nivå på  $2,4\pm 0,5$  µg Al/g gjelle tv. Økning i forhold til dette nivået representerer en akkumulering. Gjellealuminiumsverdiene var innen normalområdet hos fisken både ved Foss og Grov og hos fisken i bur i anlegget ved alle seks prøvetidspunkter, og ingen forskjeller ble registrert mellom gruppene ( $F=1,750$ ,  $df=2$ ,  $p=0,179$ ) (figur 3). Ved to prøvetidspunkter (Grov 24. april og Foss 8. mai) ble det imidlertid målt store variasjoner i påslag på gjellene, med gjennomsnittsverdier over grensen som er vurdert å gi fisken fysiologisk effekt.

**Tabell 3.** Fysiologiske parametre fra villfisk i elva og fra anleggfsfisk i klekkeriet i Suldalslågen 2001. Elfiskestasjonene var ved Foss (ovenfor Fossåna) og Grov (nedenfor Juvet). \* sjøvannstestet.

Stasjon	Dato		N	Lengde		Vekt		Glukose	
				mm	sd	g	sd	mM	sd
Foss	27.03	Elfisket vill	8	125,3	11,5	14,3	3,4	2,2	0,3
Foss	02.05	Elfisket vill	8	118,8	12,6	13,2	4,7	6,0	2,5
Grov	27.03	Elfisket vill	8	121,8	12,1	13,0	3,4	2,4	0,2
Grov	02.05	Elfisket vill	8	119,3	10,5	13,1	4,3	4,5	1,6
Klekkeri	27.03	Kar	10	138,0	7,8	22,4	5,6	4,2	0,5
Klekkeri	27.03*	Kar	10	143,6	10,0	24,1	5,2	5,3	1,0
Klekkeri	11.04	Kar	10	154,9	13,7	32,2	10,0	5,1	0,6
Klekkeri	11.04*	Kar	10	151,9	8,8	28,9	5,8	4,2	0,5
Klekkeri	23.04	Kar	10	159,6	8,9	34,3	5,4	7,4	3,1
Klekkeri	23.04*	Kar	10	149,1	8,8	26,7	5,3	4,9	1,0

Tabell 3 forts.

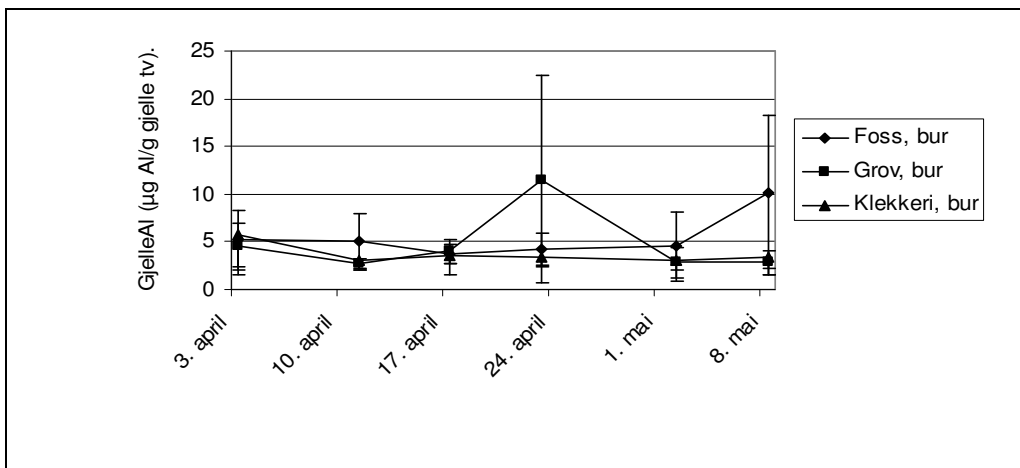
Stasjon	Dato		N	Hct		Klorid		GjelleAl	
				%	sd	mM	sd	µgAl/g gjelle tv	sd
Foss	27.03	Elfisket vill	8	32,8	3,4	141,1	1,6	19,4	7,7
Foss	02.05	Elfisket vill	8	44,9	4,8	120,3	6,4	24,3	16,2
Grov	27.03	Elfisket vill	8	32,0	4,7	138,3	3,2	24,8	10,3
Grov	02.05	Elfisket vill	8	39,6	6,9	129,8	6,6	12,1	4,7
Klekkeri	27.03	Kar	10	35,2	4,1	140,2	2,8	2,4	0,5
Klekkeri	27.03*	Kar	10	30,0	2,7	195,2	21,2		
Klekkeri	11.04	Kar	10	37,6	3,9	136,3	3,0	2,0	0,0
Klekkeri	11.04*	Kar	10	40,9	2,3	138,5	6,1		
Klekkeri	23.04	Kar	10	37,6	5,0	138,0	3,9	2,2	0,4
Klekkeri	23.04*	Kar	10	39,0	4,7	142,5	10,5		

**Tabell 4.** Fysiologiske parametre av anleggsprodusert fisk eksponert i bur i elv og anlegg i Suldalslågen 2001. Eksponeringsstasjonene var Foss (ovenfor Fossåna) og Grov (nedenfor Juvet).

