

Fisk, vasskvalitet  
og botndyr  
i Lona, Fjaler kommune,  
i 1995.



Harald Sægrov  
og  
Geir Helge Johnsen

Rådgivende Biologer AS  
INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

Rapport nr. 230, april 1996.



# Rådgivende Biologer AS

---

## INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

**RAPPORTENS TITTEL:**

Fisk, vasskvalitet og botndyr i Lona, Fjaler kommune, i 1995

**FORFATTARAR:**

Cand.real. Harald Sægrov & dr.philos. Geir Helge Johnsen

**OPPDAGSGJEVAR:**

Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, miljøvernavdelinga, 5840 Hermansverk

OPPDAGET GJEVE:	ARBEIDET UTFØRT:	RAPPORT DATO:
-----------------	------------------	---------------

September 1995

1995 - 1996

12.april 1996

RAPPORT NR:	ANTALL SIDER:	ISBN
-------------	---------------	------

230

19

ISBN 82-7658-076-9

**RAPPORT SAMANDRAG:**

Husten 1995 vart det utført undersøkingar av ungfisk og botndyr i Lona. Ved elektrofiske vart det fanga både laks og aureungar. Aureungane veks raskt og er gjennomsnittleg 10,5 cm etter to vekstsesongar. Det går ut i sjøen etter 2 og 3 år i elva. Lakseungane er gjennomsnittleg 11,6 cm etter tre vekstsesongar og blir smolt som 3-åringar. Mange av hannane blir kjønnsmogne i elva før dei går ut i sjøen. Tettleik og produksjon av aureungar er svært høg i Lona, total gjennomsnittleg tettleik er estimert til 110 aureungar pr. 100 m<sup>2</sup>. Det var berre fanga laks på den nedste av fire elektrofiskestasjonar og her var tettleiken 13 lakseungar pr. 100 m<sup>2</sup>. Det er førebels uklart om den låge tettleiken av laks skuldast episodisk dårlig vasskvalitet, lite gyting eller sterk og ekskluderande konkurranse fra den tette aurebestanden. Det siste vil kunne vere ein normal situasjon i denne elva. Det var ikkje pavist aluminiumsutfelling eller skade på gjeller frå laks eller aure. Gjennomsnittleg botndyrindeks var 0,81, på stasjonen øvst i elva var indeksen 0,72 og på den nederste stasjonen 0,89. Indeks 1 tilseier at botndyrsamfunnet ikkje er påverka av forsuring.

**EMNEORD:****SUBJECT ITEMS:**

Anadrom laksefisk  
Vasskvalitet og botndyr  
Loneelva, Fjaler kommune

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen  
Foretaksnr. 843667082  
Telefon 55 31 02 78 Telefax 55 31 62 75



## FØREORD

Rådgivende Biologer as. har på oppdrag frå Fylkesmannens miljøvernnavdeling i Sogn og Fjordane utført granskningar av dei anadrome fiskebestandane i fire elvar i Sogn og Fjordane. Desse er Bøfjordelva i Hyllestad kommune, Lona i Fjaler kommune, Nausta i Naustdal kommune og Gaula som ligg hovudsakleg i Gular kommune.

Undersøkinga i vassdraga omfatta følgjande element:

- 1) Ei enkel prøvetaking av vasskvalitet
- 2) Elektrofiske etter ungfisk hausten 1995
- 3) Botndyrgransking med vurdering av forsuringindeks (berre i Bøfjordelva og Lona).
- 4) Undersøking av fiskegjeller for å påvise eventuelle forsuringsskader

Lona er under dette elvenamnet ikkje registrert i elveregisteret og har difor ikkje vassdragsnummer.

I samband med denne undersøkinga er det teke berre ei vassprøve som er analysert med omsyn til aluminiumskjemi og syrenøytraliserande evne (ANC). Prøva er analysert ved Hordaland Fylkeslaboratorium.

Ungfisktettleik og vekst av dei ulike aldersrappene vart undersøkt ved standard elektrofiske i november. Cand.scient. Kurt Urdal var med på feltarbeidet. Fiskane er aldersbestemt ved lesing av øyrestinar (otolittar).

Gjelleprøver frå laks- og aureunger er analyserte for å kunne påvise eventuell aluminiumsutfelling. Gjellene er også undersøkt histologisk for å kunne vurdere eventuelle tidlegare skader. Dette arbeidet er gjennomført i samarbeid med cand.real. Hans Aase hos Aqua-lab i Bergen.

Botndyrprøvene er undersøkt og vurdert med tanke på forsuringstilhøva i vassdraga. Desse prøvene er sortert og dyra artsbestemt ved LFI-Universitetet i Bergen.

Rådgivende Biologer as. takkar dei nemnde samarbeidspartane for innsatsen og takkar Fylkesmannens miljøvernnavdeling for oppdraget.

Bergen, 12.april 1996.



## INNHOLD

FØREORD .....	3
INNHOLD .....	4
SAMANDRAG OG KONKLUSJONAR .....	5
INNLÉIING OM VASSKVALITET OG FISK .....	6
OMTALE AV VASSDRAGET .....	11
VASSKVALITET .....	12
BOTNDYR .....	13
UNGFISK .....	14
GJELLEUNDERSØKINGAR .....	17
LITTERATUR .....	18

## LISTE OVER FIGURAR

FIGUR 1: Kart over Lona med prøvetakingsstasjonane .....	11
FIGUR 2: Lengdefordeling av lakseungar i Lona .....	15
FIGUR 3: Lengdefordeling av aureungar i Lona .....	16
FIGUR 4: Vekst av laks- og aureungar i Lona .....	17

## LISTE OVER TABELLAR

TABELL 1: ANC-konsentrasjonar og status for fiskebestandar .....	10
TABELL 2: Vasskvalitet i nedre del av Lona den 12. november 1995 .....	12
TABELL 3: Botndyr i Lona den 22. november 1995 .....	13
TABELL 4: Fangst av ungfisk ved elektrofiske i Lona .....	14
TABELL 5: Gjennomsnittleg tettleik av laks- og aureungar i Lona .....	15
TABELL 6: Gjennomsnittleg lengde for ulike aldersgrupper av laks- og aureungar i Lona .....	16
TABELL 7: Strukturelle endringar på gjeller frå laks- og aureungar i Lona .....	17



## SAMANDRAG OG KONKLUSJONAR

### VASSDRAGET

Lona er laks- og sjøaureførande ca. 7 km og med ei elvebreidde på 5-7meter blir det totale oppvekstarealet for ungfisk på 40.000 - 50.000m<sup>2</sup> ovanfor det stilleflytande partiet nedst i elva . Elva er svært tiltalende og er rekna som ei god sjøaureelv, men fangstane er ikkje oppgjevne i den offisielle fangststatistikken. Det blir årleg fanga eit fåtal laks i elva.

### VASSKVALITET

Vasskvaliteten med omsyn til pH og ANC varierer mykje, men er vanlegvis god nok til å sikre overleving og av laks- og aureungar. Det var relativt høg konsentrasjon av aluminium hausten 1995 og ein kan ikkje utelate at det i sure episodar kan førekome skadelege konsentrasjonar av labil aluminium. Våren 1995 var den syrenøytraliserande kapasiteten i vassdraget låg og negativ, men det var likevel ikkje skadeleg for dyrelivet fordi det samtidig var lite labil og giftig aluminium. Ved prøvetakinga våren 1994 var vasskvaliteten sannsynlegvis sterkt påverka av landbrukskalking i nedbørsfeltet.

