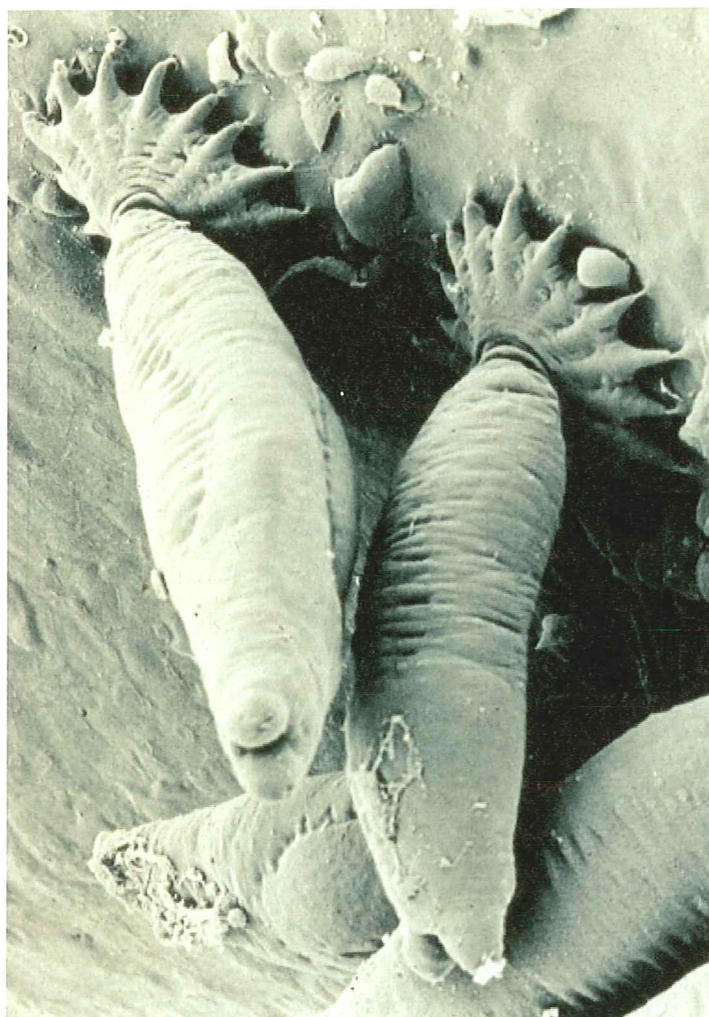


NIVA



RAPPORT LNR 4583-2002

**AI**-behandling av  
*Gyrodactylus salaris* infisert  
Atlantisk laks (*Salmo salar*)  
i Statkraft SF sitt stamfisk-  
anlegg i Bjerka, Nordland



<b>Hovedkontor</b> Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00 Internet: www.niva.no	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 3 4879 Grimstad Telefon (47) 37 29 50 55 Telefax (47) 37 04 45 13	<b>Østlandsavdelingen</b> Sandvikaveien 41 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	<b>Vestlandsavdelingen</b> Nordnesboder 5 5005 Bergen Telefon (47) 55 30 22 50 Telefax (47) 55 30 22 51	<b>Akvaplan-niva</b> 9296 Tromsø Telefon (47) 77 75 03 00 Telefax (47) 77 75 03 01
---	---	--	---	---

Tittel Al-behandling av <i>Gyrodactylus salaris</i> infisert Atlantisk laks ( <i>Salmo salar</i> ) i Statkraft SF sitt stamfiskanlegg i Bjerka, Nordland.	Løpenr. (for bestilling) 4583-2002	Dato 15.10.02
	Prosjektnr. Undernr. O-21221	Sider Pris 23
Forfatter(e) Espen Lydersen, NIVA, Siggurd Hytterød, NIVA, Torstein Kristensen, NIVA, Jarle Håvardstun, NIVA, Bjørn Olav Rosseland, NIVA, Antonio B.S. Poléo, Biologisk inst, UiO, Tor Atle Mo, Veterinærinst., Tor A. Bakke, Universitetets naturhistoriske museer og Botanisk hage, UiO	Fagområde <i>Gyrodactylus salaris</i>	Distribusjon 100
	Geografisk område Bjerka, Nordland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statkraft SF, Region Nord	Oppdragsreferanse
---	-------------------

<p><b>Sammendrag</b></p> <p>Gyromet-gruppa fikk i oppdrag av Statkraft SF å forsøke å eliminere <i>Gyrodactylus salaris</i> smitten i deres anlegg i Bjerka, Nordland ved dosering med sur aluminiumsløsning. Vannkvaliteten i Bjerka er svært god med meget høy pH (&gt; 7.0) og høy ionstyrke (Ca: 8-9 mg L<sup>-1</sup>). Laboratorieforsøk med aluminiumdoseringer i vann med lavere ionstyrke og pH har vært svært vellykkete. Utfordringen i dette prosjektet var den gode vannkvaliteten og svært kaldt vann (0-1°C). Pga mangel på kunnskaper om Al-doser i slike vannkvaliteter og svært verdifull fisk (genbankmateriale for Nordlandslaks) startet vi opp med moderate Al-doser, 200 µg Al L<sup>-1</sup>. Dette viste seg å ikke gi ønsket effekt, og dosene ble derfor suksessivt økt til 1200-1500 µg Al L<sup>-1</sup>. Disse dosene ga 100% eliminering av <i>Gyrodactylus salaris</i> på fisk, basert på tellinger på venstre brystfinne på de gjenværende fiskene i forsøket (7 stk). Problemet med påfølgende fullskalabehandling av anlegget var at snøsmeltingen nå satte inn for alvor, noe som resulterte i svært store døgnvariasjoner i vannkjemi. Siden Al-dosene måtte tilpasses disse vannkjemiske svingningene, fant vi det ikke forsvarlig å gjennomføre fullskalabehandlingen på denne tiden av året, siden vi antok at fiskemateriale også ville være i fare. Vi mangler fortsatt en del kunnskap om Al-dosering i forhold til varierende pH og ionstyrke for behandling under sterkt varierende vannkjemiske forhold. Vi støttet derfor oppdragsgivers forslag om å saltbehandle anlegget, da fisken nå var svært infisert slik at en rask behandling var påkrevet. Forsøket har likefullt dokumentert at Al-dosering også virker på parasitten i vann med høy pH og ionstyrke. Dette er viktig i forhold til framtidig bruk av Al-dosering i stor skala i elver med slik vannkvalitet. Slike <i>Gyrodactylus salaris</i> infisert vassdrag finnes bla i Nordland fylke, eksempelvis Vefsna, Rana, Røssåga.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>Gyrodactylus salaris</i></li> <li>Atlantisk laks (<i>Salmo salar</i>)</li> <li>Al-behandling</li> <li>Oppdrettsanlegg</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>Gyrodactylus salaris</i></li> <li>Atlantic Salmon (<i>Salmo salar</i>)</li> <li>Al-treatment</li> <li>Fishfarming</li> </ol>
---	---

  
Espen Lydersen  
Prosjektleder

  
Brit Lisa Skjeltvåle  
Forskningsleder

  
Nils Roar Sælthun  
Forskningsjef

**AI-behandling av *Gyrodactylus salaris*  
infisert Atlantisk laks (*Salmo salar*) i  
Statkraft SF sitt stamfiskanlegg i  
Bjerka, Nordland**

**GYROMET-gruppen**

## Forord

I løpet av vinteren 2001/2002 ble det dokumentert *Gyrodactylus salaris* utbrudd i Statkraft SF, Korgen sin Genbank i Bjerka, Nordland fylke. Espen Lydersen (NIVA) hadde i slutten av januar 2002 et møte i Mosjøen med produksjonssjef Odd Thoresen og miljørådgiver Bjørn Grane (begge Statkraft SF). Her ble det diskutert muligheter for å behandle anlegget med aluminium. Lydersen er leder for GYROMET-gruppa som prøver ut ulike kjemiske stoffer, som alternativ til rotenon, i kampen mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*. Statkraft viste stor interesse for denne alternative behandlingsformen, og GYROMET-gruppa utarbeidet en prosjektbeskrivelse 13. februar 2002. Prosjektgruppa som arbeidet med sanering og gjenoppbygging av fiskematerialet i anlegget vurderte søknaden og kom med flere spørsmål omkring temaer de ville ha belyst nærmere før behandlingen ble forsøkt. Denne gruppa besto av:

Arnfinn Aunsmo, VESO Trondheim - prosjektleder  
Tor Næss, Driftsleder Statkraft Bjerka  
Atle Thorkildsen, Distriktsveterinær i Hemnes  
Lars Sæther, Fylkesmannen i Nordland.