Stasjon	Dato		N	Lengde		Vekt		Glukose	
				Med mer	sd	g	sd	mM	sd
Foss	03.04	Bur i elv	6						
Foss	11.04	Bur i elv	10	148,7	11,4	27,0	6,0	6,1	2,0
Foss	17.04	Bur i elv	6						
Foss	23.04	Bur i elv	10	150,0	9,9	25,6	4,5	5,7	3,2
Foss	02.05	Bur i elv	6						
Foss	08.05	Bur i elv	10	150,2	6,4	25,3	4,1	5,0	1,3
Grov	03.04	Bur i elv	6						
Grov	11.04	Bur i elv	10	145,9	9,7	25,5	4,6	5,2	0,8
Grov	17.04	Bur i elv	6						
Grov	23.04	Bur i elv	10	146,2	8,6	23,5	4,9	1,5	0,5
Grov	02.05	Bur i elv	6						
Grov	08.05	Bur i elv	10	153,7	6,1	26,7	3,7	3,4	1,2
Klekkeri-bur	03.04	Bur i kar	10	149,0	12,7	27,5	7,7	5,2	1,8
Klekkeri-bur	11.04	Bur i kar							
Klekkeri-bur	17.04	Bur i kar	10	152,2	9,3	27,5	5,2	4,2	0,5
Klekkeri-bur	23.04	Bur i kar							
Klekkeri-bur	02.05	Bur i kar	10	149,8	9,3	24,7	4,9	4,7	2,5
Klekkeri-bur	08.05	Bur i kar							
Klekkeri-bur	08.05*	Bur i kar	10	159,7	8,0	30,1	5,5	3,2	0,3

Tabell 4 forts.

Stasjon	Dato		N	Hct		Klorid		GjelleAl	
				%	sd	mM	sd	µgAl/g gjelle tv	sd
Foss	03.04	Bur i elv	6					5,3	3,0
Foss	11.04	Bur i elv	10	39,0	5,6	125,3	4,8	5,0	3,0
Foss	17.04	Bur i elv	6					3,7	1,0
Foss	23.04	Bur i elv	10	41,0	4,6	132,4	6,4	4,2	1,7
Foss	02.05	Bur i elv	6					4,5	3,6
Foss	08.05	Bur i elv	10	38,8	5,1	131,2	3,4	10,2	8,0
Grov	03.04	Bur i elv	6					4,5	2,4
Grov	11.04	Bur i elv	10	38,2	4,5	129,1	3,2	2,7	0,5
Grov	17.04	Bur i elv	6					4,0	1,3
Grov	23.04	Bur i elv	10	40,6	2,8	126,7	3,9	11,5	10,9
Grov	02.05	Bur i elv	6					2,8	1,6
Grov	08.05	Bur i elv	10	42,9	4,6	128,3	4,6	2,8	1,2
Klekkeri-bur	03.04	Bur i kar	10	37,4	5,8	132,4	2,6	5,7	4,2
Klekkeri-bur	11.04	Bur i kar						3,0	0,9
Klekkeri-bur	17.04	Bur i kar	10	39,2	5,4	136,9	3,3	3,5	1,9
Klekkeri-bur	23.04	Bur i kar						3,3	1,0
Klekkeri-bur	02.05	Bur i kar	10	40,8	2,9	133,7	2,4	3,0	0,9
Klekkeri-bur	08.05	Bur i kar						3,3	1,8
Klekkeri-bur	08.05*	Bur i kar	10	32,6	3,5	165,5	6,5		



**Figur 3.** Gjellealuminiums-konsentrasjoner på anleggsproduisert fisk holdt i bur i elva og i bur i klekkeriet i Suldalslågen utover våren 2001.

Kloridnivået var noe lavere hos fisken i bur ved Foss i forhold til fisken i bur i anlegget (Tukey,  $p=0,001$ ) og i bur ved Grov ( $p=0,07$ ). Det var ingen forskjeller i de andre målte parametre for smolten i bur ved Foss og Grov og i bur i anlegg (Glukose: ANOVA,  $F=0,976$ ,  $df=2$ ,  $p=0,390$ ; Hematokritt:  $F=0,201$ ,  $df=2$ ,  $p=0,819$ ; Lengde:  $F=0,327$ ,  $df=2$ ,  $p=0,724$ ; vekt:  $F=0,311$ ,  $df=2$ ,  $p=0,735$ ) (tabell 4).

