

Restituering hos fisk etter eksponering for surt Al-rikt vann

Av Sigurd Hytterød, Joachim Schjolden, Asbjørn Vøllestad og Antonio B.S. Poléo

Sigurd Hytterød er hovedfagsstudent ved universitetet i Oslo, Biologisk institutt, Joachim Schjolden er ansatt hos Statkraft Grøner AS, Asbjørn Vøllestad og Antonio Poléo er henholdsvis professor og forsker ved universitetet i Oslo, Biologisk institutt.

Innlegg på svensk-norsk kalkingseminar i Stavanger 2001

Bakgrunn

Forenklet kan vi si at vi har to typer forsurede vassdrag i Norge, kronisk forsurede og episodisk forsurede. De sistnevnte finner vi spesielt på Vestlandet og i disse eksponeres fisken for episoder med surt Al-rikt vann i forbindelse med nedbør (DN 2000). Vannkvaliteten under slike episoder er giftig for fisk, men episodene er ofte kortvarige. Spørsmålet blir derfor om episodene er skadelige (konsentrasjon av aluminium og varighet av eksponering) og om fisken har evne og mulighet til å restituere mellom episodene.

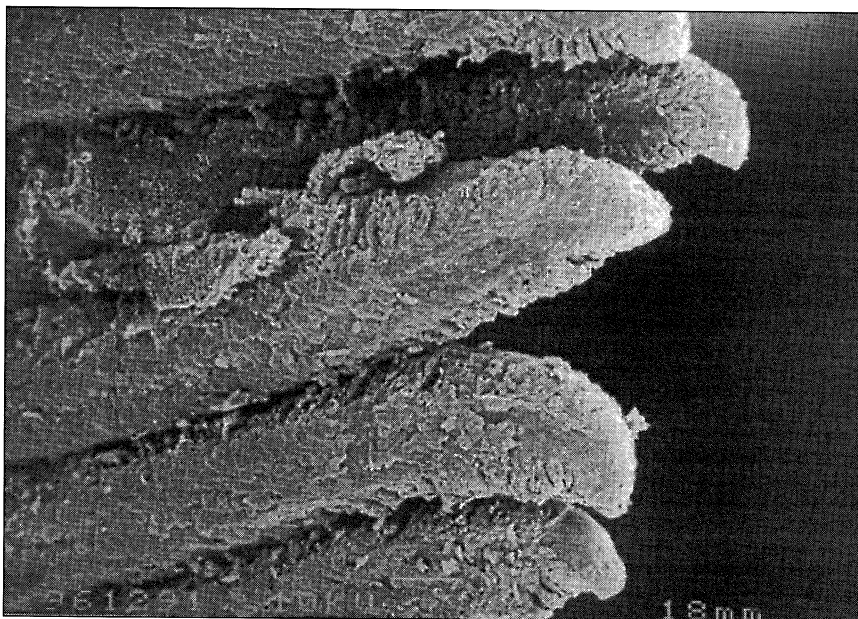
I dagens situasjon med en generell forbedring av forsurede vassdrag, særlig på Vestlandet (SFT 1999, Hesthagen et al. 2000), er det interessant å vite hva fisken tåler og hvor effektivt den restituerer. Når vi går mot bedre tider er det viktig å vite hvor fiskens "tålegrense" ligger både

av miljømessige og økonomiske hensyn. Dette gjelder spesielt for vassdrag som kalkes. Miljømessig er det gunstig å avslutte kalkingen så raskt som mulig etter at forholdene har blitt gode nok for fisken, fordi kalking må ses på som et kjemisk inngrep i naturen (Poléo 1998). Økonomisk er det også gunstig å avslutte kalkingen så raskt som mulig for å friggi midler til å kalke vassdrag eller lokaliteter som fremdeles er negativt påvirket av forsurede vassdrag.