Etter at begge parter var blitt enige om det faglige og tekniske innholdet i prosjektet, søkte Statkraft Region Nord (den 20.02.02) Fylkesmannen i Nordland om en tidsbegrenset utslippstillatelse av aluminiumsklorid fra Statkraft SF's genbank på Bjerka. Denne konsesjonen ble innvilget av Fylkesmannen den 28.02.02, og aluminiumsbehandlingen startet opp ved anlegget 5.mars 2002. De innledende forsøkene startet opp i Hall 4, mens behandlingen i Hall 6 (hovedanlegget for stamfisk) startet opp et par dager senere. GYROMET-gruppa hadde ikke tidligere utført forsøk med aluminium i så god vannkvalitet (høy pH og høy ionstyrke), slik at vi var usikre på hvilket doseringsnivå vi skulle legge oss på. Siden fiskematerialet i anlegget var svært verdifullt valgte vi å gå relativt forsiktig ut med doseringen. Etter 14 dagers behandling uten særlig effekt, bestemte GYROMET-gruppa og Statkraft SF seg for å øke dosene, samt å endre aluminiumstype fra HYPAX 18 til Al-sulfat (ALS). Etter noen dager med gradvis økende dosering fant vi fram til et doseringsnivå der parasittene døde relativt raskt. Problemet nå var at vårmeltinga tok til for fullt, noe som medførte store vannkjemiske variasjoner over døgnet. Dette medførte også at Al-doseringen måtte endres betydelig som en direkte følge av dette. GYROMET-gruppa hadde per dato liten erfaring med hvilke Al-doser som til en hver tid kreves for å drepe parasitten men ikke verten (laksen) under den vekslende vannkjemien som nå rådde. Derfor fant begge parter det fornuftig å stoppe Al-behandlingen. GYROMET-gruppa beklager at vi ikke lyktes med å behandle anlegget innenfor den tidsperiode vi hadde til rådighet, men gruppa har skaffet seg viktig erfaring med Al-dosering i vassdrag som har meget god vannkvalitet. Vi er derfor svært takknemlige for Statkraft SF sin vilje til å prøve noe nytt i kampen mot parasitten. Denne kunnskapen vil være viktig for oss med tanke på framtidig aluminiumbehandling av *Gyrodactylus salaris* infiserte elver med ekstremt god vannkvalitet. Siden flere *Gyrodactylus salaris* infiserte elver i Nordland har meget god vannkvalitet, har Statkraft sin støtte til prosjektet bidratt til viktig kunnskap som vil kunne bli svært verdifull med tanke på lokal bekjempelse av parasitten i dette fylket.

Oslo, 04.10.02

Espen Lydersen  
(prosjektleder GYROMET-gruppen)

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Prøvetaking og analyser</b>	<b>7</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>8</b>
3.1 Vannkjemi	8
3.2 Aluminiumdosering	12
3.3 Fisk og <i>Gyrodactylus salaris</i>	13
<b>4. Diskusjon</b>	<b>15</b>
<b>5. Referanser</b>	<b>16</b>
<b>6. Appendiks</b>	<b>17</b>

---

## Sammendrag

Vinteren 2001/2002 ble det dokumentert *Gyrodactylus salaris* på Atlantisk laks i Statkraft SF, Korgen sin Genbank i Bjerka, Nordland fylke. GYROMET-gruppen under ledelse av Espen Lydersen, NIVA, fikk oppdraget med å forsøke å behandle anlegget med aluminiumsalt, noe GYROMET-gruppen hadde hatt stor suksess med i laboratorieforsøk tidligere. Dette var derfor første gang Al-dosering skulle forsøkes ut i stor skala. Hovedproblemet for dette oppdraget var at råvannet i anlegget hadde svært god vannkvalitet (høy pH og ionstyrke), sett i norsk sammenheng. Dette var også hovedårsaken til at vi ikke lyktes med å fjerne parasitten i anlegget innenfor den tidsrammen som var satt. Etter lang tids eksponering til en for lav Al-dose, bestemte vi oss for å øke Al-dosene suksessivt til vi oppnådde effekt. Doseringer på 1200-1500 µg Al L<sup>-1</sup> viste seg å ha god effekt på parasitten, og etter 10 dager med denne doseringen, var alle de undersøkte fiskene *Gyrodactylus salaris* frie. På grunn av fiskenes størrelse ble kun venstre brystfinne undersøkt. Problemet med å applisere disse dosene på hele anlegget (fullskalabehandling) var at på dette tidspunktet startet snøsmeltingen for alvor i nedbørfeltet, noe som resulterte i store vannkjemiske svingninger i råvannet gjennom døgnet. Dette medførte at vi måtte variere Al-doseringen etter de vannkjemiske variasjonene i råvannet, noe vi ikke fant forsvarlig fordi vi ikke hadde god nok kunnskap om riktige Al-doser til de ulike vannkjemiske døgnvariasjonene som forekom. Vi valgte derfor å avslutte våre forsøk, og støttet Statkraft SF sin videre plan om saltbehandling av anlegget. Resultatene fra Bjerka har imidlertid vært meget verdifulle for GYROMET-gruppens videre arbeid med å bygge opp et datagrunnlag for vannkemi og letal dose av aluminium på *Gyrodactylus salaris*. Vi vet i dag mye mer om hvilke pH-verdier som nå være tilstede for at Al-dosene kan holdes på et så lavt nivå som mulig og likevel ha god effekt på parasitten. Kunnskapene om kombinasjonen av riktig behandlings pH, vannets ionstyrke og Al-dose har økt betraktelig gjennom forsøkene det siste året. Her har forsøkene ved Genbanken i Bjerka vært sentrale. Forsøkene har dokumentert at Al-tilsetning også virker meget godt i vann med svært god vannkemi (som i Bjerka), men vi mangler fortsatt mer kunnskap om hva som er riktige doser i slike vanntyper. Vi håper derfor at GYROMET-gruppa vil få muligheter til å gjennomføre slike studier i nær framtid. Mange av de *Gyrodactylus salaris* infiserte vassdragene i Nordland har svært god vannkvalitet (høy pH og ionstyrke) og et stort biologisk mangfold. Økt kunnskap om Al-behandling av slike vassdrag vil derfor kunne gi et etterlengtet alternativ til rotenon.

## Summary

Title: Al-treatment of *Gyrodactylus salaris* infected Atlantic salmon in the hatchery of Statkraft SF, Bjerka, Nordland

Year: 2002

Author: Espen Lydersen, NIVA, Siggurd Hytterød, NIVA, Torstein Kristensen, NIVA, Jarle Håvardstun, NIVA, Bjørn Olav Rosseland, NIVA, Antonio B.S. Poléo, UiO, Tor Atle Mo, VI Tor A. Bakke, UiO

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-xxxx-x

During the winter 2001/2002, the parasite *Gyrodactylus salaris* was found on Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the hatchery of Statkraft SF in Bjerka, Nordland. The GYROMET-group with the leader Espen Lydersen, NIVA was asked to try and treat the water with aluminium in order to eliminate the parasite. The GYROMET group has had success with this treatment at the laboratory scale. This was the first large-scale treatment. The main challenge with the hatchery water at Bjerka was the high pH and ionic strength compared with most other Norwegian waters. This water quality was the main reason for failure to eliminate the parasite at first. After a long exposure of fish at low Al-concentrations, we decided to increase the Al-dose successively until significant effects were observed on the parasite. Concentrations up to about 1200-1500  $\mu\text{g Al L}^{-1}$  showed significant effects on the parasite, and after 10 days exposure to this Al-dose all *Gyrodactylus salaris* parasites were eliminated on the fish investigated. Due to the large fish, only parasites were counted on the left breast fin. The optimal Al-dose thus appears dependent on the chemical regime of the water. During periods of rapidly varying water chemistry, such as spring snowmelt, the Al-dose should also vary. We found this very difficult, because we at that time had minor information about Al-doses at different water chemical regimes. Thus we decided to end the Al-treatment, and agreed with the owner of the hatchery to instead try a salt treatment. However the results from the Al-experiments in the hatchery at Bjerka have been very valuable for the GYROMET-group in order to establish a better database about water chemistry and optimal Al-dose for eliminating *Gyrodactylus salaris* on Atlantic salmon. Today we know a lot more about optimal pH and optimal Al-treatment of *Gyrodactylus salaris* infected Atlantic salmon, such that the Al-dose can be held as low as possible, and the information from the hatchery at Bjerka has been very important. We have good knowledge about Al-treatment in *Gyrodactylus salaris* infected rivers with low ionic strength, but still some more information is needed about Al-dose in rivers with higher ionic strength and pH. Such investigations are clearly needed, since several of the *Gyrodactylus salaris* infected rivers in the Nordland County have high pH and ionic strength and high biodiversity. Al-treatment appears to offer a very good alternative to rotenone.