Anleggsmolten hadde dårlig sjøvannstoleranse i slutten av mars (27.03; 195,2 mM), mens den i midten (11.04; 138.5 mM)- og slutten av april (23.04; 142.5 mM) hadde god sjøvannstoleranse (ANOVA,  $F=50,137$ ,  $df=2$ ,  $p<0,001$ ) (tabell 3). I mars (27.04) hadde sjøvannstestet fisk høyere glukoseverdier ( $F=9,237$ ,  $df=1$ ,  $p=0,007$ ) og lavere hematokrittverdier ( $F=11,184$ ,  $df=1$ ,  $p=0,004$ ) enn fisken som gikk på ferskvann. Men sjøvannstestet fisk viste en tendens til lavere glukoseverdier i slutten av april i forhold til slutten av mars ( $F=3,320$ ,  $df=2$ ,  $p=0,053$ ), og hematokrittverdiene var signifikant lavere i slutten av mars enn ved begge prøvetidspunktene i april ( $F=27,888$ ,  $df=2$ ,  $p<0,001$ ). Sjøvannstestet fisk hadde bedre glukose- og hematokrittverdier enn fisken som gikk på ferskvann i midten av april (glukose:  $F=11,561$ ,  $df=1$ ,  $p=0,004$ ; hematokritt:  $F=4,969$ ,  $df=1$ ,  $p=0,040$ ).

## 3.2 Vannkjemi

Vannkvaliteten i Suldalslågen ble analysert ved seks ulike tidspunkter fra mars til mai i 2001. Resultatene presentert her er ikke ment å gi en fullverdig karakterisering av vassdraget, men kun som støtte til fiskeundersøkelsene.

Målingene i Suldalslågen viser at elva fortsatt er ionefattig med lavt humusinnhold (0,7-1,7). pH målt ved Foss og Grov varierte mellom 6,2-6,5 fra mars til mai, med unntak av en måling ved Foss den 11. april hvor pH var 7,4. Ved samme tidspunkt ble det målt høy verdi i bur i kar i anlegget (pH 7,0). Ved de andre tidspunktene lå også pH-verdiene i anlegget mellom 6,3 og 6,5 (tabell 5).

Konsentrasjonen av total Al (Alr) målt i Suldalslågen var lav i 2001. Konsentrasjonene lå normalt i området 20 til 30 µg Al L<sup>-1</sup> (tabell 5). Dette er i seg selv lave verdier, noe som sann-

synliggjør at Ali konsentrasjonene også vil være lave. Konsentrasjonene av labilt aluminium målt i 2001 viste verdier lavere enn 10 µg, som er satt som grense for akseptabel Ali i humusfattige elver (<1,5 mg TOC/l). Konsentrasjonene av Ali ved stasjonen Foss varierte mellom 1 og 8 µg med den høyeste verdien i mars, mens den ved Grov holdt seg stabilt og lavt (0-5 µg Ali/l) (tabell 5). Ali i anlegget lå mellom 4 og 6 µg Ali/l, mens konsentrasjonen i bur i kar i anlegget varierte fra 0 til 8 µg Ali/l (tabell 5). Konsentrasjonen av Alr på klekkeriet var betydelig høyere enn det som ble målt i elva.

Humuskonsentrasjonen (TOC) var høyere i anlegget (2,3-3,2 mg TOC/l) enn ved Foss (0,8-1,4) og ved Grov (0,7-1,7 mg TOC/l).

## 3.3 Gjenfangster fra utsettingsforsøk

### Utsettingstidspunkt

Smoltens sjøvannstoleranse og tidspunktet for utsetting er viktig for smoltens overlevelse. Villsmolten vandrer ut i løpet av et kort tidsintervall, vanligvis i løpet av en måned, når fysiske og biologiske faktorer danner en kombinasjon som er optimal med hensyn til å overleve i saltvann. De som vandrer tidligere eller senere enn dette tidsintervallet har lavere overlevelse (Carlin 1969; Larsson 1977; Hansen & Jonsson 1989).

Utsettinger av laksesmolt har blitt foretatt hvert år siden prosjektet startet i 1996 og fram til og med 1999. Det ble ikke satt ut merket laksesmolt i Suldalslågen i 2000. Grupper av smolt ble satt ut ulike steder i elva (munning, Prestvika), slept ut fjorden og enkelte grupper ble lusbehandlet før utsetting. Smolten ble satt ut i forhold til det vi visste om villsmoltens utvandringstidspunkt basert på fylkesmannens smoltfellefangster nederst i elva (henv. til rapporter).