### BOTNDYR

Ved prøvetakinga hausten 1995 var det eit rikt dyreliv med relativt høgt artsmangfald. Den relativt høge tettleiken av døgnfluga *Baetis rhodani* gjev ein forsuringssindeks på 1 som syner at elva ikkje kan reknast som sur i 1995. I høve til den korrigerte versjonen av forsuringssindeks basert på botndyrfauna (Kroglund m.fl. 1994) var den gjennomsnittlege botndyrindeksen 0,81 (0,72 øvst og 0,89 langt nede i elva).

### FISK

Aureungane veks raskt i Lona og er gjennomsnittleg 10,5 cm etter to vekstsесongar. Dei går ut i sjøen etter 2 og 3 år i elva. Lakseungane er gjennomsnittleg 11,6 cm etter tre vekstsесongar og blir smolt som 3-åringar, mange av hannane blir kjønnsmogne i elva før dei går ut i sjøen. Tettleik og produksjon av aureungar er svært høg i Lona, total gjennomsnittleg tettleik vart estimert til 110 aureungar pr. 100 m<sup>2</sup>. Tettleiken av lakseungar er låg. Lakseungar vart det berre fanga på den nedste av fire elektrofiskestasjonar og her var tettleiken 13 lakseungar pr. 100 m<sup>2</sup>. Det er førebels uklart om den låge tettleiken av laks skuldast lite gyting eller sterk og ekskluderande konkurranse frå den svært tette bestanden av aureungar. I denne elva er det sannsynleg at aureungane kan utkonkurrere lakseungane.

### GJELLEPRØVER

Gjellene frå fiskane i Lona var stort sett normale og friske. For både laks og aure er det innslag av det ein kan kalle for mindre irritasjonsendringar, men desse skuldast mest sannsynleg prøvetakingsmetoden. Farging av gjellene med modifisert haematoxin og med solokromazurin gav ingen fargeutslag, det vart dermed ikkje påvist utfelling av metallar som aluminium eller jern på nokon av gjellene.

### SAMANFATTANDE KONKLUSJON

Det var svært høg tettleik av aureungar i Lona hausten 1995, medan lakseungar berre vart registrert nedst i elva. Analysene av fiskegjeller og botndyrindeksen tilseier at det er god vasskvalitet i elva. Ei vassprøve frå november 1995 viser at det er mykje aluminium i vatnet. Det kan dermed førekome episodar med såpass låg pH at konsentrasjonane av labil aluminium når eit nivå som er skadeleg for fisk. Slike episodar er hittil ikkje påvist i vassprøvene frå dei føregåande åra, men vidare overvaking kan vere nødvendig.



## INNLEIING OM VASSKVALITET OG FISK

På Vestlandet er det dei siste åra observert ein gradvis og stadvis dramatisk tilbakegong i bestandane av anadrome laksefisk. Dette er påpeika i DN-utredning nr. 10-94 "Sur nedbør i Norge: Status, utviklingstendenser og tiltak" (Kroglund m.fl. 1994). Der blir det slått fast at "det er påvist økende antall forsuringsskadde vassdrag på Vestlandet de siste 10 åra," og at "flere laksevassdrag på Vestlandet enn de vi har oversikt over kan vise seg å ha forsulingsproblemer."

Resultata frå eksperimentelle forsøk på overleving av laksesmolte i Vosso er blitt samanhald med den aukande forsuringa i Vestlandsfylka, og forfattarane av DN-rapporten hevdar at situasjonen gjev grunn til uro. Fangststatistikken viser likevel ikkje den same regionale tilbakegangen i fangst av laks frå Vestlandselvane som det ein såg i Sørlandselvane rundt hundreårsskiftet, men reduksjonane er tydelege for einskilde vassdrag.

Samstundes med at forsuringstrusselen i vestlandsfylka er urovekkjande, er det også andre tilhøve som påverkar dei anadrome bestandane av laksefisk i vassdraga. Nokre bestandar i ikkje sure vassdrag syner den same tilbakegangen dei seinare åra som bestandane i antekne sure vassdrag og dette viser at andre faktorar enn forsuring også er viktige. Ungfiskundersøkingar i mange vassdrag med ulike vasskvalitetar i Hordaland og Sogn og Fjordane dei siste åra viser at tettleiken av presmolt i dei fleste elvane ligg på det nivået ein skal forvente som normalt (Sægrov m.fl. 1994, Sægrov 1996a, 1996b). Den generelle tilbakegangen kan difor ikkje skuldast redusert smoltproduksjon i elvane. Men sjølv om tettleiken av ungfisk og presmolt er normal kan det i følgje nylege studiar vise seg at utvandrande laksesmolte er meir følsom for surt, aluminiumsrikt vatn og kan få ein forsuringsskade rett før utvandring som kan medføre redusert sjøvasstoleranse og auka dødlegheit i sjøen. Desse studiane indikerer at laksen på smoltstadiet er meir følsomme for därleg vasskvalitet enn på noko anna stadium (Kroglund m.fl 1994).

Det er generell semje om at tilbakegangen i laksebestandane først og fremst skuldast høg dødlegheit i sjøfasen. Det er sett fram hypoteser om at variasjon i havtemperatur (Hansen 1995) og auka produksjon av lakseluslarver i fiskeoppdrett (Sægrov m.fl. 1994) kan forklare kvifor mange bestandar av villaks for tida er på historisk lågmål. Desse hypotesene ekskluderer ikkje kvarandre, men verkar i same lei og vil kunne forsterke kvarandre. Resultata av forsuring, låg havtemperatur og lakselusangrep på utvandrande smolt er at det kjem færre laks attende til elva og fordi ein måler resultatet som redusert fangst, kan det vere vanskeleg å skilje effektane frå kvarandre.

## VASSDRAGSKALKING SOM TILTAK

Dersom det er marginale vasskvalitetar som avgrensar overlevinga for fisk er kalking einaste aktuelle tiltak for å auke overlevinga. For 1996 var det difor bevilga rundt 100 mill. kroner av Stortinget til kalking av sure vassdrag. Direktoratet for Naturforvaltning har definert følgjande hovudmålsettinger for den statleg finansierte kalkinga av vassdrag i Norge:

- Å REDDE FORSURINGSTRUEDE ORGANISMER
- Å LEGGE TIL RETTE FOR FRITIDSFISKE I FORSURINGSRAMMETE OMRÅDER.

Det er i aukande grad fokusert på bevaring av det biologiske mangfoldet også i samband med kalking, og det er sannsynlig at dette vil bli lagt endå større vekt på i tida som kjem.

Kvar einskild kalkingsprosjekt vil binde opp midlar helt til forsuringssituasjonen har betra seg, og det er difor viktig å gjere grundige vurderingar før det blir teke avgjerd om å setje i gang kalking. Av den grunn blir det



berre gjeve statleg støtte til kalking i lokaliteter der det er dokumentert at forsuring har medført, eller vil medføre, endringar i det biologiske mangfaldet. Dette inneber at forsuringsskade eller reell forsuringstrussel må kunne dokumenterast.

Denne undersøkinga er meint å gje grunnlag for ei slik vurdering. Vi presenterer innleiingsvis ein kort gjennomgang av sentrale emne knytta til forsuring og tolegrenser for fisk. Gjennomgangen på dei neste sidene omhandlar dei emna som ligg til grunn for tolkinga av dei resultata som er presentert i samband med sjølve undersøkinga.