## 1. Innledning

Vinteren 2001/2002 ble det dokumentert *Gyrodactylus salaris* på Atlantisk laks i Statkraft SF, Korgen sin Genbank i Bjerka, Nordland fylke. GYROMET-gruppen under ledelse av Espen Lydersen, NIVA, fikk i oppdrag å forsøke å eliminere parasitten ved bruk av sur aluminiumsløsning. Forsøkene startet opp i begynnelsen av mars 2002 og varte fram til midten av april. Denne rapporten omhandler resultatene fra disse forsøkene, hvor vannkjemiske relasjoner er vurdert opp mot responser på *Gyrodactylus salaris* parasitten og Atlantisk laks i anlegget.

## 2. Prøvetaking og analyser

Alle vannkjemiske parametere er analysert i henhold til akkrediterte metoder (se Tabell 1) ved Norsk institutt for vannforskning. Eneste unntak er prøver analysert for aluminium, som ble analysert i felt etter metode beskrevet av Barnes (1975) og Driscoll (1984). Følgende vannkjemiske parametre er analysert:

pH, elektrolytisk ledningsevne ( $H_{25}$ ),  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ , total-aluminium, reaktivt aluminium, ikke labilt aluminium, labil aluminium,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ , alkalinitet, totalt organisk karbon (TOC), totalt nitrogen. I tillegg er noen prøver også analysert mhp turbiditet og jerninnhold.

Med bakgrunnsprøvene som ble tatt i februar 2000 og under behandlingen i mars/april 2002 er det tatt 25 vannprøver hvor full kjemisk sammensetning er analysert. I tillegg er det tatt mange vannprøver av vannet i anlegget som ble analysert for aluminium på stedet.

Analyser av blodplasma er utført i felt med et I-STAT instrument. Følgende blodparametre er analysert:

$Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ , pH, glukose, hematokrit (Hcr), hemoglobin (Hb),  $pCO_2$ . Vi hadde noe problemer med I-STAT instrumentet underveis slik at en del fisk mangler fullstendig blodanalyse på de ovenfor nevnte parameterene.

All fisk som ble prøvetatt ble veiet, og på venstre brystfinne ble antall *Gyrodactylus salaris* registrert. Totalt inngikk 72 fisk i forsøkene.

På det hyppigste ble det tatt ut fisk for analyser hver 2. dag, men intervallene mellom hvert uttak måtte begrenses etter hvert på grunn av lite fisk. Det svært begrensede fiskematerialet som var tilgjengelig i forsøket før storskalabehandlingen av genbanken, begrenset handlingsfriheten vesentlig når det gjaldt framdriften under innkjøringen/dose-tilpasningen (denne setningen er ganske uklar og tung).

Data fra analysene med noen enkle statistiske beregninger finnes i Appendiks.



**Tabell 1** Kort beskrivelse av fysisk/kjemisk parametre som er analysert.

Variabel	Kortnavn	Met. nr.	Enhet	Referanse
pH	PH	A 1	$-\log[H^+]$	NS 4720, 1979, 2. utg.
Elektrol. ledningsevne	KOND	A 2	$mS M^{-1}$	NS-ISO 7888, 1993, 1. utg.
Turbiditet	TURB	A 4	FTU	Stand. Met. Examin. Water Waste Water, 18. utg., 1992, Metode 2130 B
Alkalinitet	ALK	C 1	$mmol L^{-1}$	NS EN-ISO 9963-1, Del 1., 1. Utgave 1996
Klorid	Cl	C 4-2	$mg L^{-1}$	EN-ISO 10304-1. Part 1. Method for water with low contamination. 1995-05
Sulfat	SO4	C 4-2	$mg SO_4 L^{-1}$	EN-ISO 10304-1. Part 1. Method for water with low contamination. 1995-05
Nitrat	NO3-N	D 3	$\mu g N L^{-1}$	NS 4745, 2. utg, 1991
Total nitrogen	Tot-N/L	D 6-1	$\mu g N L^{-1}$	NS 4743
Total organisk karbon	TOC	G 4-2	$mg C L^{-1}$	EPA, 415.1, Stand Met. 5310C, ASTM D 4779 og D 4839
Kalsium	Ca	E 9-1	$mg L^{-1}$	ISO/DIS 11885. Water qual. – The determ. 33 elements by ICP-AES
Magnesium	Mg	E 9-1	$mg L^{-1}$	ISO/DIS 11885. Water qual. – The determ. 33 elements by ICP-AES
Natrium	Na	E 9-1	$mg L^{-1}$	ISO/DIS 11885. Water qual. – The determ. 33 elements by ICP-AES
Kalium	K	E 1	$mg L^{-1}$	NS 4770, 2. utg., 1994
Total Al	ALA	E 3-1	$\mu g Al L^{-1}$	NS 4780/81
RAL	RAL	E 3-2	$\mu g Al L^{-1}$	Røgeberg og Henriksen, 1985
ILAL	ILAL	E 3-2	$\mu g Al L^{-1}$	Røgeberg og Henriksen, 1985

## 3. Resultater

### 3.1 Vannkjemi

De vannkjemiske forholdene var svært stabile under de første 10 dagene av forsøket/behandlingen, fra 5.mars til 15.mars (Figur 1). Det ble ikke tatt vannprøver i siste halvdel av mars, men med de relativt stabile vinterforholdene som det var på den tiden, antar vi at vannkjemien i hele mars var svært lik den som ble registrert i første halvdel av måneden. I denne perioden lå pH i råvannet, samt i Hall 4 og 6, på ca pH 7.3 -7.5, elektrolytisk ledningsevne på ca 7.0-7.5  $mS m^{-1}$ , Ca-konsentrasjonen på 8-9  $mg L^{-1}$ , samt alkalinitet (vannets pH bufferevne) på ca 400  $\mu ekv L^{-1}$ . Dette betyr at vannet i Bjerka ligger svært nær 95% prosentilen for norske vann (Tabell 2), noe som betyr at kun 5% av norske lokaliteter som er undersøkt har tilsvarende vannkjemi eller bedre. Konsentrasjonen av totalt organisk karbon (TOC) som måler konsentrasjonen av humus i vann, var også svært stabil i denne perioden ( $\approx 1 mg C L^{-1}$ ). Dette er TOC-verdier under gjennomsnittet for norske vann. I norsk sammenheng må vannkvaliteten ved anlegget karakteriseres som svært god.