I 1996 ble fisken satt ut i Prestvika samtidig med at 50% av villfisken var fanget nederst i vassdraget (tabell 6). Utsettingene ved Sand ble utført 13. mai, før villsmoltutvandringen var over. I 1997 ble smolten satt ut to dager før 80% av villsmolten hadde vandret, i 1998 to dager etter at 50% av villsmolten

**Tabell 5.** Vannkjemi i Suldalslågen våren 2001.

Lokalitet	Dato	pH	Ledningsevne µS/cm	Alr µg/l	Alc (tot) µg/l	Ala µg/l	Alo µg/l	Ali µg/l	TOC mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l
Anlegg	27.03.01	6,35	35	78	37	40	35	6	3,2	2,3	0,33	2,1	0,03
Anlegg	11.04.01	6,37	32	96	45	51	45	6	2,6	2,3	0,32	2,0	0,02
Anlegg	16.04.01	6,46	31	89	67	44	39	5	3,0	1,9	0,31	2,0	0,02
Anlegg	23.04.01	6,27	27	75	31	44	38	6	2,3	1,8	0,31	1,8	0,01
Anlegg	02.05.01	6,51	31	81	39	42	38	4	2,8	1,8	0,32	2,0	0,02
Bur i kar	11.04.01	6,99	33	50	32	19	20	0	3,1	2,3	0,32	2,0	0,01
Bur i kar	23.04.01	6,42	30	77	35	43	35	8	2,4	2,1	0,31	1,8	0,02
Bur i kar	08.05.01	6,54	29	81	39	42	35	7	-	2,2	0,32	2,0	0,02
Foss	27.03.01	6,17	21	15	0	21	14	8	0,8	1,0	0,25	1,1	0,01
Foss	11.04.01	7,37	23	26	3	23	18	5	1,0	1,1	0,27	1,2	0,01
Foss	16.04.01	6,34	20	23	5	18	17	1	0,9	1,4	0,25	1,1	0,01
Foss	23.04.01	6,40	22	20	3	18	15	2	1,4	1,3	0,22	1,1	<0,01
Foss	02.05.01	6,37	21	31	9	22	18	3	1,1	1,3	0,20	1,1	0,01
Foss	08.05.01	6,56	21	31	9	22	19	4	1,0	1,3	0,23	1,1	0,01
Grov	27.03.01	6,24	21	15	0	17	14	3	0,7	1,0	0,25	1,1	0,01
Grov	11.04.01	6,36	21	68	45	23	20	2	1,2	1,5	0,24	1,2	0,02
Grov	16.04.01	6,32	22	24	4	20	17	3	1,7	1,1	0,27	1,1	0,01
Grov	23.04.01	6,38	23	22	5	17	16	2	0,9	1,4	0,25	1,1	0,01
Grov	02.05.01	6,37	21	31	16	15	17	0	-	1,3	0,22	1,1	0,01
Grov	08.05.01	6,43	21	31	9	22	17	5	1,1	1,3	0,21	1,1	0,01

**Tabell 6.** Tidspunkt for når 20, 50 og 80% av villsmolten i Suldalslågen vandret ut i årene 1994-2001 (basert på resultater fra LFS-prosjektet).

År	Utvandringstidspunkt for villsmolt			Antall smolt fanget
	20%	50%	80%	
1994	29. april	15. mai	16. mai	294
1995	4. mai	5. mai	8. mai	610
1996	2. mai	7. mai	17. mai	296
1997	30. april	3. mai	11. mai	219
1998	26. april	4. mai	8. mai	300*
1999	25. april	28. april	2. mai	112
2000	22. april	27. april	1. mai	126
2001	26. april	1. mai	11. mai	203

hadde vandret. Utsettingene ved Sand fem dager senere skjedde etter at 80% av smolten hadde vandret. I 1999 vandret villsmolten tidligere enn de forutgående årene. Smolten ble satt ut i Prestvika fem dager etter at 50% av villsmolten hadde vandret og en dag etter at 89% av smolten hadde vandret (**tabell 6**).

Gjenfangstene i denne rapporten er basert på gjenfangster registrert fram til og med den 31.12.03 (**tabell 7**).

### Gjenfangster

#### 1996

I 1996 ble det satt ut tre grupper á 5000 smolt ved stasjonen Prestvika i Suldalslågen, i munningen ved Sand og ei gruppe ble slept ut i mærd og sluppet ca 1 mil utenfor Suldalslågen. De høyeste gjenfangstene var fra gruppen som ble slept ut (0,42%), den dårligste fra utsettingene ved Prestvika oppe i Suldalslågen (0,04%) (**tabell 7**). Feilvandringen var imidlertid 58,3% fra utsettingene ei mil ute i Sandsfjorden. Ingen feilvandrer ble registrert fra utsettingene i elva og i munningen i 1996. Av de 21 gjenfangstene fra den utslepte gruppa var 10 ensjøvinter og 9 tosjøvinter, mens 2 var tresjøvinter laks.

