



RAPPORT LNR 5015-2005

Forsøk på totalutryddelse
av *Gyrodactylus salaris* i
Batnfjordselva ved hjelp av
aluminium som
hovedkjemikalium

Sluttrapport 2004 - GYROMET



Foto: Ruben Pettersen (VI)

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

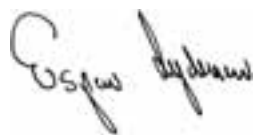
Postboks 1264 Pirsenteret
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 87 10 34 / 44
Telefax (47) 73 87 10 10

Tittel Forsøk på totalutryddelse av <i>Gyrodactylus salaris</i> i Batnfjordselva ved hjelp av aluminium som hovedkjemikalium	Løpenr. (for bestilling) 5015-2005	Dato 18.05.2005
	Prosjektnr. Undernr. O-21088	Sider Pris 30
Forfatter(e) Sigurd Hytterød ¹ , Ruben A. Pettersen ¹ , Rolf Høgberget ² , Espen Lydersen ² , Tor Atle Mo ¹ , Anders Gjørwad Hagen ³ , Torstein Kristensen ² , Solvor Berntsen ³ , Bjørg Abrahamsen & Antonio B.S. Poléo ³ . ¹ Veterinærinstituttet, ² NIVA, ³ Universitetet i Oslo	Fagområde Ferskvann, Parasittbekjempelse	Distribusjon Trykket NIVA
	Geografisk område Norge, Møre og Romsdal	

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for Naturforvaltning	Oppdragsreferanse Kont.nr. 03040036
---	--

Ved hjelp av tre vannføringsproporsjonale elvedoseringsanlegg, 21 stasjoner med små vannføringsproporsjonale doseringsenheter og rundt 30 dryppenheter, har Batnfjordselva gjennom to behandlingsperioder, våren og høsten 2004, blitt behandlet med aluminium med sikte på å fjerne *Gyrodactylus salaris* fra vassdraget. I tilsig hvor vannmengden var veldig liten, samt i grøfter og dammer med stillestående vann, har det blitt brukt rotenon. Prinsippene bak Al-doseringen er hentet fra dosering i andre sammenhenger, og bygger blant annet på kjente metoder utviklet for kalking av vassdrag. Gjennom videre utvikling av doseringsteknologien har det mest sannsynlig lyktes å fjerne *G. salaris* fra Batnfjordselva. Resultatene fra dette prosjektet viser at Al-metoden har fungert i et vassdrag med store, interne vannkjemiske variasjoner. Dette viser at metoden kan brukes i kampen mot *G. salaris*, uavhengig av vassdragets vannkemi, størrelse og kompleksitet. Metoden åpner også muligheten til å redusere spredningen av *G. salaris* i påvente av en endelig fullskala behandling med aluminium, eller andre metoder. Al-metoden kan i tillegg brukes ved eventuelle ny-påvisninger av *G. salaris* for å redusere negative effekter av parasitten på den ny-infiserte laksestammen. Resultatene fra dette prosjektet viser at en Al-behandling, slik den er gjennomført i Batnfjordselva, ikke har noen betydelig negativ effekt på fisken i elva. Forsøket i brakkvannssonen, indikerer at fisk som oppholder seg der over tid, blir behandlet av sjøvannet. Dette prosjektet har bidratt til å nå det overordnede målet med å utvikle en effektiv metode for å behandle *G. salaris*-infiserte vassdrag med aluminium.

Fire norske emneord 1. <i>Gyrodactylus salaris</i> 2. Laks (<i>Salmo salar</i>) 3. Al-behandling 4. Batnfjordselva	Fire engelske emneord 1. <i>Gyrodactylus salaris</i> 2. Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) 3. Al-treatment 4. River Batnfjordselva
--	--



Espen Lydersen
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvaale
Forskningsleder
ISBN 82-577-4714-9



Øyvind Sørensen
ansvarlig

Forsøk på totalutryddelse av *Gyrodactylus salaris* i Batnfjordselva ved hjelp av aluminium som hovedkjemikalium

Sluttrapport 2004 – GYROMET

Forord

GYROMET er et samarbeidsprosjekt mellom Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Veterinærinstituttet (VI), og Universitetet i Oslo (UiO). GYROMET ble startet i 2001 med hovedformål å finne frem til en parasittspesifikk behandlingsmetode for å bekjempe *Gyrodactylus salaris* i norske vassdrag.