## VASSKVALITET OG SKADER PÅ FISK

Bestandsuviklinga i 1095 innsjørar og utviklinga i evertebratsamfunna i 165 lokalitetar i Norge er samanfatta i ei større analyse som nyleg er publisert (Lien m.fl. 1996). Det er her vist ein sterk samanheng mellom bestandsstatus og syrenøytraliserande kapasitet (ANC) og vidare ein klar samanheng mellom bestandsstatus og pH og konsentrasjonane av labilt aluminium. Auka mengde kalsium og totalt organisk karbon (humus) modererte dei skadelege effektane av låg pH og høge konsentrasjonar av aluminium. Generelt er det låge konsentrasjonar av kalsium i vassdraga på Vestlandet og høgt humusinhald finn ein normalt i elvar som drenerer myrområde. Det vart vidare konkludert med at laks var ein god indikatorart for forsuringssituasjonen i elvar og aure ein god indikatorart for å vise utviklinga i innsjørar. Det er viktig å merke seg at det er ein nærliggande sammenheng mellom ANC og både pH og labilt aluminium (Lien m.fl. 1996). Dersom det er målt pH, mengde labilt aluminium, kalsium og fargetal (humus) vil ein kunne fortelje det meste om forsuringssituasjonen i eit vassdrag på eit gjeve tidspunkt.

Det er vanlegvis ikkje surleiken åleine som reduserer overlevinga på fisken når eit vassdrag vert forsura, det er giftig aluminium som er den direkte dødsårsaka. Innhaldet av aluminium i overflatevatnet på Vestlandet er stadvis svært høgt (for Hordaland, sjå Johnsen og Kambestad 1994). Aluminium er svært vanleg i jordsmonnet, og kjem hovudsakleg frå vitra berggrunn. Ved forsuring aukar løyselegheten av aluminium og konsentrasjonen i avrenningsvatnet vert høgare. Det er spesielt den labile fraksjonen av aluminium som aukar når vatnet blir surare, og det er den labile delen som er giftig for fisken i forsura vassdrag. Årsaka til dette er at aluminium legg seg på gjellene og kan i verste fall medføre akutt død. Konsentrasjonar av labilt aluminium på over 40 µg pr. liter kan i nokre høve vere akutt giftig for fisk (Rosseland mfl. 1992a).

Gjellene er det organet der ein først kan påvise verknadane av därleg vasskvalitet. Ein normal gjellefunksjon er avgjerande for fisken si helse og utvikling, både fordi dei syter for fisken sitt oksygenopptak og er viktige med omsyn til reguleringa av saltbalansen hos fisken. Samstundes er gjellene eit følsomt organ som raskt vil reagere på därleg vasskjemi. Dei endringane som ein oftast finn ved vanlege histologiske undersøkingar kan klassifiserast i to typar: Akutte degenerative endringar og kroniske hyperplastiske endringar.

Akutte endringar finn ein etter korte episodar med påverknad frå giftstoff, t.d. aluminium. Typiske symptom er ødem under det respiratoriske vevet, slik at dette vert sprengt av frå pillarcellane under. I ekstreme tilfelle vil epitelet lausne og fisken vil døy nokså raskt. Det er vanlegvis ingen hypertrofe eller hyperplastiske endringar ved denne type skader, men aluminiumutfelling på gjellene kan påvisast i tida like etter episoden.

Moderate og tidlege endringar av meir kronisk karakter vil vere hypertrofiske, - epitelcellane svulmar opp, noko som vanlegvis skjer ved osmotiske forstyrningar og meir akutte påverknadar. Slike skader kan utvikle seg vidare til hyperplastiske endringar, - det skjer ein auke i antall celler som dekkjer gjellene. Ved kroniske irritasjonar er det vanleg at talet på slimcellar aukar og at dei også kan påvisast nærmare spissen på sekundærlamellane. Aluminiumspåverknad over tid kan såleis gje meir langvarige gjelleskadar som kan påvisast ved histologiske undersøkingar i ettertid.

Hausten 1995 gjennomførte Rådgivende Biologer as. undersøkingar av ungfisk i 20 elvar i Hordaland og Sogn og Fjordane der det også inngjekk gjelleanalyser. Mellom desse vassdraga var det elvar med god vasskvalitet og elvar som er mellom dei suraste i Hordaland der laksebestandane døydde ut for mange år sidan. Gjelleundersøkingane av fisk frå desse 20 elvane viste at det ikkje kunne påvisast aluminiumsutfelling på



gjellene av laks eller aure før konsentrasjonane av labilt aluminium i elvevatnet kom over  $30\mu\text{g Al/l}$  og det vart ikkje påvist tydelege vevsskader på gjellene der konsentrasjonen av labilt aluminium var under  $30\mu\text{g Al/l}$ .

For laksesmolte diskuterar ein for tida om endå lågare konsentrasjonar av labilt aluminium kan medføre problem for smolten ved utvandring til sjø (Frode Kroglund, NIVA, pers. medd.). I eksperiment er det vist at laksesmolte som er eksponert for surt, aluminiumsrikt vatn før han går ut i sjøen kan få problem med osmoreguleringa i saltvatn. I eksperimenta er det vist at slike skader kan oppstå ved pH opptil 6,2 og konsentrasjonar av labilt aluminium ned til  $15\mu\text{g Al/l}$ , altså ved høgare pH og mindre aluminium enn det som er rekna som skadeleg for yngre lakseungar (Frode Kroglund, NIVA, pers medd.). Redusert eller øydelagd evne til å regulere saltinnhaldet ved aluminiumsutfelling på gjellene kan ha vore årsaka til svært høg dødleghet på utsett smolt frå eit fiskeanlegg med sur vasskjelde i Nordhordland i 1995 der pH verdiane låg mellom 4,8 og 5,2 og konsentrasjonane av labilt aluminium var  $45 - 65\mu\text{g Al/l}$  (Johnsen 1995). Etter at vasskjelda vart kalka overlevde smolten godt etter utsetting (Kålås, Sægrov & Johnsen 1996).

Innhaldet av aluminium i overflatevatnet varierer ikkje berre mellom lokalitetar med forskjellig surleiksnivå og varierande berggrunnstilhøve. Det varierer også over tid på den einskilde lokaliteten. I periodar med låge pH-verdiar vinterstid vil difor aluminiumsinnhaldet i vassdraga vere høgare enn elles i året. Under spesielle surstøytepisodar vil også aluminiumsinnhaldet auke i vassdraga. I humusrike vassførekromster, særleg langs kysten, kan imidlertid innhaldet av aluminium vere ekstremt høgt utan at det gjev problem for fisken (Johnsen & Kambestad 1994). I slike høve er aluminiumet bunde til humusprikler, og denne forma for organisk bunde aluminium er ikkje giftig for fisk.

## SURSTØYT VED SJØSALTEPISODER

Surleiken i vassdraga vil variere både frå år til år og gjennom året, avhengig av mengda sure tilførslar og kor nedbøren kjem frå. Det er ein vanleg observasjon at vassdraga er surast om våren i samband med snøsmeltinga. Dei seinaste åra er det registrert til dels kraftige surstøyt i vassdraga midtvinters på grunn av såkalla sjøsaltepisodar (Hindar m.fl. 1994).

Kystnære område mottek ofte sjøsalt med nedbøren,- spesielt i periodar med kraftig vind. Store mengder sjøsalt påverka nedbør kan føre til at vatnet i vassdraga blir endå surere enn det tilførslane frå den vanlege nedbøren skulle tilseie. Dette skuldast at natrium frå sjøsalt blir halde attende i jordsmonnet og desse ionene blir skifta ut med hydrogen og aluminium, og som så blir frigjort til vassdraga. Ved store tilførslar av sjøsalt vil ein då kunne oppleve at store mengder surt og aluminiumsrikt avrenningsvatn gjev surstøytepisodar i vassdraga. Desse episodane er vanlegvis kortvarige, men det sure vatnet kan opphalde seg lengre i innsjøer og dermed gjere vatnet surt i eit noko lengre tidsrom. På grunn av låg pH vil dei høge konsentrasjonane av aluminium i slike tilfelle føreligge i den labile forma som er giftig for fisk og botndyr. Slike surstøyt kan føre til akutt dødelegheit for vasslevende organismar (Barlaup og Åtland, i trykk).