**Tabell 7.** Gjenfangst (antall og %) fra utsettingene i Suldalslågen (Prestvika, munningen ved Sand og slept ei mil ut i fjorden) i 1996-1999. Oppdatert til og med den 31.12.03.

År	Dato	Sted	Antall	Alder	Antall gjenfanget (N)	Gjenfangst Suldalslågen (N)	Feil vandret (N)
1996	08.05	Prestvika	4992	1	2	1	0
	13.05	Sand	5096	1	7	5	0
	13.05	Slept	4989	1	21	5	7
1997	06.-07.05	Sand	2987	2	0	0	0
	12.05	Sand	991	1	0	0	0
	09.05	Prestvika	4985	1	0	0	0
	11.05	Slept	4922	1	0	0	0
	12.05	Sand (lusfóret)	4985	1	2	2	0
	12.05	Sand (kontroll)	3962	1	0	-	-
	1998	06.05	Prestvika	4992	1	3	1
11.05	Sand (lusbadet)	4963	1	1	0	1	
11.05	Sand (kontroll)	4979	1	1	1	0	
12.05	Slept	4979	1	63	33	8	
1999	03.05	Prestvika	4991	1	0	0	0
	06.05	Sand (lusbadet)	4976	1	3	1	0
	06.05	Sand (kontroll)	4983	1	2	1	0
	06.05	Slept	4454	1	49	18	1

År	Dato	Sted	Gjenfangst sjø (N)	1 sjø	2 sjø	≥3 sjø	Total gjenfangst (%)
1996	08.05	Prestvika	1	1	1	0	0,04
	13.05	Sand	2	7	0	0	0,14
	13.05	Slept	9	10	9	2	0,42
1997	06.-07.05	Sand	0	0	0	0	0,00
	12.05	Sand	0	0	0	0	0,00
	09.05	Prestvika	0	0	0	0	0,00
	11.05	Slept	0	0	0	0	0,00
	12.05	Sand (lusfóret)	0	2	0	0	0,04
	12.05	Sand (kontroll)	-	-	-	-	0,00
	1998	06.05	Prestvika	1	0	3	-
11.05	Sand (lusbadet)	0	0	1	-	0,02	
11.05	Sand (kontroll)	0	-	-	1	0,02	
12.05	Slept	22	21	34	8	1,27	
1999	03.05	Prestvika	0	0	0	0	0,00
	06.05	Sand (lusbadet)	2	0	0	3	0,06
	06.05	Sand (kontroll)	1	1	0	1	0,04
	06.05	Slept	30	17	21	11	1,10

### 1997

I 1997 ble det satt ut seks grupper fra de samme utsettingslokalitetene som i 1996 (**tabell 7**). En gruppe satt ut i munningen fikk medisinfør den siste uka før utsetting som beskyttelse mot lakseluspåslag med virkning inntil tre måneder. Gjenfangstene fra disse utsettingene var allikevel lave. Bare gruppen som fikk lusefôr før utsetting hadde registrerte gjenfangster etter tre år (0,04%) (**tabell 7**). Bare ensjøvinter laks ble registrert gjenfanget fra utsettingene i 1997.

### 1998

Fire grupper ble i 1998 satt ut på de samme lokalitetene som tidligere år. Ei gruppe satt ut i munningen ble lakselusbadet før utsetting. Gjenfangstene fra disse utsettingene var også lave, bortsett fra gruppen som ble slept ut i fjorden. Som i 1996 ga utsleping av smolten den beste gjenfangsten (1,27%), men også høy feilvandingsandel (20,0%). Av de 62 gjenfangstene fra utsettingene i 1998 var 21 ensjøvinter-, 34 tosjøvinter-, 7 tresjøvinter- og 1 firesjøvinter laks (**tabell 7**).

### 1999

I 1999 ble det satt ut grupper tilsvarende 1998-utsettingene. Også her ble det registrert flest gjenfangster fra gruppen som ble slept ut (1,1%). Av totalt 49 gjenfangster ble 18 registrert i elv, 30 i sjøfisket, og én ble registrert i annen elv enn utsettingselva (**tabell 7**).