I Norge har lakseparasitten *G. salaris* primært blitt bekjempet med rotenon, et kjemisk stoff som også tar livet av fisk og mange andre akvatiske organismer. Det har lenge vært ønskelig med en mer parasittspesifikk og skånsom metode. Forskere i GYROMET-gruppa har arbeidet med alternativer til rotenon, og siden de innledende forsøkene i 1995 har det blitt gjort en rekke eksperimenter som alle viser at aluminium er svært effektivt mot *G. salaris*. I 2000 startet gruppa med utvikling av en bekjempelsesmetode basert på de tidligere forskningsresultatene, og i 2004 ble den første fullstendige behandlingen med aluminium mot *G. salaris* gjennomført i et laksevassdrag. Dette ble gjort i Batnfjordselva, Møre og Romsdal, på oppdrag fra Direktoratet for Naturforvaltning (DN). Vi har i dette prosjektet samarbeidet med VESO¹ som har hatt ansvaret for kartlegging av vassdraget, samt rotenonbehandling i tilsig og områder med stillestående vann.

Vi vil takke DN som har støttet dette prosjektet økonomisk. Vi vil også takke alle som har bidratt med sin arbeidsinnsats, eller som på andre måter har bidratt til at prosjektet har blitt vellykket og kommet vel i havn. Vi har hatt særdeles god støtte og hjelp fra lokale krefter i Batnfjorden, og vil rette en spesiell takk til Per Sæther for omfattende og utrettelig innsats under hele feltperioden. Vi vil takke Trond Haukebø for viktige innspill i forbindelse utviklingen av dryppestasjonene.

Alle i GYROMET-gruppa håper på et sterkt og målrettet samarbeid med miljømyndighetene i kampen mot *G. salaris* i årene framover.

Oslo, 17. januar 2005

Espen Lydersen

Antonio B.S. Poléo

Tor Atle Mo

¹ Veterinærmedisinsk Oppdragssenter AS (<http://www.veso.no>)

Innhold

Sammendrag	7
Summary	8
Innledning	9
Metodikk	10
Vassdraget	10
Fisk	11
Dosering	11
Gjennomføring	12
Kontroll	12
Undersøkelse av <i>G. salaris</i> -infeksjonen i brakkvannssonen	13
Resultater	14
Dosering	14
Vannkjemi	14
<i>G. salaris</i> på fisk i elva	15
<i>G. salaris</i> på fisk i kar	18
Fysiologiske effekter på laks i Lågåsbekken	19
Fisketetthet	20
Vannkjemi i brakkvannssonen	21
<i>G. salaris</i> -infeksjonen i brakkvannssonen	22
Diskusjon	23
Aluminium som middel for å utrydde <i>G. salaris</i>	23
Aluminium som middel for å redusere spredningen av <i>G. salaris</i>	24
Effekter av aluminium på fisk	24
Hva skjer i brakkvannssonen i forbindelse med en Al-behandling?	25
Konklusjon	26
Referanser	27
Vedlegg	29

Sammendrag

Ved hjelp av tre vannføringsproporsjonale elvedoseringsanlegg, 21 stasjoner med små vannføringsproporsjonale doseringsenheter og rundt 30 dryppenheter, har Batnfjordselva gjennom to behandlingsperioder, våren og høsten 2004, blitt behandlet med aluminium med sikte på å fjerne *Gyrodactylus salaris* fra vassdraget. I tilsig hvor vannmengden var veldig liten, samt i grøfter og dammer med stillestående vann, har det blitt brukt rotenon. Prinsippene bak Al-doseringen er hentet fra dosering i andre sammenhenger, og bygger blant annet på kjente metoder utviklet for kalking av vassdrag. Gjennom videre utvikling av doseringsteknologien har det mest sannsynlig lyktes å fjerne *G. salaris* fra Batnfjordselva. Resultatene fra dette prosjektet viser at Al-metoden har fungert i et vassdrag med store, interne vannkjemiske variasjoner. Dette viser at metoden kan brukes i kampen mot *G. salaris*, uavhengig av vassdragets vannkjemisk sammensetning og kompleksitet. Metoden åpner også muligheten til å redusere spredningen av *G. salaris* i påvente av en endelig fullskala behandling med aluminium, eller andre metoder. Al-metoden kan i tillegg brukes ved eventuelle ny-påvisninger av *G. salaris* for å redusere negative effekter av parasitten på den ny-infiserte laksestammen. Resultatene fra dette prosjektet viser at en Al-behandling, slik den er gjennomført i Batnfjordselva, ikke har noen betydelig negativ effekt på fisken i elva. Forsøket i brakkvannssonen, indikerer at fisk som oppholder seg der over tid, blir behandlet av sjøvannet. Dette prosjektet har bidratt til å nå det overordnede målet med å utvikle en effektiv metode for å behandle *G. salaris*-infiserte vassdrag med aluminium.