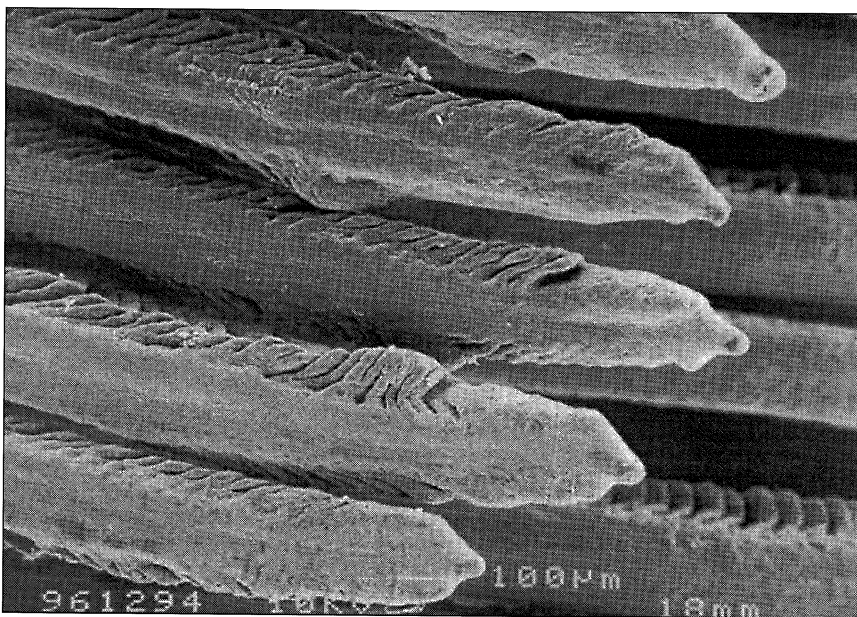
Vi har derfor stilt oss følgende spørsmål: Har fisk evne til restituering etter eksponering for giftig aluminium?

Ørret (*Salmo trutta*)

Figur 1 viser skadede gjeller fra en Al-eksponert ørret. Gjellestrukturen er helt ødelagt og fisken var døende da bildet ble tatt (Kjelsberg 1997). Allerede 24 timer etter at fisken var flyttet til optimale vannkjemiske betingelser hadde gjellene restituert betydelig (Figur 2).



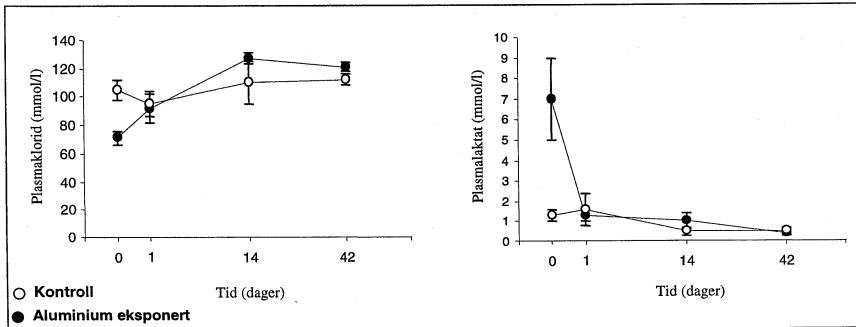
Figur 1. Scanning bilde av gjelle fra ørret eksponert i 11 timer for 250 µg Al/liter ved pH 5,8 (fra Kjelsberg 1997).



Figur 2. Scanning bilde av gjelle fra ørret eksponert i 11 timer for 250 µg Al/liter ved pH 5,8, med påfølgende restituering i 24 timer i rent vann (fra Kjelsberg 1997).

I likhet med gjellenes struktur viser også målinger at fysiologiske forstyrrelser restitueres hos ørret som har vært eksponert for aluminium (Figur 3).

Forstyrrelser i vann- og ionebalansen (målt som plasma Cl^-) restitueres noe langsommere enn forstyrrelser i respirasjonen (målt som plasmalaktat).



Figur 3. Plasmaklorid og plasmalaktat hos ørret etter eksponering i 11 timer for 250 $\mu\text{g Al/liter}$ ved pH 5,8. (fra Kjelsberg 1997).