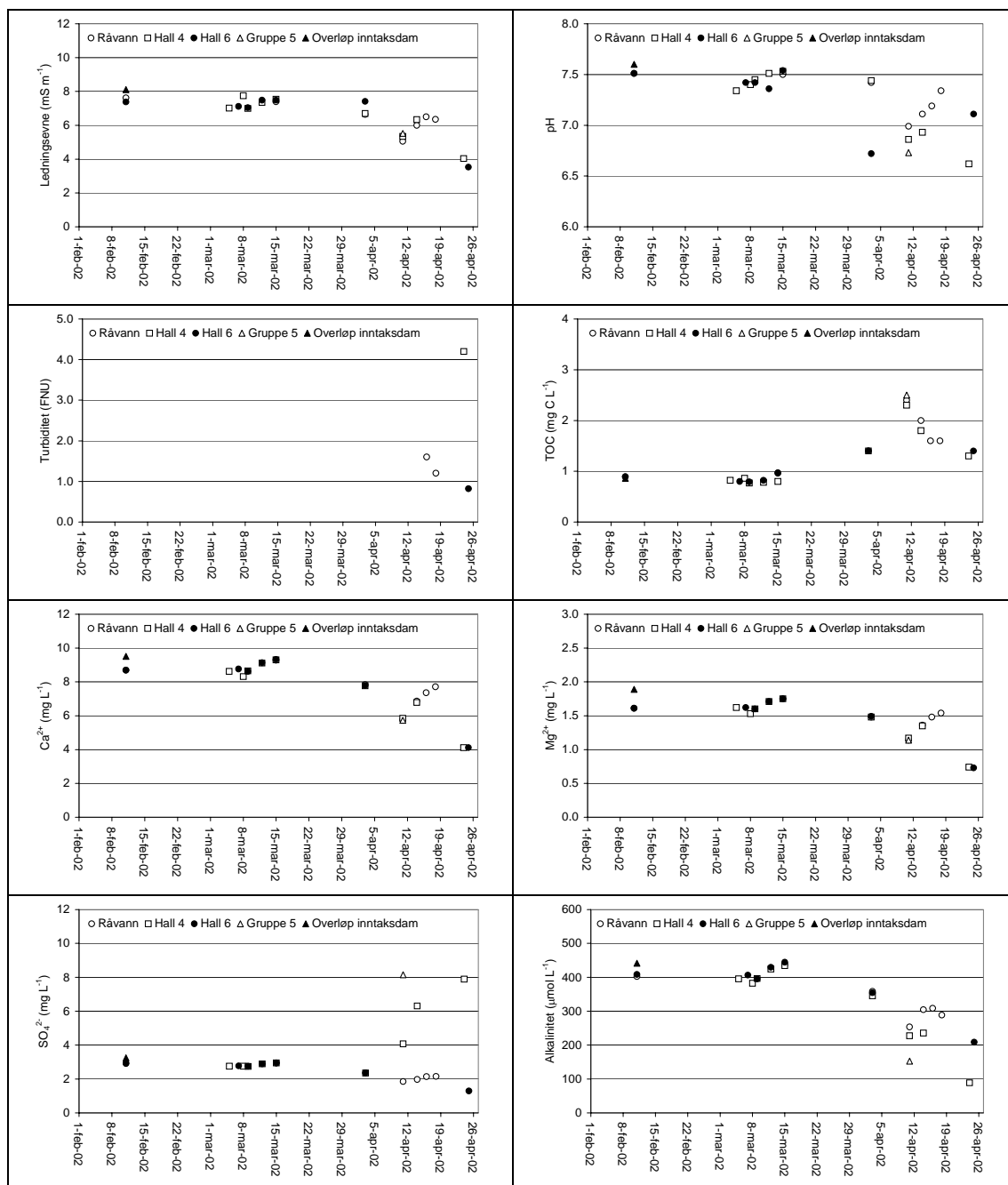
I månedsskiftet mars/april begynte vannkjemien å variere gjennom døgnet, direkte relatert til snøsmelting. Vi hadde ikke folk på stedet i påskeuka, men første dokumentasjon på vannkjemiske variasjoner ble gjort 3. April. Da ble det observert brunt partikkelrikt vann i anlegget. Fargen i vannet varierte gjennom døgnet, med brunest vann på ettermiddagen/kvelden. Dette er et klassisk forløp under snøsmelting fordi den hydrologiske effekten av solinnstrålingen er størst om dagen. Svingningene i vannkjemien ble sannsynligvis også forsterket av at det nylig har vært en relativt stor skogavvirkning i nedbørfeltet. Dagens maskinelle skogavvirkning forsterker normalt slike vannkjemiske effekter som økt farge og partikkelinnhold pga. maskinenes store overflatepåvirkninger i terrenget. Under bl.a snøsmelting vil dette manifistere seg i høyere avrenning av farge og partikler fra nedbørfeltet.

Snøsmeltingen medførte store endringer i råvannets vannkjemi. Målinger dokumenterer en reduksjon i alkalinitet opp mot 75%, samtidig med at sulfatkonsentrasjonen økte med en faktor på 2-3 (Se Figur 1). Dette indikerer at svovelsyre ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) fra nedbør og myrområder ( $\text{H}_2\text{S}$  oksidert til  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) har "tæret" betydelig på vannets alkalinitet. Dette kommer også fram som en relativt stor nedgang i vannets pH, hvor pH-fall opp mot en enhet (fra 7.5 til 6.5) ble registrert. Dette er en økning i  $\text{H}^+$ -konsentrasjonen med en faktor på 10. Noe av nedgangen i vannets pH skyldes også tilsetningen av surt aluminium, som spesielt ved de høyeste dosene vil bidra til redusert pH.

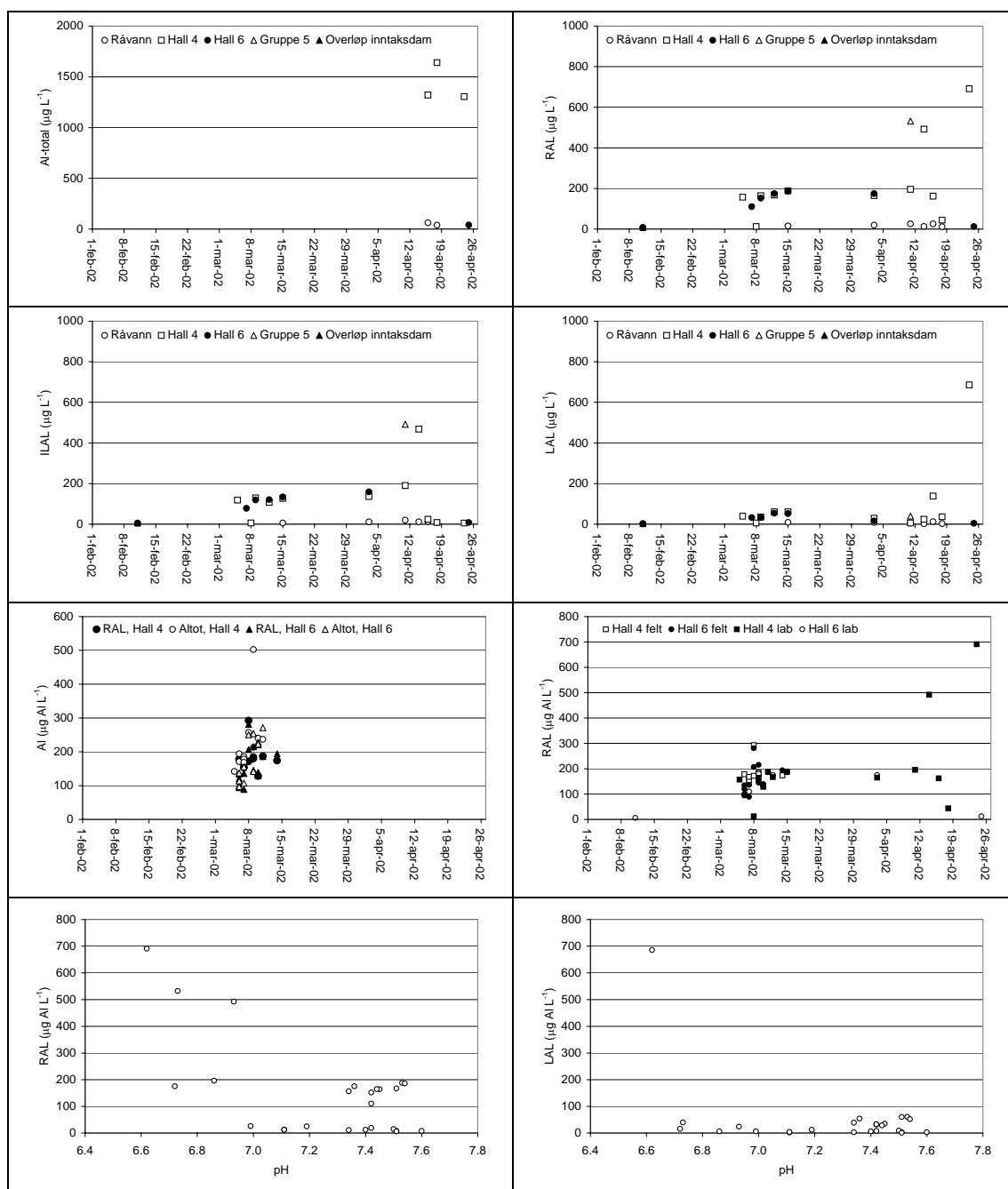
Den økte vannføringen under snøsmeltinga har bidratt til å fortynne konsentrasjonene av basekationer, hvor kalsium er den dominerende komponenten i råvannet. Kalsiumkonsentrasjonen ble tilnærmet halvert i forhold til før snøsmeltingen. Konsentrasjonen av total organisk karbon økte med en faktor på 2. Vi har få data om konsentrasjoner av partikler i vann (turbiditet), men dataene som foreligger dokumenterer en turbiditetsøkning med en faktor på mer enn 4. Det at det ble påvist svært brunt og grumset vann i fiskekarene, som tyder på at TOC og turbiditetsverdiene har vært høyere enn det som analyserte prøver viser.