## 4 Diskusjon

Vannkjemien i Suldalslågen våren 2001 var tilfredsstillende. Undersøkelser av vannkjemien igangsatt før dette prosjektet ble startet antydte at Suldalslågen kunne være påvirket av forsurening (Kroglund et al. 1995; 1996). Det ble i disse undersøkelsene påvist tilstandsendringer på gjellevev, svikt i ioneregulering, inhibering av enzymer og svikt i fiskens evne til å saltregulere i fullt sjøvann. Disse funnene ble langt på vei bekreftet av undersøkelsene i prosjektet i 1996 og 1997 (Kroglund et al. 1998c; Finstad et al. 1999b). I 1998 og 1999 var vannkvaliteten bedre enn i 1997 (Finstad et al. 2000; Strand et al. 2000). Det er rimelig å sette vannkvalitetsforbedringene i sammenheng med kalkingen som ble igangsatt seint i 1997 og tidlig i 1998. I årene 1998, 1999 og 2000 var aluminiumskonsentrasjonene lavere samtidig som kalsiumnivået og pH hadde økt. Totalt organisk karbon økte også svakt, noe som kan ha medført at mer Al forelå på organisk og ufarlig form de siste undersøkelsesårene. Vannkvaliteten har blitt ytterligere forbedret i løpet av 2001, hvor både pH og kalsiumkonsentrasjon var noe høyere enn tidligere år. Konsentrasjonen av labilt aluminium viste verdier lavere enn 10 µg, som er satt som grense for akseptabel Al i humusfattige elver (>1,5 mg TOC/l) (Rosseland 1999; Kroglund et al. 2001b). Disse resultatene bekrefter indikasjonene vi fikk ved fiskeforsøkene, at vannkvaliteten ikke så ut til å påvirke fiskens fysiologi (blodparametre) i negativ retning.

Villsmolten ved de to forsøksstasjonene Foss og Grov hadde lavere gjellealuminiumsverdier i 2001 enn i 2000. Villfisker nedstrøms den forsurede sidebekken Fossåna hadde tre ganger høyere verdier i mars 2000 i forhold til i mars 2001 (Strand et al. 2001). Dette indikerer at vannkvaliteten ved Foss var bedre i 2001. Villfisker hadde høyere aluminiumsverdier på gjellene enn anleggsfisker både i bur i elva og i klekkeriet. Selv om akkumuleringen var lav og sannsynligvis har liten biologisk betydning på disse tidspunktene viser resultatet at det fortsatt er Al som kan akkumuleres innen vassdraget. Denne kilden til Al kan være årsaken til at villfisker akkumulerer Al over lang tid og derved hadde høyere konsentrasjoner enn anleggsfisker. Akkumulering av aluminium på gjellene hos anleggsfisker var langt lavere i 2001 enn i 2000 (Strand et al. 2001). De fysiologiske parametrene var normale for både villfisk og anleggsfisk, noe som indikerer at vannkvaliteten i Suldalslågen er blitt forbedret. Fisker hadde en gjennomgående bedre fysiologisk status enn tidligere år.

Sjøvannsforsøkene viste at anleggsmolten utviklet sjøvannstoleransen normalt utover våren og fram mot utsetting den 23.04. Smolten satt ut i 1997 og 1999 hadde saltreguleringsproblemer, uten at vi har hatt mulighet til å knytte dette til produksjonsforhold i anlegget eller vannkvalitetsårsaker (Strand et al. 2000). Resultatene i 2001 viser god sjøvannstoleranse og at smolten ble satt ut til riktig tidspunkt. Allerede ved den siste sjøvannstesten den 08.05. steg plasmakloridverdiene til 165,5 mM, noe som kan antyde en begynnende desmoltifisering. Registreringer foretatt av villsmoltens utvandring sammenholdt med tidspunkt for utsetting av anleggsprodukt



smolt, viser at utsettingene ble foretatt innen den naturlige utvandningsperioden for villsmolten. Smolten ble i 2001 dermed satt ut til riktig tid både i forhold til smoltifiseringsgrad og til villsmoltens utvandringstidspunkt.

Gjefangsten av smolt satt ut i Suldalslågen og i munningen av elva har vært lave hvert år. Best gjefangster er oppnådd i grupper satt ut i slepenot plassert i elvemunningen og påfølgende dag slept ut Sandsfjorden. Utslepte grupper fra 1998 og 1999 hadde en gjefangstrate på henholdsvis 1,3 og 1,1%, mens ingen av de elveutsatte/lusbehandlede gruppene fra disse årene hadde høyere gjefangstprosent enn 0,6%. Smoltutsettinger av anleggsprodusert smolt ved hjelp av utsløping i mærd/brønnbåt har gjennomgående gitt bedre gjefangstrater enn for smolt satt ut i elv/munning også i andre utsettingsprosjekter (Eriksson et al. 1981; Gunnerød et al. 1988; Strand et al. 1996).