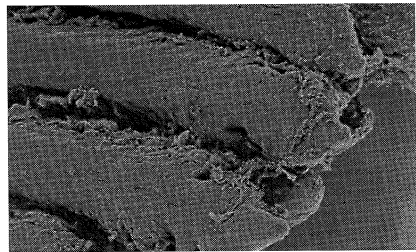
Konklusjon ørret

Ørret har god evne til å restituere etter en akutt Al-eksponering. Vevsskader i gjellene restitueres meget raskt, og parallelt med dette restitueres også fysiologiske forstyrrelser. Resultatene tyder på at effekten av aluminium på ørret er reversibel.

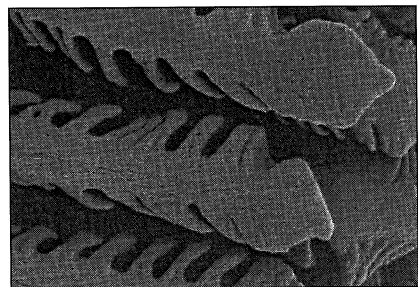
Laks (*Salmo salar*)

Vi vet at laks er blant de mest Al-følsomme ferskvannsorganismene, og flere komparative studier har vist at denne arten er mye mer følsom enn ørret (Jensen & Snekvik 1972, Grande et al. 1978, Poléo et al. 1997). Det neste spørsmålet vi har stilt oss er derfor: Har også laks evne til restituering etter eksponering for giftig aluminium?

Figur 4 viser skadede gjeller fra en Al-eksponert laksepar. I likhet med hos ørret er gjellestrukturen helt ødelagt, og fisken var døende da bildet ble tatt. 24 timer etter at fisken var flyttet til optimale vannkjemiske betingelser hadde gjellene restituert betydelig (Figur 5).



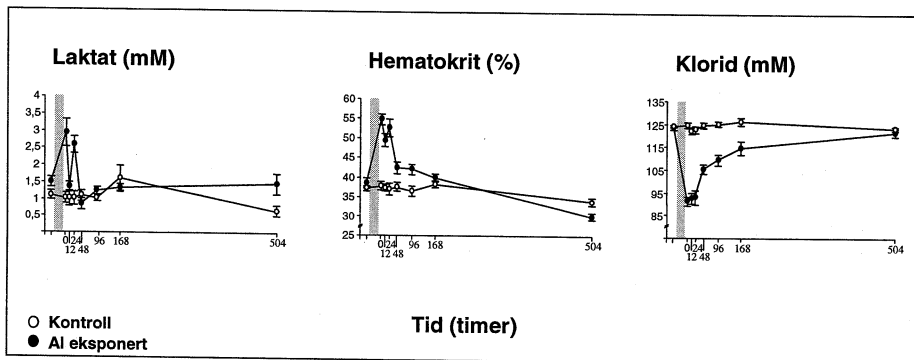
Figur 4. Scanning bilde av gjelle fra laks (parr) eksponert i 3 dager for 200 $\mu\text{g Al}_{10}/\text{liter}$ ved pH 5,8.



Figur 5. Scanning bilde av gjelle fra laks (parr) eksponert i 3 dager for 200 $\mu\text{g Al}_{10}/\text{liter}$ ved pH 5,8, med påfølgende restituering i 24 timer i rent vann (60 $\mu\text{g Al}_{10}/\text{liter}$, pH 6,5).

Etter 7 dagers restituering var gjellestrukturen hos lakseparr tilsynelatende helt lik som hos kontrollfisk. Hos lakseparr var det i likhet med ørret også en tydelig restituering av fysiologiske for-

styrrelser (Figur 6). Forstyrrelser i vann- og ionebalansen (målt som plasma Cl⁻ og hematokrit) restitueres langsommere enn forstyrrelser i respirasjonen (målt som plasmalaktat og hematokrit) (Figur 6).



Figur 6. Plasmalaktat, hematokrit og plasmaklorid hos laks (parr) etter eksponering i 3 dager for 200 µg Al₁₀/liter ved pH 5,8.