**Tabell 2** Prosentil-fordeling av vannparametre i norske ferskvannsförekomster, basert på 993 norske innsjøer prøvetatt høsten 1995 (Skjelkvåle m fl. 1996).

	pH	Ledn.evne $\text{mS m}^{-1}$	$\text{SO}_4^{2-}$ $\text{mg L}^{-1}$	$\text{Cl}^-$ $\text{mg L}^{-1}$	$\text{Ca}^{2+}$ $\text{mg L}^{-1}$	$\text{Mg}^{2+}$ $\text{mg L}^{-1}$	Alkalinitet $\mu\text{ekv L}^{-1}$	TOC $\text{mg C L}^{-1}$
Minimum	4.44	0.27	0.15	0.02	0.04	0.01	-4.08	0.10
1 %	4.58	0.40	0.40	0.02	0.09	0.03	1.14	0.10
10 %	4.98	0.66	0.70	0.40	0.21	0.08	3.85	0.22
25 %	5.51	1.07	1.10	0.60	0.40	0.13	7.50	0.61
50 %	6.26	1.91	1.70	1.50	0.96	0.28	25.8	2.00
75 %	6.78	3.33	2.80	3.90	2.30	0.58	86.5	4.30
90 %	7.20	5.64	4.60	7.78	4.76	1.12	229	7.10
95%	7.39	7.76	6.04	11.75	7.73	1.46	404	9.14
99 %	7.79	17.5	11.9	19.1	19.3	3.38	795	11.7
Maksimum	8.16	163	59	450	68	29	3183	15.4



**Figur 1** Variasjoner i elektrolytisk ledningsevne, pH, turbiditet, total organisk karbon (TOC), kalsium, magnesium, sulfat og alkalinitet i råvann og i ulike haller ved Stamfiskanlegget i Bjerka i perioden 11. februar 2002 til 25. april 2002. Al dosering startet i Hall 4 og Hall 5, hhv. 5. og 6. mars.



**Figur 2** Variasjoner i ulike aluminiumfraksjoner i ulike haller ved Stamfiskanlegget i Bjerka i perioden 11. februar 2002 til 25. april 2002, samt sammenheng mellom pH og RAL og pH og LAL. LAL inneholder primært de akutt giftige Al-formene. Dosering startet i Hall 4 og Hall 5, hhv. 5. og 6. mars.

## 3.2 Aluminiumdosering

På grunn av høy pH og lave TOC-verdier er bakgrunnskonsentrasjonen av aluminium i råvannet så lav at den er helt ubetydelig ( $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ ). I perioden 5. mars til 4. april ble det tilsatt aluminium som HYPAX-18 til Hall 4, og fra 7. mars til 4. April også i Hall 6. HYPAX-18 er et aluminiumhydroksidklorid i sur løsning. I denne perioden ble det dosert inn av dette stoffet en mengde som ga ca  $200 \mu\text{g Al L}^{-1}$ . Den 4. April ble det bestemt å stoppe forsøket og bytte ut HYPAX-18 med et aluminiumsulfat i sur løsning (ALS). Doseringen med dette stoffet startet den 10. april, og vi startet da med en konsentrasjon på  $400 \mu\text{g Al L}^{-1}$ . Avhengig av fiskens respons økte vi suksessivt dosene ca annen hver dag så lenge vi ikke observerte tydelige negative effekter på fisken. Høyeste dose vi endte opp med var  $1500 \mu\text{g Al L}^{-1}$  (Figur 2). Fordi vi hadde problemer med pumpa ble det i en periode på 5 timer, den 11. april, dosert helt opp til  $2400 \mu\text{g Al L}^{-1}$ . Når dette "uhellet" ble oppdaget, ble doseringen stoppet i ca 18 timer, fra 11. april kl 14<sup>00</sup> til 12. april kl. 08<sup>00</sup>, for å ikke risikere at all fisk skulle dø.

På grunn av svært høy pH (middel på 7.1-7.2) var konsentrasjonene av giftige komponenter av aluminium, labilt aluminium (LAL), gjennomgående lave (maksimalt  $60 \mu\text{g Al L}^{-1}$ ) under store deler av behandlingstiden (Figur 2). Ved ett tilfellet (prøve tatt 24. April) ble det målt en betydelig LAL-konsentrasjon ( $686 \mu\text{g Al L}^{-1}$ ). Da ble det samtidig målt en total aluminiumkonsentrasjon på ca  $1300 \mu\text{g Al L}^{-1}$ , og relativt lav pH (6.62) og kalsiumkonsentrasjon ( $4.11 \text{mg L}^{-1}$ ). Denne prøven er analysert på NIVA (altså ikke i felt), slik at feltverdiene for LAL sannsynligvis har vært enda høyere. Den svært varierende vannkjemien i råvannet på denne tiden er hovedårsaken til disse ekstremverdiene.

Vellykkede Al-doseringsforsøk som er utført tidligere og i etterkant av forsøkene i Bjerka, viser at LAL-konsentrasjoner på  $50\text{-}100 \mu\text{g Al L}^{-1}$  ved pH 6.0-6.2 har god effekt på *Gyrodactylus salaris*. Når forsøkene i Bjerka pågikk var vi ikke klar over viktigheten av å holde pH i dette området. Dersom vi hadde justert pH i råvannet i Bjerka ned til dette nivået, antar vi likevel at LAL-konsentrasjonene i råvannet måtte ha ligget enda høyere, kanskje på  $200 \mu\text{g L}^{-1}$ , for å gi ønsket effekt på *Gyrodactylus salaris*. Grunnen til dette er råvannets høye konsentrasjoner av basekationer (ionestyrke). Dette ble det ikke muligheter til å teste ut. Et slikt forsøk er svært ønskelig å få utført senere med tanke på behandling med aluminium i *Gyrodactylus salaris* infiserte elver med tilsvarende god vannkvalitet som i Bjerka. Infiserte vassdrag i Nordland fylke som Røssåga, Rana og Vefsna har alle svært god vannkvalitet, dvs svært rikt på basekationer.

### 3.3 Fisk og *Gyrodactylus salaris*

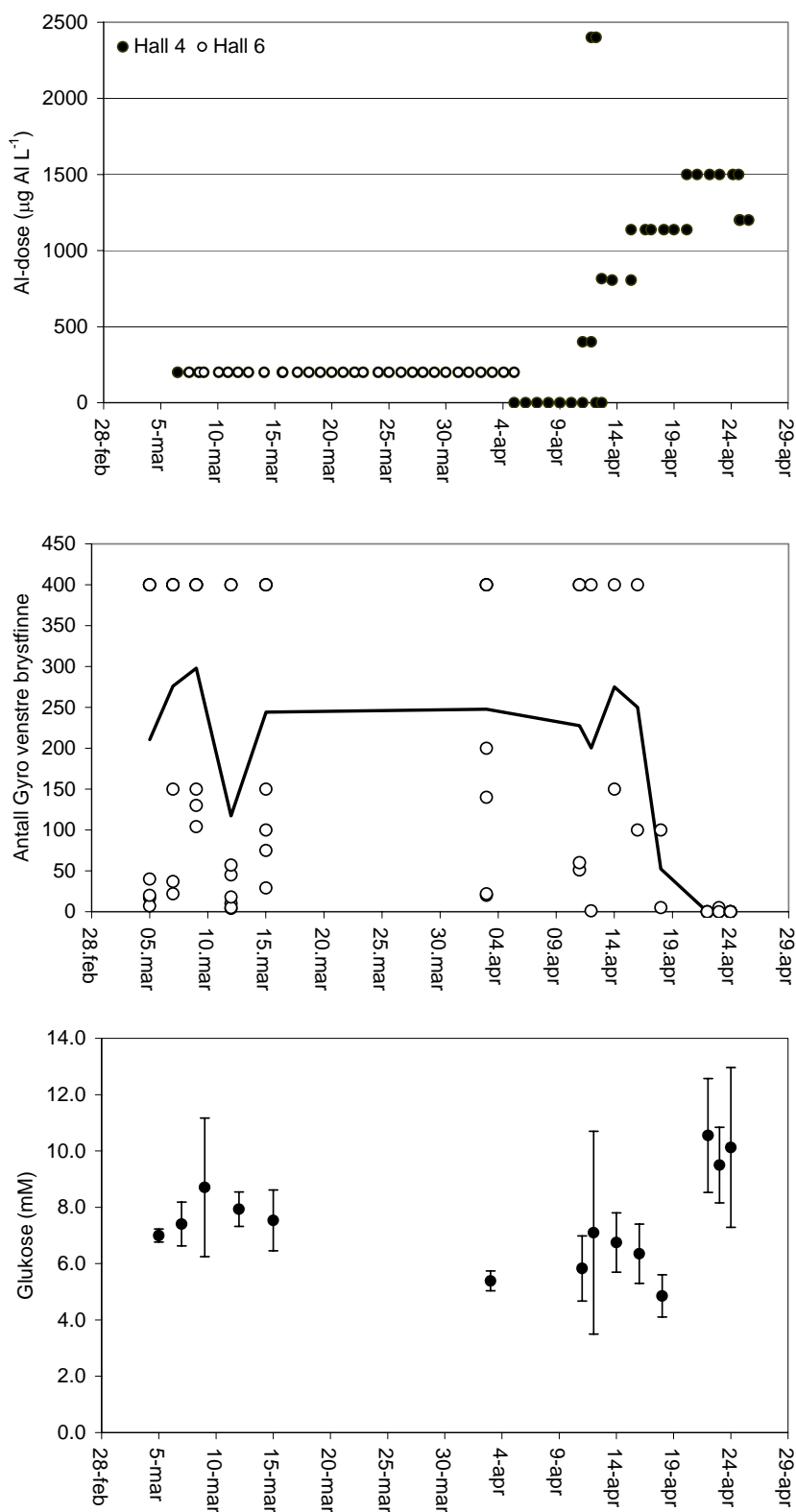
Ved hvert prøveuttak ble vannstanden i fiskekaret redusert for å gjøre det mulig å fange fisken. Denne nedtappingen kan være en stor påkjenning for fisken. Ved hver nedtapping dannet det seg en kraftig strømvirvel i sentrum av karet som de svakeste individene ble sugd inn i. Det svært kalde vannet (ca 0-1°C) kan dessuten ha forsterket denne påkjenningen.