Summary

Title: Experimental elimination of *Gyrodactylus salaris* in River Batnfjordselva, Northwestern Norway, with aluminium. Final report 2004 - GYROMET

Year: 2005

Author: Sigurd Hytterød et al.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 82-577-4714-9

By using three water flow proportional river dosing units, 21 small water flow proportional dosing units, and approximately 30 dripping units, the River Batnfjordselva has through two treatment periods, spring and autumn 2004, been treated with aluminium with the purpose to eliminate *Gyrodactylus salaris* from the watershed. Rotenon has been used in ponds and ditches with non-circulating water. The knowledge for the Al-dosing has been taken from dosing technology in other relations, and is based on known methods developed for liming of acidified waters. By further development of the dosing technology, it has probably succeeded to eliminate *G. salaris* from the River Batnfjordselva. The results from this project show that the Al-method most likely will be effective in the battle against *G. salaris* in every infected Norwegian river, irrespective of the water chemistry, size and complexity of the River system. The new method also opens for the possibility to reduce the spreading of *G. salaris* in the anticipation of a final treatment with aluminium, or another method. The method can also be used to reduce further spreading of *G. salaris* from and within newly infected rivers, and to reduce the negative impact of the parasite on the newly infected salmon population. The results from this project show that an Al-treatment, as carried out in the River Batnfjordselva, has no significant negative effects on the fish within the river. Results from experiments in the zone of brackish water indicate that fish staying in this zone will be treated by the sea water. This project has to a great extent contributed in achieving the paramount objective to develop an effective method for the treatment of *G. salaris*-infected rivers with aluminium.

INNLEDNING

Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* ble innført fra Sverige på midten av 70-tallet, og har siden den gangen blitt påvist i 44 norske elver (Mo m.fl. 2004). I dag regnes *G. salaris* av norske miljømyndigheter som den største trusselen mot villaksen (NOU 1999:9). Kampen mot parasitten har derfor også blitt trappet opp de siste årene, med stadig økte bevilgninger over statsbudsjettet. Utvikling av nye metoder for å bekjempe parasitten har blitt sett på som et viktig ledd i denne satsingen.

Det har lenge vært kjent at aluminium løst i vann har effekt på lakseparasitten *G. salaris* (Soleng m.fl. 1999, Poléo m.fl. 2004a), likeledes at denne effekten er betydelig sterkere på *G. salaris* enn på atlantisk laks (*Salmo salar*) (Soleng m.fl. 1999, Poléo m.fl. 2004b). Laksen regnes som en av de mest følsomme ferskvannsorganismene for aluminium (Grande m.fl. 1978, Poléo m.fl. 1997). Det ble derfor tidlig reist spørsmål om aluminium kunne brukes som kjemisk middel i kampen mot parasitten, uten å skade fisken. De siste årene har det blitt drevet et målrettet forskningsarbeid hvor nettopp aluminiums potensial som parasitticid har blitt videreutviklet (Lydersen m.fl. 2004, Poléo m.fl. 2004a). Høsten 2003 ble Al-metoden for første gang testet i et *G. salaris*-infrisert laksevasdrag, nærmere bestemt Batnfjordselva i Møre og Romsdal (Lydersen m.fl. 2004). Ved hjelp av aluminiumtilsetning fra kun en doserer, plassert 2 km ovenfor den lakseførende strekningen, ble parasitten fjernet fra den øverste halvdel av elva (Lydersen m.fl. 2004). På bakgrunn av disse positive resultatene ble det besluttet å teste ut metoden i full skala, med sikte på å utrydde *G. salaris* fra vassdraget. Hovedmålet med dette prosjektet har derfor vært å behandle Batnfjordselva for *G. salaris* ved hjelp av aluminium. Herunder å finne svar på følgende spørsmål:

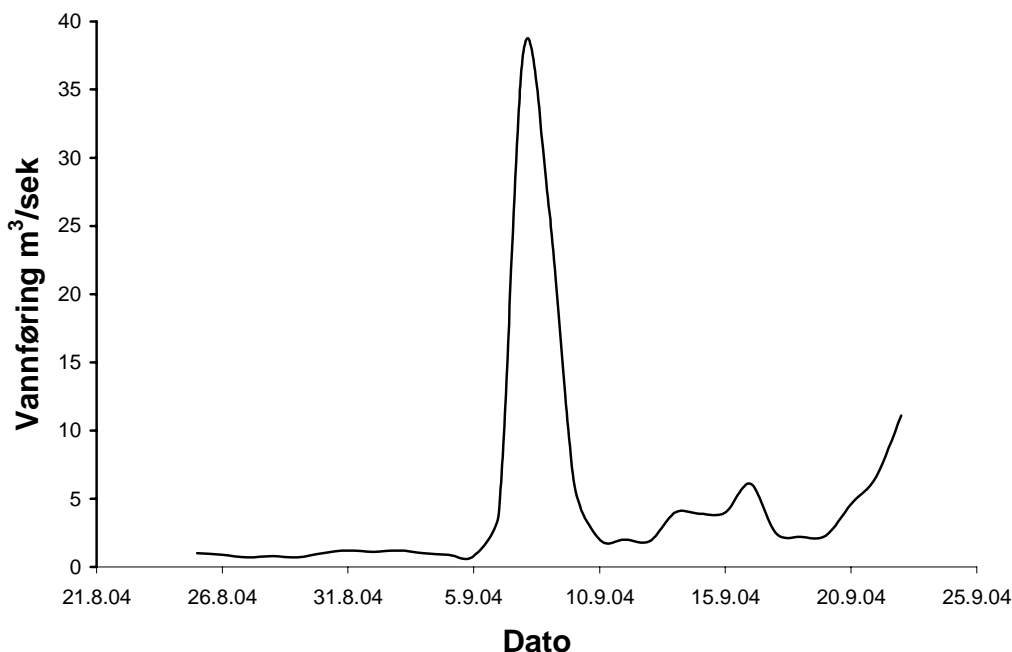
- 1) Med spesielt søkelys på Batnfjordselva; kan aluminium benyttes som middel for å utrydde *G. salaris* fra et infisert laksevasdrag?
- 2) Har aluminium, i forbindelse med behandling mot *G. salaris*, noen negativ effekt på fisken i elva?
- 3) Hvilken betydning har vannets salinitet i brakkvannssonen i forbindelse med Al-behandling av et *G. salaris*-infrisert vassdrag?

METODIKK

Prosjektet har blitt gjennomført som en fullstendig kjemisk behandling av Batnfjordselva, med aluminium som hovedmiddel. Hele den lakseførende delen av vassdraget, med små og store sidebekker, har blitt behandlet. Behandlingen har foregått over to perioder i 2004; fra 8. til 22. juni (vår), og fra 29. august til 12. september (høst).

Vassdraget

Batnfjordselva ligger i Gjemnes kommune, Møre og Romsdal (Kart 1, se vedlegg). Elva har sitt utspring i tre småvann som ligger innenfor Åndalssetra, 261 moh., og ender ut i Batnfjorden 14 km lenger nede. Vandringshinderet for laks og sjøørret ligger omtrent 11 km opp i elva. Vassdraget har et nedbørsfelt på 69 km². Batnfjordselva er en typisk flomelva med normal vannføring på mellom 1 og 3 m³/s. Ved nedbør stiger elva raskt, men når nedbøren opphører synker elva tilbake til normalvannføring i løpet av et par dager (Figur 1). *G. salaris* ble første gang påvist i Batnfjordselva i 1980 (Johnsen m.fl. 1999), og man antar at elva ble smittet i forbindelse med fiskeutsettinger i 1977. Vassdraget ble rotenonbehandlet 27. juli 1994, og friskmeldt i 1999 (Johnsen m.fl. 1999). Året etter ble imidlertid *G. salaris* igjen påvist i Batnfjordselva. Etter siste påvisning er det ikke foretatt noen tiltak mot parasitten, før det første forsøket med aluminium ble gjennomført i elva høsten 2003.