Ein føresetnad for at nedfall av mykje havsalt skal gje surstøytepisodar er at jordsmonnet allereie er heilt eller delvis utarma for basekationer på grunn av langvarig eksponering for sur nedbør. Surstøyt vil difor berre finne stad i område der det allereide er moderat eller kraftig surt, men effekten vil venteleg bli størst i vassdrag som er moderat forsura. Vintrane 1992, 1993 og 1994 var det periodar med mykje nedbør og sterkt vind midtvinters, og dette førte til ekstreme surstøytepisodar og fiskedød i vassdrag på Vestlandet (Hindar mfl. 1993; Kroglund mfl. 1994, Barlaup og Åtland, i trykk)).

Sjøsalttilførsel er naturleg og vanleg langs kysten, der det i dei ytste områda er ein tilnærma kontinuerleg tilførsel av salt (Johnsen & Bjørklund 1993). I slike område vil det alltid vere mykje natrium i jordsmonnet, og det er derfor mindre sannsynleg at surstøytepisodar vil finne stad i slike kystvassdrag.



## ALUMINIUM I BLANDSONER

I område der svært surt og aluminiumsrikt vatn møter vesentleg mindre surt vatn kan det oppstå blandsoner. I desse sonene vil surleiken bli relativt fort utjamna, men aluminiums-forbindelsane treng litt lenger tid før dei er stabile. I denne fasen kan det oppstå spesielt giftige kompleks av aluminium som gjer at tilhøva kan bli akutt giftige for fisk (Rosseland mfl. 1992 b). Blandsonene varer lenger ved låge enn ved høge temperaturar og er også meir giftige når temperaturen er låg (Paleo 1995).

Det er viktig å ta omsyn til førekommst av blandsoner både i forvaltinga og den direkte utnyttinga av vassdrag, og blandsoner finn ein til dømes:

- der sure sideelver møter større vassdrag med betre vasskvalitet,
- der vatn frå kalka greiner møter vatn frå sure og ukalka greiner,
- ved utslepp frå kraftverk
- i smoltanlegg der det sure råvatnet blir behandla, men der aluminiumskompleksa ikkje har fått tilstrekkeleg tid til å stabilisere seg.

Elva Audna i Vest-Agder er kalka, men det renn inn sideelvar som har svært dårlig vasskvalitet. Undersøkingar av tettleik av laks- og aureungar i blandsoner i mars 1993 viste at gjennomsnittleg tettleik av fiskeungar nedstraums blandsonene normalt ikkje var påverka av vasskvaliteten i dei sure sideelvane, men i blandsoner der det kom inn vatn med ekstremt dårlig vasskvalitet frå sideelva (pH under 4,8 og konsentrasjonar av lablit aluminium på over 200 µg Al/l) var det fisketomt. I blandsoner der det kom inn vatn med betre vasskvalitet enn dette vart det fanga fisk. Resultata frå denne undersøkinga viser at fisk unngår eller dør i blandsoner der det er ekstreme skilnader i vasskvalitet mellom dei to vasskjeldene (Åtland og Barlaup 1995). På Vestlandet er det langt mellom stader der ein finn slike ekstremt dårlige vasskvalitetar med konsentrasjonar av labil aluminium på over 200 µg Al/l (Johnsen og Kampestad 1994).

## TÅLEGRENSEN OG SYRENØYTRALISERENDE KAPASITET

Det er utarbeiddstålegrenser med omsyn på forsuring for mange ferskvasslevande organismar,- både for mange fiskearter og for evertebrater. Dessestålegrensene er basert på vasskvalitetsmål der dei vasskjemiske målingane er samanstilt i uttrykket **syrenøytraliserende kapasitet = ANC** ( Acid Neutralizing Capacity). Dette er eit omgrep som samanstiller balansen mellom basekationar og anionane av sterke syrer, altså skilnaden mellom mengda tilført forsurande stoff og jordsmonnets mengde av tilgjengelege basekationar.

$$\text{ANC} = \text{basekationer} - \text{sterke syrs anioner} = (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-)$$

Sjølv utrekninga av ANC inkluderer også en del omrekningar, slik at ein ikke utan vidare kan summere dei målte konsentrasjonar slik som vist over. Mange av desse stoffa stammar frå sjøsalttilførslar til vassdraga, men disse tilførslane er kompensert for i utrekninga av ANC, slik at det berre er tilførslane frå nedslagsfeltet og frå sur nedbør som inngår i utrekninga.

Det er påvist tydelige skilnader istålegrenser for ulike fiskeartar, der abbor er den fiskearten som tåler dei lågaste ANC-verdiane, medan laks synest å være den som er mest utsett når vatnet blir surt og aluminiumsrikt. Laks og aure blir difor brukte som indikatorartar for fisk med omsyn til forsuringsutvikling i Norge (Lien m.f . 1996). Ein ANC-verdi på 20 µekv/l er rekna som akseptabelstålegrense for fisk og evertebrater i Norge. Lågare ANC-verdiar enn dette kan føre til skade på bestandane.



TABELL 1: ANC-konsentrasjon ( $\mu\text{ekv/l}$ ) for laks, aure og røye der 25% og 50% av bestandane er reduserte eller utdødde. (frå Lien m.fl. 1996)

ART	% REDUSERTE BESTANDAR		% UTDØYDDE BESTANDAR		ANTAL BESTANDAR
	25 %	50 %	25 %	50 %	
Laks	ANC = 10	ANC = 5	ANC = 5	ANC = 0	n = 30
Aure	ANC = 10	ANC = 0	ANC = -10	ANC = -20	n = 827
Røye	ANC = 10	ANC = -5	ANC = -10	ANC = -15	n = 169

ANC er det vanlege vasskvalitetsmålet som blir nytta i samband med forsuring og tålegrenser for vasslevande organismar, og det er normalt ein god samanheng mellom pH, konsentrasjonane av labilt aluminium og ANC (Kroglund m.fl. 1994, Lien m.fl 1996). For laks er det vist at det er eit relativt smalt spekter av ANC verdiar frå det er registrert ein liten skade på lakseungane til bestanden er utdøydd. Det er registrert reduserte bestandar ved ANC verdiar (årleg gjennomsnittleg ANC) på ca. 18 og lågare. Samanstillinga viste at 50% av bestandane går tapt når gjennomsnittleg ANC er 0, medan ingen bestandar er igjen ved ANC verdiar under -15. For aure er spekteret langt større. For denne arten er det registrert reduserte bestandar ved ANC på 30, 50% av bestandane går tapt ved ANC på -20 og alle er utdøydde ved ANC på -42 (Lien m. fl. 1996).