Under tellingen av parasitter på venstre brystfinne fant vi at antallet parasitter ofte så høyt (sannsynligvis flere tusen) at det var umulig å finne det riktige antallet. I disse tilfellene er antallet satt til > 400 parasitter. Den heltrukne linjen i Figur 3 angir gjennomsnittlig antall parasitter per finne. Selvsagt vil gjennomsnittsverdier kunne bli svært misvisende så lenge flere av disse finnene hadde betydelig høyere antall parasitter enn 400. Her har vi en betydelig feilkilde. Ved hvert uttak varierte antall fisk fra 2 til 8. Det lave antall fisk i hvert uttak skyldes det begrensede fiskematerialet som var til rådighet. Her har vi også en feilkilde. Fisken som var i Hall 4, hvor prøveuttakene fant sted, var laks fra Vefsna stammen, årgang 1999. Gjennomsnittsvekta på disse var 889 g, med variasjoner fra 130 g til 1849 g.

Den første måneden ble det kun dosert in ca 200 µg Al L<sup>-1</sup> (HYPAX-18). Det var visse antydninger til nedgang i antall parasitter etter ca en ukes behandling, men dette viste seg i ettertid kun å være en tilfeldighet. Der og da vurderte vi den observerte nedgangen som interessant, og bestemte oss derfor for å fortsette behandlingen med samme dose. Dette viste seg i ettertid å ikke være en riktig vurdering. Dette var hovedårsaken til at forsøket også ble mer langvarig enn det som var planlagt. Etter ca en måned bestemte vi oss for å bytte Al-type fra HYPAX-18 til ALS, samtidig som vi suksessivt økte Al-dosene til vi observerte klare effekter. Med denne strategien observerte vi god effekt på parasittene ved doseringer på ca 1200-1500 µg Al L<sup>-1</sup>. (Figur 3). Etter ca 8-10 dager med disse Al-dosene var fiskene etter all sannsynlighet *Gyrodactylus salaris* frie. Alle 7 fiskene som ble prøvetatt etter 10 dager med denne eksponeringen hadde ingen parasitter på venstre brystfinne. Vi så også klare tegn til nedgang i antall parasitter i forbindelse med overdoseringen som fant sted i 5 timer den 12. april, hvor dosene var oppe i 2400 µg Al L<sup>-1</sup>.

Vi hadde nå funnet fram til et Al-doseringsnivå som hadde ønsket effekt. Problemet med å overføre denne kunnskapen til fullskalabehandling av anlegget var imidlertid at vårsmeltinga nå stadig medførte store vannkjemiske variasjoner gjennom døgnet. Dette gjorde det svært vanskelig å finne riktig Al-dose til en hver tid, uten at også fisken ble sterk påvirket. Statkraft ønsket derfor å avslutte forsøkene og i stedet gjennomføre en saltbehandling av anlegget. Dette støttet vi fordi de svært varierende vannkjemiske forholdene gjorde vår behandling vanskelig å gjennomføre. Fisken var i tillegg nå ytterligere infisert og en rask handling var påkrevet.

Gjennomsnittsverdiene for blodglukose varierte fra 5.5 til 11 mM (Figur 3), hvor de høyeste verdiene ble målt under de høyeste Al-doseringen. En økning i blodglukose som følge av høye Al-konsentrasjoner er registrert tidligere. Det er imidlertid også vist at fisken restituerer seg raskt etter at den overføres tilbake til god vannkvalitet. Dette er viktig kunnskap med henblikk på fremtidige behandlinger med aluminium. Ved å overvåke en Al-dosering nøye vil en kunne stoppe doseringen ved overdosering, og fisken vil raskt restitueres.



**Figur 3** Al-dosering, antall *Gyrodactylus salaris* på venstre brystfinne, samt glukosenivåer (med std.avvik) i fiskeblod under forsøkene i Bjerka fra 5. mars 2002 til 24. april 2002. Heltrukket kurve viser gjennomsnittlig antall parasitter på venstre brystfinne (se ytterligere kommentarer i teksten).

## 4. Diskusjon

Den svært høye ionstyrken i råvannet til Genbanken i Bjerka betyr at effektkonsentrasjonen av aluminium på *Gyrodactylus salaris* må være høyere for å få samme effekt i dette vannet sammenliknet med vanttper med betydelig lavere ionstyrke. De fleste vann i Norge har langt lavere ionstyrke enn det en finner i Bjerka. Betydningen av ionstyrke for effektkonsentrasjoner av aluminium på ulike organismer er svært lite undersøkt, både i Norge og ellers i verden. For mange andre metaller har man mye dose/effekt data i en ionstyrkegradient, men ikke for aluminium. Mangelen på denne kunnskapen, samt svært begrenset fiskemateriale under forsøkene i Bjerka, var bakgrunnen for at vi startet behandlingen i Bjerka med relativt lave Al-doser. Det var like fullt svært overraskende at effektdosene viste seg å være 6-8 ganger høyere (Total aluminium 1200 - 1500  $\mu\text{g Al L}^{-1}$ ) enn den dosen vi opprinnelig startet med (200  $\mu\text{g Al L}^{-1}$ ). Årsakene til dette ligger ikke bare i vannets høye ionstyrke, men også i det faktum at aluminiumskjemien er svært pH-avhengig. For vann med høy pH finnes det også svært begrenset kunnskap om aluminiumskjemien, fordi aluminium i vann primært har vært studert i pH intervallet 4-6. I etterkant av forsøkene i Bjerka, har vi utført flere tilsvarende forsøk i Lærdal. Erfaringen fra Lærdal tilsier at optimal behandlings pH synes å ligge mellom 6.0-6.3. Ved en slik pH ser det ut til at aluminiumsdosene kan reduseres vesentlig og likevel ha god effekt på parasitten. Også det faktum at vantttemperaturen i anlegget i Bjerka var svært lav (ca 0-1°C) gjorde at effekten av Al-doseringene sannsynligvis ble redusert i forhold til hva som er observert i tidligere forsøk som er utført ved temperaturer fra 6-8°C og høyere.

Som det framgår av Tabell 3 (hvor alle behandlinger har vært vellykket med unntak ev Bjerka) må pH-verdiene ned, helst ned til pH 6.0-6.2, for å få optimal behandlingseffekt med lave Al-doser. Ved disse pH-verdiene får en også fram en renere ionstyrke-effekt (her uttrykt med Ca-konsentrasjonen), som viser at effektdosene av tilsatt Al øker med økende Ca-konsentrasjon. I alle forsøk som har vært vellykket har laksen vært *Gyrodactylus salaris* fri etter 2-14 dager. Dette viser relativt klart hvorfor vi ikke oppnådde ønsket effekt i Bjerka. Vannets pH var for høy og Al-dosene for lave i forhold til de vannkjemiske forholdene. Dosen på 1200-1500  $\mu\text{g Al L}^{-1}$  som gav god effekt i Bjerka medførte et pH-fall ned til 6.62. Sannsynligvis kunne effektdosene av Al vært lavere om vi i tillegg hadde justert pH nærmere pH 6.0. Dette er kunnskap som er kommet fram i etterkant av Bjerka-behandlingen, men hvor forsøkene i Bjerka helt klart har vært avgjørende for disse forsøkene..