Figur 1. Vannføringen (m³/s) i Batnfjordselva under høstbehandlingen i 2004. Målingene er gjort ved elvedosereren på Åndalssetra.

Fisk

Fiskepopulasjonen i Batnfjordselva består hovedsakelig av laks og ørret (*Salmo trutta*). Laksen finnes først og fremst i hovedelva, mens ørreten også er vanlig i de fleste større sidebekkene. I tillegg til laksefiskene, finnes det ål (*Anguilla anguilla*), trepigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus*) og skrubbe (*Platichthys flesus*) i vassdraget. De to sistnevnte finnes kun i den nederste kilometeren av elva (brakkvannsområdet). Tettheten av laks er relativt høy i Batnfjordselva til tross for at den er infisert med *G. salaris*. Dette har vært en fordel for prosjektet, og gjort det enkelt å følge utviklingen av *G. salaris*-infeksjonen gjennom behandlingene.

Dosering

Doseringen av aluminium i Batnfjordsvassdraget har blitt gjennomført på tre ulike nivåer; 1) elvedoseringsanlegg i hovedelva, 2) mindre doseringsenheter i de største sidebekkene og 3) dryppenheter i mindre sidebekker og tilsig. Doseringsteknikken som har blitt benyttet bygger på kjente prinsipper for dosering av kjemikalier til rennende vann. I hovedelva og alle større sidebekker er det benyttet avansert teknologi for å oppnå stabile Al-doser. Prinsippene er hentet fra dosering i andre sammenhenger, og bygger blant annet på kjente metoder utviklet for kalking av vassdrag. Det har imidlertid blitt benyttet andre komponenter og automasjonsteknologi, og det har pågått en utviklingsprosess gjennom prosjektet for å finne de mest funksjonelle systemene for ulike vannføringsforhold. For doseringen til mindre sidebekker og tilsig ble det benyttet dryppeenhetene som er utviklet i forbindelse med rotenonbehandlingene.

Det har til sammen blitt brukt tre elvedoseringsanlegg langs hovedelva. Det første anlegget ble plassert ved Åndalssetra (Kart 1) i forbindelse med Al-forsøket i 2003 (Lydersen m.fl. 2004). Resultatene fra dette forsøket viste at én elvedoserer ikke ville være nok for å oppnå en effektiv behandling av hele elva. Det ble derfor plassert et nytt elvedoseringsanlegg ved Åndalsbrua, omlag midtveis i elva (Kart 1) før vårbehandlingen i 2004. Sammen med anlegget ved Åndalssetra utgjorde disse to anleggene hoveddoseringen i elva under vårbehandlingen. På bakgrunn av erfaringene fra vårbehandlingen, ble det før høstbehandlingen bygget et tredje elvedoseringsanlegg ved hovedelva. Anlegget ble plassert ved Tørrisbekken, ca. tre kilometer fra utløpet i fjorden. Elvedoseringsanleggene bestod av en 12 m³ stor tank, koblet til en doseringspumpe med en styringsenhet. Styringsenheten var koplet til en vannstandsmåler i elva, og sørget for en vannføringsproporsjonal Al-dosering.

Mindre doseringsenheter ble plassert ved 21 av de største sidebekkene (Kart 1). Enhetene bestod av en plasttank på 1000 liter, doseringspumpe og en styringsenhet som sørger for en vannføringsproporsjonal Al-dosering. I tillegg til doseringsenhetene ble det satt ut rundt 30 dryppenheter i bekker og tilsig. Dryppenhetene bestod av en plasttank på 70 liter utstyrt med gjennomgang, stigerør, armert plastslange og dyse. Enhetene ble stilt inn slik at Al-tilsetningen var konstant, og doseringen var beregnet ut fra antatt gjennomsnittsvannføring.

Al-løsningen (doseringsløsning) ble levert av Kemira Chemicals AS, og løsningens egenskaper var tilpasset vassdraget ut fra de erfaringene som ble gjort under Al-forsøket høsten 2003. Før høstbehandlingen ble Al-løsningens egenskaper ytterligere tilpasset vannkjemien i de ulike sidebekkene, og det ble derfor brukt to ulike Al-løsninger med

forskjellig mengde aluminium under de to behandlingene. I tilsig hvor vannmengden var veldig liten, samt i grøfter og dammer med stillestående vann, har det blitt brukt rotenon (se VESO-rapport under utarbeidelse).