Konklusjon laks

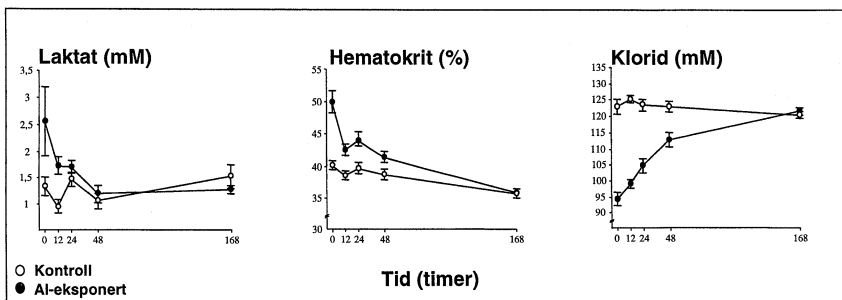
Vi har funnet at laks i likhet med ørret har god evne til å restituere etter en akutt Al-eksponering. Vevsskader i gjellene restitueres meget raskt, og parallelt med dette restitueres også fysiologiske forstyrrelser. Det tar litt lenger tid før forstyrrelser i vann- og ionereguleringen restitueres sammenlignet med forstyrrelser i respirasjonen. Samlet tyder resultatene på at effekten av aluminium på både laks og ørret er reversibel.

Betydningen av laksens stadium

Som nevnt er laks meget følsom for aluminium sammenlignet med andre fiskearter (Grande et al. 1978, Poléo et al. 1997). Det er også stor forskjell i følsomhet for aluminium hos laksens ulike livshistoriestadier, hvor de mest sensitive stadiene er smolt og plommeseekkyngel

(Jensen & Leivestad 1989). Beregninger viser at laksesmolt er omtrent 15 ganger mer sensitiv for aluminium enn lakseparr (Poléo & Muniz 1993). Vi har derfor stilt oss spørsmålet: Har forskjellige stadier hos laks ulik evne til restituering etter eksponering for giftig aluminium?

Figur 7 viser at laksesmolt også restituerer etter en eksponering for giftig aluminium. Sammenligner vi disse resultatene med resultatene fra forsøket med parr (Figur 6), finner vi at smolt restituerer raskere enn parr. Etter 7 døgn var forstyrrelser i vann- og ionebalansen (plasma Cl⁻) hos laksesmolt fullt restituert, men bare 60% restituert hos lakseparr. Etter 7 døgns restituering hadde plasma Cl⁻ hos lakseparr steget fra rundt 95 mM til omtrent 115 mM (Figur 6). Laksesmolt derimot viste samme økning i plasma Cl⁻ i løpet av bare 2 døgns restituering (Figur 7).



Figur 7. Plasmalaktat, hematokrit og plasmaklorid hos laks (smolt) etter eksponering i 3 dager for 180 $\mu\text{g Al}_{\text{tot}}$ /liter ved pH 5,8.

Det kan virke som om en evne til raskere restituering hos smolt sammenlignet med parr er kontradiktorisk til det faktum at smolt er betydelig mer sensitiv for aluminium enn parr. På den annen side er det ikke gitt at fiskens evne til å stå i mot skader er knyttet til fiskens evne til å reparere skader. Dette kan godt være to helt uavhengige prosesser.

Konklusjon laks (stadier)

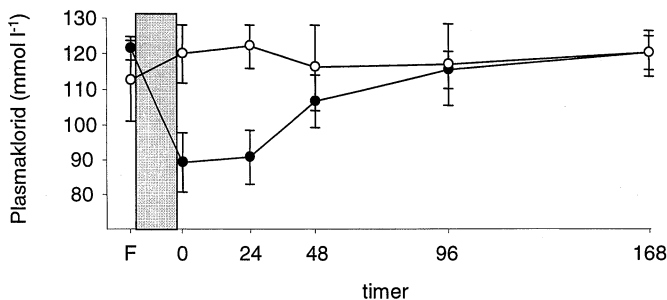
Våre resultater tyder på at forskjellige livshistoriestadier hos laks har ulik evne til å restituere. Laksesmolt restituerer raskere etter en akutt Al-eksponering enn lakseparr.