**Tabell 3** En oversikt over viktige vannkjemiske parametre fra ulike forsøk, med hvilken effektdose av aluminium (angitt som Al-dose i tabellen) som kreves for å fjerne *Gyrodactylus salaris*, samt pH før og etter behandling. pH<sub>før</sub> og pH<sub>etter</sub> er før og etter Al-dosering

Parameter	Enhet	Maridals	Lærdals	Lærdals	Nivla	Nivla	Bjerka
		vatn	elva	elva	Juni 02	Aug. 02	Mars 02
Ledn.evne	mS m <sup>-1</sup>	2.67	0.90	1.28	1.66	3.65	6.51
Temp	°C	10-12	9.5	15.6	9.7	14.4	1-2
pH <sub>før</sub>		6.56	6.55	6.71	6.78	6.98	7.25
pH <sub>etter</sub>		6.35	6.02	5.99	6.08	6.18	6.62*
Ca <sup>2+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	2.42	1.13	1.76	2.20	4.85	7.64
Alkalinitet	$\mu\text{mol L}^{-1}$	53	35	50	61	132	336
ANC	$\mu\text{ekv L}^{-1}$	76	49	69	83	160	426
TOC	mg C L <sup>-1</sup>	3.8	0.74	0.59	0.75	0.62	1.55
Al-dose	$\mu\text{g Al L}^{-1}$	100-200	200	100	400	600	1200-1500

\* Dette er laveste målte pH-verdi med tilsetning på ca 1500  $\mu\text{g Al L}^{-1}$ , og Ca på 4.11 mg L<sup>-1</sup>, altså ikke middelværdier som for resten av datamaterialet i tabellen.



## 5. Referanser

Barnes, R.B. (1975) The determination of specific forms of aluminum in natural water. *Chem.Geol.*, **15**, 177- 191.

Driscoll, C.T. 1984. A procedure for the fractionation of aqueous aluminium in dilute acidic water. *Intern. J. Environ. Anal.Chem.*, **16**, 267-283.

Skjelkvaale, B.L., Henriksen, A., Faafeng, B., Fjeld, E., Traaen, T.S., Lien, L., Lydersen, E., and Buan, A.K. 1996. Regional lake survey 1995. A water chemical survey of 1500 Norwegian lakes. The national monitoring programme for long-range transported air pollutants. Norwegian State Pollution Control Authority, Report 677/96, 73 pp.

## 6. Appendiks

**Tabell A-1** Vannkjemiske forhold i Råvannet ved stamfisk anlegget i Bjerka i perioden 11. februar 2002 til 18. april 2002.

Parameter	Enhet	middel	std.avik	Median	maks	min	antall
Ledningsevne <sub>25°C</sub>	mS m <sup>-1</sup>	6.51	0.86	6.50	7.62	5.06	7
pH		7.25		7.34	7.51	6.99	7
Turbiditet	FNU	1.40	0.28	1.40	1.60	1.20	2
Ca <sup>2+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	7.64	1.16	7.71	9.28	5.76	7
Mg <sup>2+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	1.48	0.19	1.48	1.75	1.14	7
Na <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	2.94	0.18	2.89	3.25	2.68	7
K <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0.82	0.07	0.81	0.91	0.73	7
Al-total	µg L <sup>-1</sup>	51	16	51	62	39	2
RAL	µg L <sup>-1</sup>	17	7	15	26	8	7
ILAL	µg L <sup>-1</sup>	11	5	11	20	5	7
LAL	µg L <sup>-1</sup>	6	4	6	12	2	7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	2.33	0.44	2.15	2.94	1.85	7
Cl <sup>-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	6.07	0.56	6.01	6.81	5.02	7
Alkalinitet	µg L <sup>-1</sup>	336	66	308	436	253	7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	µmol L <sup>-1</sup>	85	36	72	135	43	7
Total-N	mg L <sup>-1</sup>	168	23	165	205	137	7
TOC	µg L <sup>-1</sup>	1.55	0.54	1.60	2.40	0.89	7
Organisk-N	µg L <sup>-1</sup>	83	17	85	108	55	7
Fe	µg L <sup>-1</sup>	78	16	78	89	67	2
Σkationer (SK)	µeq L <sup>-1</sup>	652	77	662	754	517	7
Σanioner (SA)	µeq L <sup>-1</sup>	562	87	531	677	438	7
Ladningsbalanse	%	7.6	3.0	7.9	13.3	4.2	7
ANC	µeq L <sup>-1</sup>	426	57	428	514	332	7

**Tabell A-2** Vannkjemiske forhold i Hall 4 ved stamfisk anlegget i Bjerka i perioden 5. mars til 24. april 2002. Under denne tidsperioden ble det tilsatt 200  $\mu\text{g Al L}^{-1}$  til råvannet, noe som framkommer i aluminiumdatene. Al-analyser i felt finnes i Tabell 5.

Parameter	Enhet	middel	std.avik	median	maks	Min	antall
Ledningsevne <sub>25C</sub>	$\text{mS m}^{-1}$	6.56	1.19	6.99	7.74	4.03	9
pH		7.10		7.40	7.53	6.62	9
Turbiditet	FNU	4.20					1
Ca <sup>2+</sup>	$\text{mg L}^{-1}$	7.61	1.72	8.31	9.30	4.11	9
Mg <sup>2+</sup>	$\text{mg L}^{-1}$	1.44	0.32	1.53	1.75	0.74	9
Na <sup>+</sup>	$\text{mg L}^{-1}$	2.82	0.29	2.84	3.26	2.17	9
K <sup>+</sup>	$\text{mg L}^{-1}$	0.82	0.14	0.86	0.91	0.46	9
Al-total	$\mu\text{g L}^{-1}$	1421	189	1320	1639	1305	3
RAL	$\mu\text{g L}^{-1}$	222	197	165	691	12	11
ILAL	$\mu\text{g L}^{-1}$	120	132	118	468	5	11
LAL	$\mu\text{g L}^{-1}$	102	197	36	686	6	11
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$\text{mg L}^{-1}$	3.86	1.94	2.89	7.89	2.35	9
Cl <sup>-</sup>	$\text{mg L}^{-1}$	6.04	0.90	6.36	7.31	4.30	9
Alkalinitet	$\mu\text{g L}^{-1}$	326	117	382	434	89	9
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	$\mu\text{mol L}^{-1}$	95	31	100	135	38	9
Total-N	$\text{mg L}^{-1}$	178	38	180	215	96	9
TOC	$\mu\text{g L}^{-1}$	1.20	0.55	0.86	2.30	0.77	9
Organisk-N	$\mu\text{g L}^{-1}$	82	23	79	137	58	9
Fe	$\mu\text{g L}^{-1}$	74		74	74	74	1
Σkationer (SK)	$\mu\text{eq L}^{-1}$	642	123	688	756	372	9
Σanioner (SA)	$\mu\text{eq L}^{-1}$	583	105	618	689	377	9
Ladningsbalanse	%	5.3	0.9	5.0	7.2	4.6	7
ANC	$\mu\text{eq L}^{-1}$	384	136	452	501	84	9

**Tabell A-3** Vannkjemiske forhold i Hall 6 ved stamfisk anlegget i Bjerka i perioden 5. mars til 25. april 2002. Under denne tidsperioden ble det tilsatt 200  $\mu\text{g Al L}^{-1}$  til råvannet, noe som framkommer i aluminiumdatene. Al-analyser i felt finnes i Tabell 5.

Parameter	Enhet	middel	std.avik	Median	maks	min	antall
Ledningsevne <sub>25C</sub>	$\text{mS m}^{-1}$	6.43	1.65	7.25	7.48	3.53	7
pH		7.18		7.39	7.54	6.72	7
Turbiditet	FNU	0.82					1
Ca <sup>2+</sup>	$\text{mg L}^{-1}$	7.57	2.18	8.66	9.33	4.12	7
Mg <sup>2+</sup>	$\text{mg L}^{-1}$	1.41	0.42	1.61	1.75	0.73	7
Na <sup>+</sup>	$\text{mg L}^{-1}$	2.72	0.39	2.83	3.26	2.08	7
K <sup>+</sup>	$\text{mg L}^{-1}$	0.78	0.20	0.88	0.92	0.46	7
Al-total	$\mu\text{g L}^{-1}$	673	894	673	40	40	1
RAL	$\mu\text{g L}^{-1}$	188	215	164	186	6	7
ILAL	$\mu\text{g L}^{-1}$	79	64	99	159	5	7
LAL	$\mu\text{g L}^{-1}$	110	234	33	54	1	7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$\text{mg L}^{-1}$	3.23	1.96	2.83	2.95	1.29	7
Cl <sup>-</sup>	$\text{mg L}^{-1}$	6.00	1.16	6.43	7.34	4.11	7
Alkalinitet	$\mu\text{g L}^{-1}$	342	126	401	444	208	7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	$\mu\text{mol L}^{-1}$	98	40	113	135	36	7
Total-N	$\text{mg L}^{-1}$	188	43	195	240	160	7
TOC	$\mu\text{g L}^{-1}$	1.05	0.27	0.93	1.40	0.79	7
Organisk-N	$\mu\text{g L}^{-1}$	90	20	88	124	75	7
Fe	$\mu\text{g L}^{-1}$	66	11	66	58	58	1
Σkationer (SK)	$\mu\text{eq L}^{-1}$	631	163	710	758	368	7
Σanioner (SA)	$\mu\text{eq L}^{-1}$	586	138	645	700	354	7
Ladningsbalanse	%	3.2	2.6	4.2	4.9	-0.6	4
ANC	$\mu\text{eq L}^{-1}$	388	152	459	502	223	7