Gjennomføring

Behandlingsperiodene ble innledet med montering og klargjøringsarbeid i felt. Doseringsperioden var beregnet til to uker for begge behandlingene, men i august/september pågikk doseringen over en periode på 17 dager. I dagene før og under begge behandlingsperiodene har det blitt gjennomført en grundig overvåking av vannkjemien for å kontrollere Al-doseringen. Vannets pH, temperatur og ledningsevne ble målt daglig ved seks ulike stasjoner i hovedelva, og i alle større sidebekker. I tillegg ble det etablert en referansestasjon 100 meter oppstrøms doseringsanlegget ved Åndalssetra, hvor de samme målingene ble gjort (Kart 3, se vedlegg). Ved stasjonene i hovedelva ble det daglig tatt ut vannprøver for analyse av aluminium. I sidebekkene ble det også tatt ut vannprøver til Al-analyser, men noe sjeldnere enn fra hovedelva. pH ble målt regelmessig ved alle dryppestasjonene. Laksunger ble samlet inn fra utvalgte stasjoner i vassdraget før, under og etter Al-behandlingen (Kart 2, se vedlegg). All innsamlet fisk er undersøkt for *G. salaris*-infeksjon, og konserverert på sprit.

Kontroll

I tillegg til den vannkjemiske overvåkingen ble det holdt laksunger i kar for å kontrollere eventuelle effekter på fisken under Al-behandlingene. På en stasjon i hovedelva ble også fisketetthet og vekst hos laks- og ørretunger studert for å undersøke om behandlingene har hatt noen effekter på disse parameterne.

I forbindelse med vårbehandlingen ble det etablert tre fiskekarstasjoner langs hovedelva, med følgende avstander fra elvedoseringsanlegget på Åndalssetra: 7,1 km, 8,1 km og 11,7 km. I tillegg ble det etablert en stasjon med fiskekar ved Lågåsbekken, den største sidebekken til hovedelva. Lågåsbekken ble valgt som stasjon fordi den ble brukt som kontroll under Al-forsøket i 2003 (Lydersen m.fl. 2004). Fiskekarene som ble brukt var på 500 liter med utløp i bunnen. Vann ble ført inn i karene ved hjelp av pumper senket ned i elveløpet. Karene var dekket med lokk og hadde et 20 x 20 cm vindu på midten for å slippe inn dagslys. I hvert kar ble det plassert ti fisker. Under vårbehandlingen ble fisken i karene brukt til å studere utviklingen av *G. salaris*-infeksjonen, i tillegg til å fungere som kontroll på giftigheten av aluminium. Fisken ble individmerket med PIT-tags (Passive Integrated Transponder), og undersøkt for antall *G. salaris* før og etter behandlingen. På stasjonen ved Lågåsbekken ble det satt opp et ekstra fiskekar med 40 laksunger, i tillegg til det karet som ble brukt til kontroll av Al-dosering og *G. salaris*-infeksjon. Fra fisken i dette karet ble det tatt blodprøver før og etter Al-behandlingen, for å undersøke eventuelle fysiologiske effekter av behandlingen.

I forbindelse med høstbehandlingen ble det plassert ut fisk i kar ved de samme stasjonene som under vårbehandlingen, men på stasjonen ved Lågåsbekken ble det benyttet kun ett kar denne gangen. Under høstbehandlingen ble karfisken kun brukt som kontroll på vannets giftighet.

El-fiskestasjonen som ble brukt til å undersøke ungfisktettheten i hovedelva ble etablert like ovenfor Åndalsbrua. Tetthetsmålinger ble gjort tre ganger i løpet av prosjektet; før vårbehandlingen (29. mai), før høstbehandlingen (25. august), og etter høstbehandlingen (12. september). Tettheten av fisk ble beregnet ved å fiske over et oppmålt areal av elva (ca. 750 m²) i tre omganger etter hverandre, med en halv times pause mellom hver overfisking (Bohlin m.fl. 1989). Vannføringen i elva var tilnærmet lik hver gang det ble el-fisket i forbindelse med tetthetsmålingene (ca. 1200 l/sek). All fisk som ble fanget under den første tetthetsmålingen ble målt, veid og merket ved fettfinneklipping. All laks ble undersøkt for *G. salaris*, og laksunger over 6,0 cm ble i tillegg merket med PIT-tags. Ved neste tetthetsmåling ble all merket fisk målt og veid, og merket laks ble i tillegg undersøkt for *G. salaris*. Under siste tetthetsmåling ble all laks målt, veid og undersøkt for *G. salaris*, mens kun merket ørret ble målt og veid. Fra all PIT-tag-merket fisk er det tatt skjellprøver. I tillegg er fettfinnene fra disse fiskene konserverte på sprit for eventuell senere genetisk analyse.