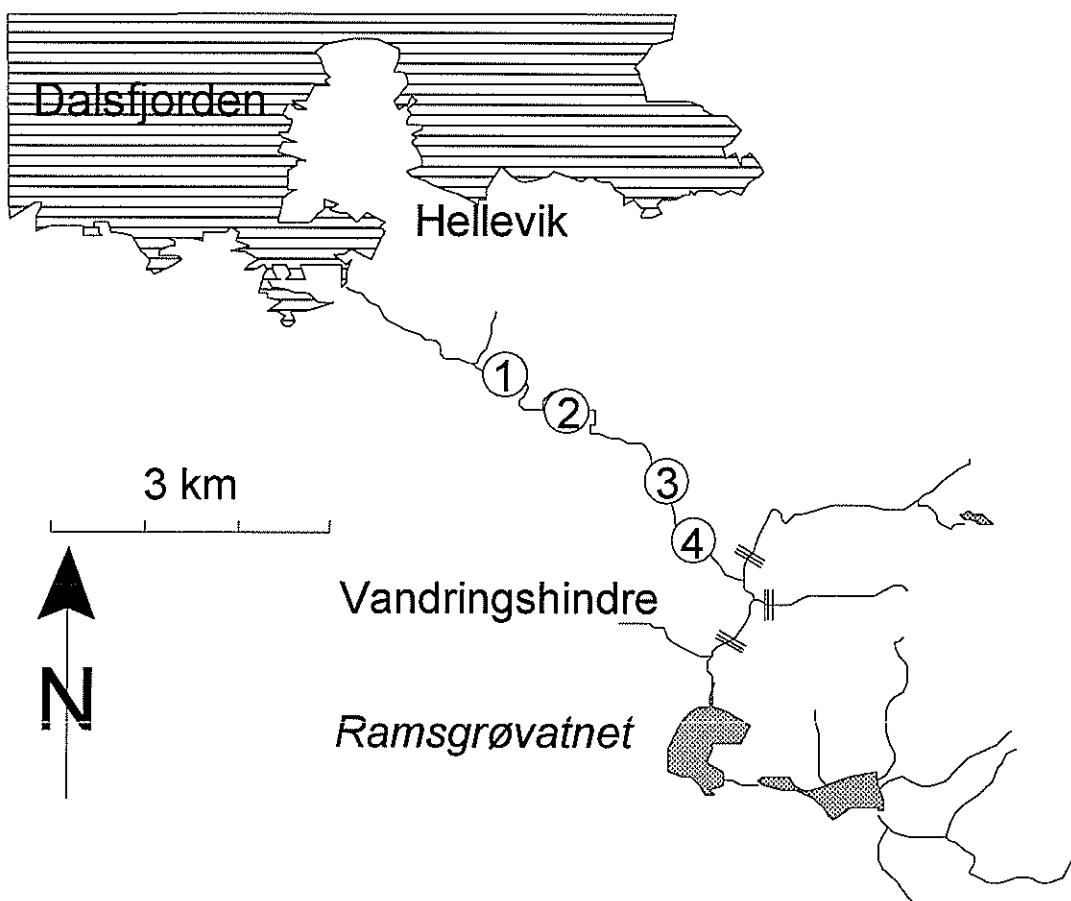
Det er viktig å merkje seg at ein finn mange intakte laksebestandar i elvar der den gjennomsnittlege ANC verdien ligg godt under 20 og dette er i vassdrag der konsentrasjonane av labilt aluminium er relativt låge og pH er relativt høg (Kroglund m.fl. 1994). Det er heller ikkje lagt fram dokumentasjon som viser effektane av blandsoner på overleving av lakseungar i elvar eller at vill laksesmolt faktisk får slike problem som dei nemnde eksperimenta med sjøvasstoleranse indikererer.

Når det gjeld surstøyt i samband med sjøsaltepisodar, kan ANC-verdiane bli svært låge og negative. Dette skuldast sjølve utrekningsmåten av ANC, der ein i ekstreme høve kan operere med negative konsentrasjonar av samlede basekationer etter at ein har "sjøsaltkorrigert" dei observerte konsentrasjonane av dei einskilde stoffa i vassprøva frå vassdraget. Negative konsentrasjonar av stoff er sjølv sagt ikkje mogleg anna enn i teoretisk samanheng, og verknadane på livet i vassdraga samsvarer difor ikkje med desse ekstreme teoretiske verdiane for ANC. Dei biologiske responsane heng i slike høve saman med innhaldet av giftig aluminium, som igjen er avhengig av surleiken. Ved sjøsaltepisodar med tilhøyrande surstøyt, er det difor best å vurdere skadeverknadane berre ut frå pH og innhald av labilt aluminium. ANC-verdiane kan i desse høva ikkje nyttast.



## OMTALE AV VASSDRAGET

Lona er ei låglandselv som kjem frå Ramsgrøvatnet i Hyllestad og renn nordvestover i Fjaler kommune til Dalsfjorden. Namnet på elva kjem truleg av at ho renn roleg gjennom loner i nedre del. Den laks- og sjøaureførande strekninga er nær 7 km. På strekninga frå Lona og oppover er elva 5-7 meter brei med tre langs breiddane. Elva med omgivnader gjev eit tiltalande inntrykk og vassføring og temperaturtilhøve tilseier ein høg produksjon av botndyr og fiskeungar. Elva er rekna som ei god sjøaureelv, men fangstane er ikkje oppgjevne i den offisielle fangststatistikken.



FIGUR 1: Lona med dei fire prøvetakingsstasjonane inntekna. Elektrofiske vart gjennomført på alle fire stasjonane medan det vart teke vassprøver, botndyrprøver og gjelleprøver av fisk på stasjon 1 og 4. Vandringshinder for oppvandrande laks og sjøaure er avmerkt.



## VASSKVALITET

Vasskvaliteten i Loneelva er undersøkt ved fire høve de siste tre åra, inkludert vassprøva som vart teken under feltarbeidet hausten 1995. Dei andre prøvene er samla inn i regi av Fylkesmannens miljøvernnavdeling. Resultata viser at det er stor variasjon i vasskvalitet, og dette kan vere typisk for små vassdrag.

Den første prøva vart samla inn i oktober 1993 langt nede i vassdraget. Ellevatnet var då relativt surt med pH-verdi på 5,6 og 17 µg labil aluminium. Fargetalet var svært høgt, og vasskvaliteten ved prøvetakinga kan ha vore påverka av høg avrenning etter store nedbørsmengder. Vasskvaliteten ved denne prøvetakinga var sannsynlegvis utypisk.

Våren 1995 vart det samla inn vassprøver på fem stadar. Heller ikkje desse prøvene kan ha vore særleg typiske for dei generelle tilhøva i elva, og mykje tyder på at det hadde vore omfattande jordbrukskalking i nedslagsfeltet like før prøvetakinga. Kalsiuminnhaldet var mellom 3 og 5 gongar høgare enn ved dei andre prøvetakingane, og varierte mellom 0,74 og 2,07 mg Ca/l. Alkaliteten låg mellom 18 og 95 µekv/l og pH-verdiane nådde opp i 6,7. Ved dette høvet var det berre små mengder labil aluminium i elva.

I april 1995 vart det teke to vassprøver i elva, og pH låg då rundt 5,5. Alkalitet og kalsiuminnhald var lågt, slik ein normalt skal vente å finne i dette vassdraget. Innhaldet av labil aluminium var på 5 - 7 µg Al/l. Den syrenøytraliserande kapasiteten var negativ og nede i -12 µekv/l i den øvre delen av elva, og slike verdiar førekjem sannsynlegvis i periodar. Dette betyr likevel ikkje at tilhøva er därlege for dyrelivet i elva, fordi innhaldet av giftig aluminium samstundes er lågt.

Resultata frå prøva teken november 1995 synte at Lona ved prøvetakinga ikkje kan reknast som sur. pH vart målt til 6,0, medan den syrenøytraliserande kapasiteten var 35 µekv/l. Innhaldet av giftig, labil aluminium var 15 µg/l (tabell 2). Innhaldet av reaktivt aluminium var noko høgt, og dette kan medføre skadelege konsentrásjonar av aluminium dersom pH blir vesentleg lågare enn 5,5. Ein kan difor ikkje utelate at det kan førekome episodar med såpass låg pH at konsentrásjonane av labil aluminium når eit nivå som er skadeleg for fisk. Slike episodar er ikkje hittil ikkje påvist.