Utsettingene i 1997 gav meget lave gjefangstrater både for utslepte og elveutsatte/lusbehandlede grupper. Dette var samtidig et år hvor fisken hadde dårlig sjøvannstoleranse og høy gjelle-Al konsentrasjon. Tilsvarende svak sjøvannstoleranse ble registrert i 1999, men utsettingsfisken hadde da et lavt innhold av Al på gjellene. I forsøk utført i Rogaland er det påvist inntil 30% redusert marin overlevelse hos langtidseksponert laksesmolt når denne akkumulerte omkring 20 til 30 µg Al/g gjelle tv (Kroglund & Finstad 2001, 2003; Kroglund et al. 2003 upublisert). Overlevelsen til smolt satt ut i Suldalslågen synes dårligere enn det som kan forventes basert på gjelle-Al målt på fisk ved klekkeriet og basert på akkumuleringer innen vassdraget. Andre årsaker til dødelighet, som lakselus, kan derfor ikke utelukkes. Samtidig mottar Sandsfjorden Al holdig vann fra flere vassdrag. Det er i en rekke sammenhenger vist at laksesmolt holdt i brakkvann i salinitetsområdet fra 1 til 15 ppt. kan få sirkulasjonsproblemer fordi ufarlig Al fra kalket vassdrag som kommer ut i sjøen reagerer med sjøvannet og blir omdannet til en giftig form som kan skade fisk. Funn av hjertesprenging hos fisk eksponert i sjømærder antyder at fisken kan få problemer med oksygenopptaket.

Høyere overlevelse hos slept fisk tyder på at denne var beskyttet mot dødelighet ved å kunne reetablere saltvannstoleranse i løpet av den perioden fisken a) var beskyttet i mærd under slepet, b) at den fikk beskyttelse mot predatorer, c) at slept smolt fikk kortere eksponeringstid for giftig Al i brakkvannsområdet og i forhold til lakselus, enn fisk som vandret ut av vassdraget på egen hånd.

## 6 Litteratur

- Blakar, I.A. 1995. Vannkvalitet i Ulla-Førre og Suldalsområdet i perioden 1990-1993. - Lakseforsterkningsprosjektet i Suldalslågen, rapport no. 21: 49 s + vedlegg.
- Carlin, B. 1969. «Salmon tagging experiments». Swedish Salmon - Res. Inst. Rep. 3: 8-13.
- DN-notat 2000-2. Kalking i vann og vassdrag. – Overvåking av større prosjekter 1999. 536 s.
- Eriksson, C., Hallgren, S. & Uppman, S. 1981. Lekvandring hos odlat lax (*Salmo salar*) utsatt som smolt i ljustan och dess mynningsområde. – Laxforskningsinstituttet 3: 1-16.
- Finstad, B. & Jonsson, N. 2001. Factors influencing the yield of smolt releases in Norway. - Nordic J. Freshw. Res. 75: 37-55.
- Finstad, B., Martinsen, B., Alexandersen, S., Jakobsen, P.J., Kroglund, F. & Maroni, K. 1999a. Fremdriftsrapport – lakselus og sur nedbør som populasjonsregulerende faktor hos atlantisk laks og sjørret. Utsettinger av lakselusbeskyttet smolt. 5 s.
- Finstad, B., Kroglund, F., Hartvigsen, R., Teien, H.-C., Rosseland, B.O. & Salbu, B. 1999b. Suldalslågen: Fisk og vannkjemisk status våren 1997. - NINA Oppdragsmelding 588: 1-32.
- Finstad, B., Strand, R., Kroglund, F., Teien, H.-C. & Hartvigsen, R. 2000. Suldalslågen: Fisk og vannkjemisk status våren 1998. – NINA Oppdragsmelding 644: 1-25.
- Gunnerød, T.B., . Hvidsten, N.A & . Heggberget, T.G. 1988. Open sea releases of Atlantic salmon, *Salmo salar*, in central Norway. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 1340-1345.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1989. «Salmon ranching experiments in the River Imsa: effects of timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt migration on survival to adults. - Aquaculture 82: 367-373.
- Heggberget, T.G., Blakar, I.A., Nordland, J., Saltveit, S.J. & Johnsen, B.O. 1994. Ulla-Førre reguleringen. Rapport fra rådgivende arbeidsgruppe for vurdering av underøkkelser og tiltak. - NINA Utredning 64: 1-51.
- Kroglund F, Finstad, B., Staurnes, M., Rosseland, B.O., Hektoen, H. Berkum, T.van & Iversen, M. 1995. Vannkvalitetskrav til laksesmolt: undersøkelse av smoltkvalitet i ulike vassdrag. - DN-notat, ikke trykt.
- Kroglund, F., Finstad, B., Kvellestad, A., Larsen, B.M. & Rosseland, B.O. 1996. Fastsettelse av forsurningsnivå i ulike Vestlandsvassdrag basert på økofysiologiske og økotosikologiske metoder. - DN-notat ikke trykt.
- Kroglund, F. & Staurnes, M. 1999. Water quality requirements of smolting Atlantic salmon (*Salmo salar*) in limed acid rivers. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 2078-2086.
- Kroglund, F., Teien, H.C., Rosseland, B.O., Lucassen, E., Salbu, B. & Åtland, Å. 1998a. Endring i aluminiumsgiftighet i en humus-fattig elv ved bruk av kjemiske tiltak. Forsøk med laksesmolt i Suldalslågen.- NIVA-rapport lprn. 3970-98: 1-102.