Betydningen av kalsium (Ca^{2+})

Det har blitt trukket frem at kalsium er

viktig for fiskens evne til å restituere, spesielt for laks (Bjørn Olav Rosseland pers. med.). I restitueringsforsøkene med laks som er referert ovenfor lå Ca^{2+} -konsentrasjonen rundt 3,0 mg/liter i restitueringsvannet. Dette er en relativ høy konsentrasjon av kalsium og kan tenkes å være årsaken til den effektive restitueringen vi observerte hos laks.

Figur 8 viser restituering hos lakseparr i vann med Ca^{2+} -konsentrasjon rundt 0,5 mg/liter. Etter 4 døgn var forstyrrelser i vann- og ionebalansen (plasma Cl^-) hos laksesmolt fullt restituert i vann ved pH 5,8 og 0,5 mg Ca^{2+} /liter (Figur 8), men bare litt mer enn 50% var restituert i vann ved pH 6,6 og 3,0 mg Ca^{2+} /liter (Figur 6).



Figur 8. Plasmalaktat hos laks (parr) etter eksponering i 24 timer for 270 $\mu\text{g Al}_{\text{tot}}$ /liter ved pH 5,5, med påfølgende restituering ved pH 5,8 og 120 $\mu\text{g Al}_{\text{tot}}$ /liter.

Resultatene fra restitueringsforsøket ved pH 5,8 og 0,5 mg Ca²⁺/liter tyder på at høy Ca²⁺-konsentrasjon har ingen eller liten betydning for restituering hos Al-eksponert fisk. Faktisk indikerer resultatene at en høy konsentrasjon av kalsium i vannet kan hemme restitueringen av vann- og ionebalansen.

Konklusjon kalsium

Fordi vi har gjort litt få eksperimenter vil vi foreløpig konkludere med at kalsium ikke har noen betydning for restitueringen hos Al-eksponert fisk.

Oppsummering

Laks og ørret har god evne til restituering etter en akutt Al-eksponering. Både gjelleskader og fysiologiske forstyrrelser viser tydelig restituering. Det tar lengst tid for forstyrrelser i vann- og ionereguleringen å restituere. Laksesmolt restituerer tilsynelatende raskere enn lakseparr. Laks viser god evne til restituering ved både lav og høy konsentrasjon av kalsium i vannet.

Referanser

DN (2000). Kalking i vann og vassdrag, overvåking av større prosjekter 1999. *DN-notat* 2000-2, 366-391.

Grande, M., Muniz, I.P. & Andersen, S. (1978). Relative tolerance of some salmonids to acid waters. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 20, 2076-84.

Hesthagen, T., Saksgård, R., Berger, H.M. & Larsen, B.M. (2000). Recovery of young trout in moderate-

ly acidified streams in different regions of Southern Norway. Poster at *Acid Rain 2000*, 6th International Conference on Acidic Deposition, Tsukuba, Japan, 10.-16. December 2000.

Jensen, E.A. & Leivestad, H. (1989). Surt vann og smoltproduksjon. *Sluttrapport fra Vannbehandlings-prosjektet Salar/BP 1984-87*, pp. 82.

Jensen, K.W. & Snekvik, E. (1972). Low pH wipe out salmon and trout populations in Southernmost Norway. *Ambio* 1, 223-226.

Kjelsberg, B.M. (1997). Beskrivelse av restitueringsvevnen hos brunørret (*Salmo trutta*) eksponert for ustabil Al-kjemi. *Hovedfagsoppgave i zoologi, Universitetet i Oslo*, 56s.

Poléo, A.B.S. & Muniz, I.P. (1993). The effect of aluminium in soft water at low pH and different temperatures on mortality, ventilation frequency and water balance in smoltifying Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Environ. Biol. Fish.*, 36, 193-203.

Poléo, A.B.S. (1998). Forsuring - kalking - og hva som er best for fisken? *biolog*, 16 (3/4), 22-27.

Poléo, A.B.S., Østbye, K., Øxnevad, S.A., Andersen, R.A., Heibo, E. & Vøllestad, L.A. (1997). Toxicity of avid aluminium-rich water to seven freshwater fish species: a comparative laboratory study. *Environ. Pollut.*, 96, 129-139.

SFT (1999). Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport-Effekter 1998. SFT-rapport 781/99.