TABELL 2: Analyseresultat frå ei vassprøve teken nederst i Lona den 12. november 1995. Prøva er analysert ved Hordaland fylkeslaboratorium.

PARAMETER	EINING	RESULTAT
Surleik	pH	5,99
Kalsium	mg Ca/l	1,28
Magnesium	mg Mg/l	1,10
Natrium	mg Na/l	4,58
Kalium	mg K/l	1,02
Sulfat	mg S/l	3,75
Klorid	mg Cl/l	9,00
Nitrat	µg N/l	150
Reaktivt aluminium	µg Al/l	95
Illababilt aluminium	µg Al/l	80
Labil aluminium	µg Al/l	15
Syrenøytraliserande kapasitet	ANC µekv/l	35,8



## BOTNDYR

Under feltarbeidet i november 1995 vart det samla inn botndyrprøver på stasjon 1 og 4 (nedst og øvst i elva). Botndyrprøvene viste eit relativt høgt innslag av den forsuringsfølsomme indikatorarten, døgnfluga *Baetis rhodani*, på begge stasjonane (tabell 3). Eit slikt botndyrsamfunn finn ein normalt ikkje i ei sur elv. Elles var botndyrsamfunnet artsrikt særlig på den nederste av dei to stasjonane, medan det langt oppe i elva var færre artar. Forsuringsindeksen basert på botndyr er nyleg korrigert og er no som før basert på forekomsten av den forsuringsfølsomme døgnfluga *Baetis rhodani*, men i tillegg er det ei korrigering for høvet mellom *Baetis rhodani* og forsuringsfølsomme steinfluger (Kroglund m.fl. 1994). Basert på den nye indeksen var den gjennomsnittleg forsuringsindeksen 0,81 i Lona i november 1995. På stasjon 4 øvst i elva var indeksen 0,72 og på stasjon 1 nedst i elva var indeksen 0,89 (tal frå tabell 3).

TABELL 3: Dyregrupper funne i to botndyrprøver frå Lona 22.november 1995. Forsuringsindeksen er angjeven for kvar dyregruppe, men samla indeks for elva bygger på forekomsten av den minst forsuringstolerante organismen (Fjellheim & Raddum 1990). Dersom ein finn organisme som ikkje toler surt vatn, veit ein dermed at det ikkje har vore spesielt sure periodar i elva så lenge desse dyra har levd. Prøvene er analysert av Randi Lund, LFI-Universitetet i Bergen.

GRUPPE	ART	ANTAL DYR I PRØVA		FORSURINGSINDEKS
		Stasjon 1	Stasjon 4	
Nematoda / rundorm		3	9	
Oligochaeta / fåbørstemark		10	6	
Bivalvia / muslinger	<i>Pisidium</i> sp	0	0	0,25
Acari / midd		4	0	
Diptera / tovengjer, diverse		8	2	
Ephemeroptera / døgnfluger	<i>Leptophlebia vespertina</i>	1	0	0
	<i>Baetis rhodani</i>	21	10	1
Plecoptera / steinfluger	<i>Protonemus meyeri</i>	8	5	0
	<i>Leuctra fusca</i>	10	2	0
	<i>Leuctra hippopus</i>	1	1	0
	<i>Isoperla grammatica</i>	1	0	0,5
	<i>Isoperla</i> sp.	1	0	0,5
	<i>Brachyptera risi</i>	10	34	0
	<i>Amphinemura sulcicollis</i>	21	3	0
	<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	2	1	0
Trichoptera / vårflyger	<i>Rhyacophilus nubila</i>	2	0	0
	<i>Apatania</i> sp.	9	1	0,5
	<i>Polycentrophus flavomaculatus</i>	2	0	0
	<i>Polycentrophus conspersa</i>	0	1	0
	<i>Hydropsyche</i> sp.	5	0	0,5
	<i>Limnephilus</i> sp	3	0	0
	<i>Sericostoma personatum</i>	1	0	0,5
	<i>Oxyethira</i> sp.	2	0	0
Chironomidae / fjørmygg		71	36	
Simuliidae / knott		16	39	
Coleoptera / biller	<i>Elmis aenea</i>	22	1	
Total indeks				1,00



## UNGFISK

Fiskeundersøkinga omfatta fiske med elektrisk fiskeapparat på fire stasjonar den 12. november 1995 (Figur 1). På kvar stasjon vart eit areal på 100m<sup>2</sup> overfiska tre gonger med ca. ein halv times mellomrom etter ein standardisert metode (Bohlin m.fl. 1989). All fisk vart artsbestemt og lengdemålt og eit utvalg av fiskane vart teken med og seinare oppgjort. For desse fiskane vart alderen bestemt ved analyse av otolittar (øyresteinar) og kjønn og kjønnsmogning bestemt. Det var låg vassføring under elektrofisket noko som gjev relativt sikre tal for tettleik. På dei fleste stasjonane var elva berre 5-7 meter brei og difor vart heile elvebreidda overfiska. Vasstemperaturen var 1°C.

### TETTLEIK OG ALDER

Totalt vart det fanga 13 lakseungar, 349 aureeungar og fem sjøaureblenkjer, dvs. fisk som hadde vore ute i sjøen ein sommar. Det vart berre fanga laks på den nedste stasjonen i elva og av aure varierte totalfangsten frå minimum 65 til maksimum 126 mellom stasjonane. Estimata for gjennomsnittleg tettleik av laks- og aureungar var høvesvis 3,3 og 109,8 pr. 100m<sup>2</sup> (Tabell 4). Tettleiken av aure må karakteriserast som svært høg samanlikna med andre elvar.

TABELL 4. *Fangst under kvar av tre elektrofiske omgangar på fire stasjonar i Lona den 12. november 1995.*

STASJON	LAKS					AURE				
	1	2	3	Sum	Estimat n/100m <sup>2</sup>	1	2	3	Sum	Estimat n/100m <sup>2</sup>
1	11	2	0	13	13,0	47	14	4	65	66,7
2	0	0	0	0	0,0	54	47	25	126	193,0
3	0	0	0	0	0,0	38	14	15	67	83,6
4	0	0	0	0	0,0	48	28	20	96	129,3
SUM	11	2	0	13	13,0	187	103	64	354	439,2
SNITT	2,8	0,5	0,0	3,3	3,3	46,8	25,8	16,0	88,5	109,8

Gjennomsnittleg fangst av årsungar (0+) av laks og aure var 1 og 35 pr. 100m<sup>2</sup>. Fisken som var eldre enn 0+, men mindre enn 11 cm er stort sett 1+ og av desse var tettleiken 0,3 laks og 25,5 aure pr. 100m<sup>2</sup>. Grensa på 11 cm er sett fordi ein for laksen og auren i Loneelva kan anta at dei som om hausten er større enn 11 cm vil gå ut som smolt neste vår. Det er her meir rett å bruke ei lengdegrense enn aldersgrense fordi ein del av 1+ fisken er større enn dei minste 2+ fiskane og utvandringsalder og storleik er lågare for rakstveksande fisk enn for seintveksande (Økland m.fl. 1993). Gjennomsnittleg tettleik av presmolt, dvs. fisk som vil gå ut i sjøen som smolt våren 1996 var med dette utgangspunktet 1,8 presmolt av laks og 26,3 presmolt av aure, totalt 28,0 pr. 100m<sup>2</sup> (tabell 5). Denne tettleiken må karakteriserast som svært høg og auren er totalt dominerande. Dersom ein reknar eit totalt elveareal på ca 40.000 m<sup>2</sup> (7.000m x 6m) blir den årlege produksjonen ca. 12.000 auresmolt og ca. 750 laksesmolt.