**Tabell A-4** Vannkjemiske forhold i Hall 1 (Forsøk med plommeseekkyngel) og overløp fra inntaksmagasin i Bjerka.

Parameter	Enhet	Dato: 11.04 02	Dato: 11.02.02
		Hall 1 (Gr.5)	Inntaksmagasin
Ledningsevne <sub>25C</sub>	mS m <sup>-1</sup>	5.52	8.11
PH		6.73	7.60
Turbiditet	FNU		
Ca <sup>2+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	5.73	9.51
Mg <sup>2+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	1.14	1.89
Na <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	2.69	2.95
K <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0.74	1.01
Al-total	µg L <sup>-1</sup>		
RAL	µg L <sup>-1</sup>	532	8
ILAL	µg L <sup>-1</sup>	492	5
LAL	µg L <sup>-1</sup>	40	3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	8.15	3.25
Cl <sup>-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	5.02	6.70
Alkalinitet	µg L <sup>-1</sup>	184	473
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	µmol L <sup>-1</sup>	62	455
Total-N	mg L <sup>-1</sup>	165	525
TOC	µg L <sup>-1</sup>	2.500	0.86
Organisk-N	µg L <sup>-1</sup>	103	70
Fe	µg L <sup>-1</sup>		
kationer (SK)	µeq L <sup>-1</sup>	516	784
anioner (SA)	µeq L <sup>-1</sup>	468	731
Ladningsbalanse	%	4.8	3.5
ANC	µeq L <sup>-1</sup>	200	495

**Tabell A-5** Felldata fra Al-analyser ved stamfiskanlegget i Bjerka i perioden 5.mars 2002 til 15.mars 2002.

<b>Lokalitet</b>	<b>Statistikk</b>	<b>RAL <math>\mu\text{g Al L}^{-1}</math></b>	<b>Al-total <math>\mu\text{g Al L}^{-1}</math></b>
<b>Råvann</b>	middel	107	55
	st.avvik	100	3
	median	107	55
	maks	177	58
	min	36	51
	antall	2	3
<b>Hall 4</b>	middel	179	226
	st.avvik	41	98
	median	174	194
	maks	293	503
	min	128	142
	antall	11	11
<b>Hall 6</b>	middel	150	186
	st.avvik	49	62
	median	135	222
	maks	281	272
	min	89	97
	antall	18	16

**Tabell A-6** Blodparametere, vekt og antall *Gyrodactylus salaris* på venstre brystfinne hos fisk fra Stamfiskanlegget i Bjerka, fra Hall 4, Kar 57, i mars 2002. Se forklaring til spesielle merknader som fotnoter i tabellen.

Fisk Nr	Dato	Na <sup>+</sup> mM	K <sup>+</sup> mM	Cl <sup>-</sup> mM	Glukose mM	Hcr %	pH	Hb g/dl	pCO <sub>2</sub> mmHg	Vekt g	Antall gyro n	Mrk
1	05.03	151	2.8	>140	6.3	31		11		1278	17	
2	05.03	130	5.6	107	6.5	36	6.71	12	17.5	419	7	1
3	05.03	148	5.2	>140	7.0	34		12		1631	>400	
4	05.03	147	4.7	>140	7.6	35	6.77	12	18	1062	20	
5	05.03	141	7.1	>140	7.5	31	6.84	11	26.7	736	10	
6	05.03	152	3.4	137	6.3	32	6.81	11	15.4	1089	>400	
7	05.03									566	>400	
8	05.03	146	5.7	>140	7.7	30	6.83	10	20.3	770	20	
9	07.03	151	5.5	>140	7.2	29	6.85	10	16.3	1742	22	
10	07.03	153	5.9	135	5.9	24	6.86	8	23.2	379	>400	
11	07.03	153	4.2	>140	7.0	36	6.76	12	22.8	1418	37	
12	07.03	153	4.5	>140	7.6	35		12		736	>400	
13	07.03	156	2.9	>140	7.5	32	6.83	11	25.9	427	>400	
14	07.03	153	6	133	4.2	24	6.85	8	20.9	484	>400	3
15	07.03	136	5.5	110	12.0	27	6.80	9	21.1	478	>400	1
16	07.03	151	3.7	>140	7.9		7.74		28.3	1100	ca 150	
17	09.03	133	4.5	110	12.9	31	6.80	11	17.7	130	ca 130	1
18	09.03	150	4.5	>140	8.8	31	6.73	11	23.4	1635	ca 110	2
19	09.03	154	5	138	4.4	27	6.79	9	28.5	762	>400	
20	09.03										>400	
21	09.03										ca 400	
22	09.03										>400	
23	09.03										>400	
24	09.03										ca 150	
25	12.03	151	3.9	>140	8.0	33	6.76	11	22.8	1752	45	
26	12.03	146	3.4	>140	6.9	33	6.83	11	22.6	852	5	
27	12.03	138	4.4	113	4.3	31	6.75	11	20.1	309	4	1, 4
28	12.03	145	3.2	>140	10.2	31	6.75	11	21.9	936	57	
29	12.03	144	3.8	>140	8.4	34	6.78	12	24.7	1079	5	2
30	12.03	148	3.9	>140	8.4	32	6.83	11	20.6	483	>400	
31	12.03	145	3.9	>140	8.8	27	6.88	9	15.8	987	18	
32	12.03	151	3.9	>140	8.4	31	6.84	11	20.6	536	>400	
33	15.03	149	3.7	>140	172.0		6.79		28.3	1321	>100	
34	15.03	149	3	>140	146.0	31	6.76	11	24.5	898	100	
35	15.03	140	4.4	118	135.0	27		9		372	100	1
36	15.03	146	3.1				6.79		19.9	1141	>400	
37	15.03									607	>400	
38	15.03									559	>400	
39	15.03			>140	104.0					354	>400	
40	15.03									1849	29	

1 Mye sopp

2 Ødelagt slimlag

3 Knekt halerot

4 Ødelagt munn

**Tabell A-6** (fortsetter) Blodparametere, vekt og antall *Gyrodactylus salaris* på venstre brystfinne hos fisk fra Stamfiskanlegget i Bjerka, fra Hall 4, Kar 57, i mars 2002. Se forklaring til spesielle merknader som fotnoter i tabellen.

Fisk Nr	Dato	Na <sup>+</sup> mM	K <sup>+</sup> mM	Cl <sup>-</sup> mM	Glukose mM	Hcr %	pH	Hb g/dl	pCO <sub>2</sub> mmHg	Vekt g	Antall gyro n	Mrk
41	03.04				5.8					610	200	
42	03.04				7.3					1646	>400	
43	03.04				4.9					1505	20	
44	03.04				4.9					968	>400	
45	03.04				5.6					511	>400	
46	03.04				5.2					1022	22	
47	03.04				5.6					1362	140	
48	03.04				3.8					703	>400	
49	11.04				3.8					479	>400	
50	11.04				3.9					942	>400	
51	11.04				7.3					1227	51	
52	11.04				8.3					1350	60	
53	12.04				10.7					1424	1	
54	12.04				3.5					528	>400	
55	14.04				5.7					779	>400	
56	14.04				7.8					915	150	
57	16.04				5.3					1067	100	
58	16.04				7.4					573	>400	
59	18.04				5.6					1183	100	
60	18.04				4.1					1055	5	
61	22.04				7.5					682	0	
62	22.04				9.4					1043	0	
63	22.04				16.5					482	0	
64	22.04				8.8					523	0	
65	23.04				9.6					592	1	
66	23.04				10.9					782	0	
67	23.04				11.8					1811	5	
68	23.04				5.7					1355	0	
69	24.04				9.9					435	0	
70	24.04				9.9					308	0	
71	24.04				3.4					422	0	
72	24.04				17.3					486	0	

1 Mye sopp

2 Ødelagt slimlag

3 Knekt halerot

4 Ødelagt munn