- Kroglund, F., Teien, H.C., Håvardstun, J., Rosseland, B.O., Salbu, B. & Kvellestad, A. 1998b. Varighet av blandsoner og betydningen av ulike aluminiumskonsentrasjoner og kalking for giftighet overfor lakseparr. Renneforsøk utført i Suldalslågen, høst 1996. – NIVA-rapport 3815-98: 1-61.
- Kroglund, F., Finstad, B., Rosseland, B.O., Teien, H.C., Håvardstun, J. & Salbu, B. 1998c. Fisk og vannkjemisk status i Suldalslågen, våren 1996. - NIVA-rapport 3863-98: 1-54.
- Kroglund, F. & Finstad, B. 2001. Effekter av ulik vannkvalitet på fysiologisk respons, vekst, vandring og marin overlevelse hos to stammer av atlantisk laks. - NIVA-rapport 4381, 47s.
- Kroglund, F., Teien, H.C., Rosseland, B.O., Salbu, B. & Lucassen, E.C.H.E.T. 2001a. Water quality dependent recovery from aluminum stress in Atlantic salmon smolts. - *Water, Air, and Soil Pollut.* 130: 911-916.
- Kroglund, F., Teien, H.C., Rosseland, B.O. & Salbu, B. 2001b. Time and pH-dependant detoxification of aluminum in mixing zones between acid and non-acid rivers. - *Water, Air, and Soil Pollut.* 130: 905-910.
- Kroglund, F. & Finstad, B. 2003. The effects of low concentrations of inorganic monomeric aluminium on physiological status, growth, migration, and marine survival in two strains of Atlantic salmon. - *Aquaculture*, in press.
- Kroglund, F., Finstad, B. & Staurnes, M. 2003. Marine survival of postsmolt of Atlantic salmon affected by a short term episodic exposure to aluminum. Manus.
- Kaasa, H., Eie, J.A., Erlandsen, A.H., Faugli, P.E., L'Abée-Lund, J.H., Sandøy, S. & Moe, B. 1998. Sluttrapport 1990-1997. Resultater og konklusjoner. - Lakseforsterkningsprosjektet i Suldalslågen, 49: 1-82.
- Lacroix, G. 1987. Fish community structure in relation to acidity in three Nova Scotia rivers. - *Can. J. Zool.* 65 (12): 2908-2915.
- Larsson, P.-O. 1977. The importance of time and place of release of salmon and sea trout on the result of stocking. – *Int. Counc. Explor. Sea. C.M./1977/M 42:1-4.*
- Rosseland, B.O. 1999. Vannkvalitetens betydning for fiskehelsen. - S. 240-252. i Poppe, T., red. Fiskehelse og fiske sykdommer.– Universitetsforlaget AS, ISBN 82-00-12718-4.
- Staurnes, M., Blix, P. & Reite, O.B. 1993. Effects of acid water and aluminium on parr-smolt transformation and sea water tolerance in Atlantic salmon, *Salmo salar*. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1816-1827.
- Staurnes, M., Hansen, L.P., Fugelli, K. & Haraldstad, Ø. 1996. Short-term exposure to acid water impairs osmoregulation, seawater tolerance, and subsequent marine survival of smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar*). - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53, 1695-1704.
- Strand, R., Lamberg, A, Johnsen, B.O & Heggberget, T.G 1996. Havbeiteprosjektet i Opløyelva, Nord-Trøndelag. Årsrapport 1995. - NINA Oppdragsmelding 403: 1-24 (In Norwegian with English summary).
- Strand, R., Finstad, B., Kroglund, F. & Teien, H.-C. 2000. Forsuringsstatus og effekter på smolt i Suldalslågen våren 1999. – NINA Oppdragsmelding 672: 1-24.
- Strand, R., Finstad, B., Kroglund, F., Teien, H.-C. & Berger, H.M. 2001. Forsuringsstatus og effekter på smolt i Suldalslågen våren 2000. – NINA Oppdragsmelding 732: 1-31.