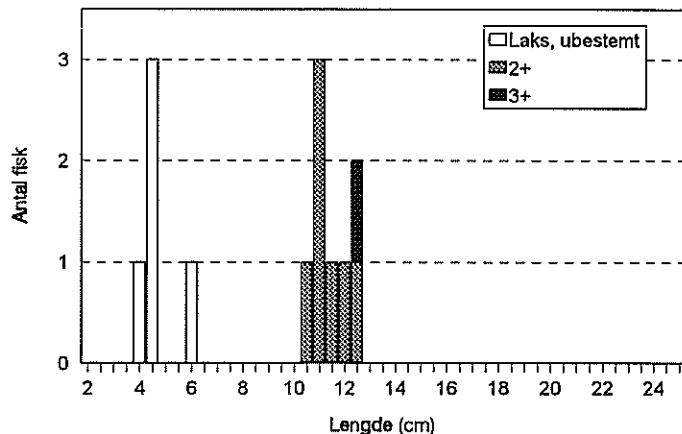
TABELL 5. Gjennomsnittleg tettleik (antal/100m<sup>2</sup>) av laks og aureungar fanga på fire stasjonar under elektrofiske i Lona den 12. november 1995. Fem sjøaureblenkjer er ikkje medrekna.

KATEGORI	LAKS		AURE		TOTALT	
	TOTALT ANTAL	TETTLEIK	TOTALT ANTAL	TETTLEIK	TOTALT ANTAL	TETTLEIK
Årsyngel (0+)	5	1,3	140	35,0	145	36,3
0+<fish<presmolt	1	0,3	102	25,5	103	25,8
Presmolt (>11cm)	7	1,8	105	26,3	112	28,0
Totalt	13	3,3	347	84,8	360	90,0

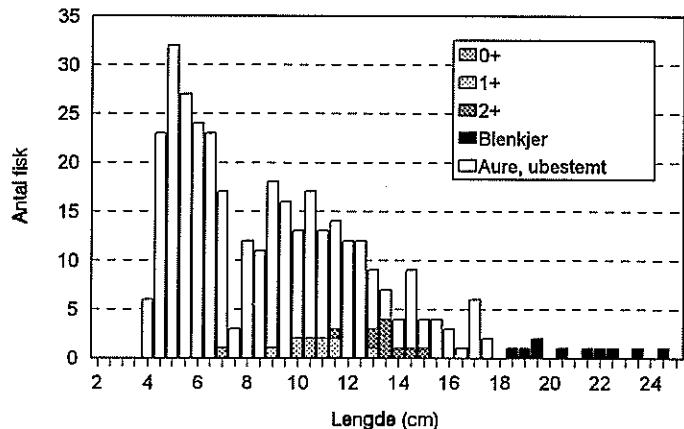
Lakseungar vart berre fanga på den nedste stasjonen og total var dermed tettleiken av lakseungar låg. Det var representert 3 aldersgrupper, 0+, 2+ og 3+, men aldersgruppa 1+ var ikkje representert. Dette fortel at det var vellukka gyting haustane 1991, 1992 og 1994 og vidare at lakseungane frå desse gytingane overlevde etterfølgjande år. Den årsklassen som er fråverande, eller svært fåtallig, skulle vore gytt hausten 1993 og kome opp av grusen sein i mai i 1994. Dersom ein antek at forsuring kan vere eit problem for overleving av laks i denne elva burde dei fiskane som var i elva under surstøtepisodane på ettervinteren 1992 og 1993 vore dei mest utsette, men det vart altså fanga lakseungar som har overlevd slike episodar i elva.

## LENGDE OG VEKST

Lengdefordelinga av laks viser to grupper, den eine i lengdeintervallet 4,3 - 6,0 cm som er årsungar og den neste frå 10,8 - 12,7 cm som hovudsakleg er laks som har vore tre vekstsesongar i elva og ein som har vore fire sesongar (3+) (Figur 2). Årsungane av aure er frå 4,0 til 7,0 cm lange, dei som har vore to vekstsesongar i elva er frå 7,1 til 12,5 cm og etter tre vestsesongar er dei frå 11,0 til 14,7 cm i det aldersbestemte materialet (Tabell 6 og Figur 3).



FIGUR 2: Lengdefordeling av lakseungar fanga under elektrofiske i Lona den 12. november 1995 ( $n = 13$ ).



FIGUR 3: *Lengdefordeling av aure fanga under elektro fiske i Lona den 12. november 1995 (n = 360).*

Aureungane veks litt raskare enn lakseungane i Lona og er etter første vekstsesongen (som 0+) gjennomsnittleg 0,8 cm lengre enn laksen (høvesvis, 5,7 og 4,9 cm). Etter to vekstsesongar er aureungane gjennomsnittleg 10,5 cm, til samanlikning var lakseungane 11,6 cm i gjennomsnitt etter tre vekstsesongar (Tabell 6).

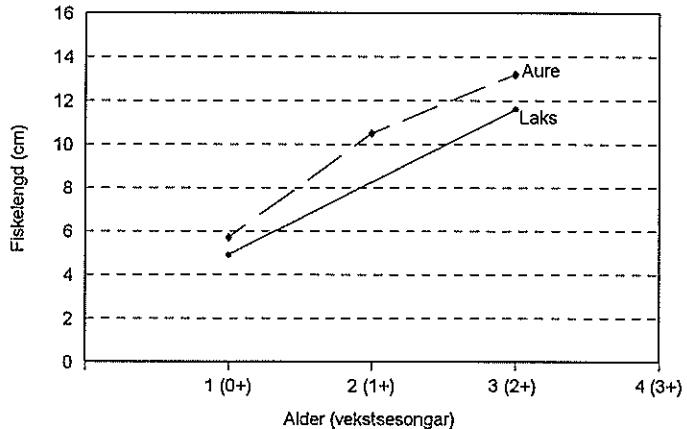
Veksten på auren ser ut til å avta den tredje vekstsesongen (Figur 4), men dette treng ikkje vere reelt. Mest sannsynleg er vekstredusjonen eit resultat av at dei aurane som veks raskast går ut i sjøen som smolt etter to år i elva, medan dei som veks seinast ikkje blir smolt før dei er tre år gamle. Dei tre-åringane vi fanga under elektrofisket er dei som veks seinast av denne årsklassen og som blir ståande att i elva. Veksten for auren må karakteriserast som rask.

TABELL 6: *Gjennomsnittleg lengde i mm  $\pm$  standard avvik og lengdevariasjon for aldersbestemte grupper av laks og aure som var fanga under elektrofiske i Lona den 12. november 1995.*

	ALDER I VEKSTSESSONGAR (ÅR)				Totalt
	1 (0+)	2 (1+)	3 (2+)	4 (3+)	
<b>LAKS</b>					
Antal	5	0	7	1	8
Lengd $\pm$ s.d.	49 $\pm$ 5,7		116 $\pm$ 6,0	127	
Min.- maks.	43 - 60		108 - 127		43 - 127
<b>AURE</b>					
Antal	140	10	10		160
Lengd $\pm$ s.d.	57 $\pm$ 7,8	105 $\pm$ 9,3	132 $\pm$ 9,0		
Min.- maks.	40 - 70	89 - 125	110 - 147		40 - 147



**FIGUR 4.** Gjennomsnittleg lengde (cm) ved avslutta vekstsesong for dei ulike aldersgruppene av laks og aure som vart fanga under elektrofiske i Lona i november 1995. Det vart ikkje fanga 1+ laks. Tala er henta frå tabell 3.



Dei fem sjøaureblenkjene hadde vore ein sommar i sjøen og var gjennomsnittleg 21,5 cm. Av desse var det ein som hadde gått ut som to-års smolt, tre som tre-års smolt og ein først etter fire år i elva.

Av dei åtte lakseungane som var større enn 10 cm var det seks hoer og to hannar, begge hannane var kjønnsmogne, noko som tilseier at ein høg andel av laksehannane blir kjønnsmogne før dei går ut i sjøen.

## GJELLEUNDERSOKINGAR

Det vart samla inn gjelleprøver frå fem laks og fem aurar på den nedste stasjonen i Lona. Ein gjelleboge frå kvar fisk vart dissekkert ut og fiksert på buffra formalin. Dei vart siden støypte i parafin og snitta. Eit snitt vart farga med Haematoxylin-Eosin-Safran (HES) og eit anna med ei modifisert Haematoxin-løysing. Dei HES-farga gjellesnitta vart analyserte med tanke på vanlege strukturar, medan dei andre vart vurderte med omsyn til utfelling av metallar som aluminium.

**TABELL 7:** Strukturelle endringer på gjellar fra laks og aure fanga nedst i Lona den 12. november 1995. Forkortingane tyder: N=normal, Hp=hyperplasi, Ht=hypertrofi, S=auka mengde slimceller, A=aneurismar og tala antyder styrken i endringa frå 1 til 5, der 1=små/ubetydelege endringar og 5=svært sterke endringar,-fisken vil også vise kliniske sjukdomsteikn. Undersøkingane er utført av Hans Aase ved AquaLab as.

LAKS					AURE				
Fisk 1	Fisk 2	Fisk 3	Fisk 4	Fisk 5	Fisk 1	Fisk 2	Fisk 3	Fisk 4	Fisk 5
Ht1	N	Hp1 / Ht1	N	N	Hp1	Hp1 / Ht1	Hp3 / Ht2	Ht2	Hp1 / Ht1

Dei strukturelle endringane som vart funne på gjellene var generelt små for laksen sin del, men det kan sjå ut som om auren i Loneelva er utsett for ei eller anna påkjenning som gjev moderat førekomst av irritasjonsendringar på gjellane. Det var ikkje påvist aluminiumsutfelling på nokon av gjellene som var farga både med solokromazurin og kontrastfarga med Safranin.



## LITTERATUR

BARLAUP, B.T., Å.ÅTLAND 1996.

Episodic mortality of brown trout (*Salmo trutta* L.) caused by sea-salt induced acidification in western Norway: effects on different life-stages within three populations. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, i trykk.

BOHLIN, T. S.HAMRIN, T.G HEGGBERGET, G. RASMUSSEN & S.J. SALTVEIT. 1989.

Electrofishing-Theory and practice with special emphasis on salmonids. Hydrobiologia 173, 9-43.

FJELLHEIM, A. & G.G. RADDUM 1990.

Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. The Science of the Total Environment 96: 57-66.

HINDAR, A., A.HENRIKSEN, K.TØRSETH & A.SEMB 1994.

Acid water and fish death. Nature 372:327-328.

HINDAR, A., A.HENRIKSEN, K.TØRSETH & A.SEMB 1993.

Betydningen av sjøsaltanriket nedbør i vassdrag og mindre nedbørsfelt. Forsuring og fiskedød etter sjøsalteepisoden i januar 1993. NIVA-rapport O-93129. 42 sider.

HANSEN, L.P. 1995.

2 Figgjo, side 11-12 i Jensen, A. J., red. Overvåking av anadrome laksefisk i utvalgte referansevassdrag. Årsrapport 1994. NINA Oppdragsmelding 362: 1-54.

JOHNSEN, G.H. 1995.

Bakgrunn for og tiltak mot høy dødelighet hos smolt fra Stolt Sea Farm Kvingo as. Rådgivende Biologer, rapport 168, 13 sider.

JOHNSEN, G.H. & A.BJØRKLUND 1993.

Naturressurskartlegging i kommunene Sund, Fjell og Øygarden: Miljøkvalitet i vassdrag. Rådgivende Biologer, rapport 93, 75 sider

JOHNSEN, G.H. & A.KAMBESTAD 1994.

Forsuringsstatus for vassdrag i Hordaland. Rådgivende Biologer, rapport 105, 54 sider, ISBN 82-7658-018-1.

KÅLÅS, S., H.SÆGROV & G.H.JOHNSEN 1996.

Undersøkingar i samband med Stolt Sea Farms kalking av Sørkvingevatnet i Masfjorden kommune september 1995. Rådgivende Biologer, rapport nr. 226, 20 sider.

KROGLUND, F., T.HESTHAGEN, A.HINDAR, G.G.RADDUM, D.GAUSEN & S.SANDØY 1994.

Sur nedbør i Norge. Status, utviklingstendenser og tiltak. Utredning for DN, nr. 1994 - 10, 98 sider.

LIEN, L., G.G.RADDUM, A.FJELLHEIM & A HENRIKSEN 1996.

A critical limit for acid neutralizing capacity in Norwegian surface waters, based on new analyses of fish and invertebrate responses. The Science of the Total Environment 177: 173-193.



POLEO, A.B.S. 1995.

Aluminium polymerization - a mechanism of acute toxicity of aqueous aluminium to fish. *Aquatic Toxicology* **31**: 347 - 356.

ROSSELAND, B.O., P.JACOBSEN & M.GRANDE 1992a.

Miljørelaterte tilstander. Side 279-287 i: T.T.Poppe (red.): *Fiskehelse, sykdommer, behandling, forebygging*. John Grieg Forlag, 422 sider.

ROSSELAND, B.O., I.A.BLAKAR, A.BULGER, F.KROGLUND, A.KVELLESTAD, E.LYDERSEN, D.H.OUGHTON, B.SALSBU, M.STAURNES & R.VOGT 1992b.

The mixing zone between limed and acid waters: complex aluminium chemistry and extreme toxicity for salmonids. *Environmental Pollution* **78**:3-8.

SÆGROV, H. 1994.

Tettleik av laks- og aureungar i Oselva i 1991, 1993 og 1994.  
Zoologisk Institutt, Økologisk Avdeling, Universitetet i Bergen. Notat, 19 s.

SÆGROV, H. 1996a.

Laks og aure i Oldenelva i 1995.  
Rådgivende Biologer, rapport **233**, 20 sider, ISBN 82-7658-079-3.

SÆGROV, H. 1996b.

Laks og aure i Eidselva i 1995.  
Rådgivende Biologer, rapport **235**, 21 sider, ISBN 82-7658-081-5.

SÆGROV, H., S.KÅLÅS, H.LURA & K.URDAL 1994.

Vosso-laksen. Livshistorie - bestandsutvikling - gyting - rekruttering - kultivering.  
Rapport Zoologisk Institutt, Økologisk Avdeling, Universitetet i Bergen. 44 sider.

ØKLAND, F., JONSSON, B., JENSEN, A.J. & HANSEN, L.P. 1993.

Is there a threshold size regulating seaward migration of brown trout and Atlantic salmon?  
*Journal of Fish Biology* **42**: 541-550.

ÅTLAND, Å. & B.BARLAUP 1995.

Avoidance of toxic mixing zones by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) in the limed River Audna, southern Norway.  
*Environmental Pollution* **90**: 203-208.