Undersøkelse av *G. salaris*-infeksjonen i brakkvannsonen

I forbindelse med Al-behandlingen av Batnfjordselva ble det gjort et separat studium av *G. salaris*-infeksjonen i brakkvannsonen. Utvikling av parasittinfeksjonen hos laksunger eksponert for ulike saliniteter ved elvas utløp til fjorden ble studert.

Før vårbehandlingen ble det satt opp tre fiskekar ved brakkvannsonen, hvor vann ble pumpet inn fra henholdsvis overflaten, midtsjiktet og bunnen av elva. I tillegg ble det satt opp ett fiskekar like ovenfor den sjøvannspåvirkete strekningen av elva, som fungerte som kontroll. Karene var av samme typen som de som ble brukt langs hovedelva i forbindelse med selve Al-behandlingen. En uke før Al-doseringen startet ble 40 *G. salaris*-infiserte laksunger fanget, undersøkt for antall parasitter, merket med PIT-tags og fordelt likt på de fire fiskekarene. Etter én uke, før Al-doseringen startet, ble fisken på nytt undersøkt for *G. salaris*. Dette ble gjort for å undersøke hvordan vann med ulik salinitet alene påvirker utviklingen av *G. salaris*-infeksjonen. Fisken gikk i de fire karene under hele vårbehandlingen, og ble undersøkt for antall *G. salaris* like etter at Al-behandlingen var avsluttet. Vannets pH, temperatur, ledningsevne (salinitet) og Al-konsentrasjon (total) ble målt daglig i hvert kar. Det ble også sjekket daglig om fisken var i live, og om den viste normal atferd.

Den opprinnelige planen var å gjenta dette brakkvannsforsøket under høst-behandlingen. Vårbehandlingen var imidlertid så effektiv at det ikke lot seg gjøre å fange mange nok laksunger med *G. salaris*-infeksjon til et nytt forsøk.

RESULTATER

Dosering

Det har til sammen blitt dosert ut 179 tonn Al-løsning, hvor 96 tonn ble benyttet under vårbehandlingen og 83 tonn under høstbehandlingen. Det ble brukt 2,46 tonn aluminium i vassdraget under vårbehandlingen og 0,83 tonn under høstbehandlingen. De vannkjemiske analysene viser at det under vårbehandlingen ikke lyktes å få optimale betingelser for at aluminium skulle ha effekt gjennom hele vassdraget. Resultatene viser at mengden aluminium var tilstrekkelig, men at pH ikke var tilfredsstillende i de nederste delene av elva. Under høstbehandlingen ble det oppnådd gode betingelser for Al-behandling gjennom hele vassdraget. Høstbehandlingen ble derfor gjennomført på en tilnærmet optimal måte. Al-doseringen har fungert meget bra, spesielt under den andre behandlingsperioden.

Vannkjem

Under vårbehandlingen lå pH på 6,30 (median) ved målestasjonen oppstrøms doseringsanlegget ved Åndalssetra. Medianverdien for pH var lavest ved Stasjon 1, og høyest ved Stasjon 5, henholdsvis 5,36 og 6,48. (Tabell 1). Vannets konduktivitet lå rundt 17,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ før tilsetningen av aluminium og økte nedover i elva. Konduktiviteten var høyest ved Stasjon 5, median = 32,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabell 1). Konsentrasjonen av totalt aluminium (Alr) i elva oppstrøms Al-doseringen var 58 $\mu\text{g}/\text{l}$ (median). Konsentrasjonene var høyest på Stasjon 1 og 3,5, median på henholdsvis 144 og 184 $\mu\text{g Al}/\text{l}$. Mengde monomert uorganisk aluminium (Ali) var henholdsvis 74 og 135 $\mu\text{g}/\text{l}$ (n=3) på disse to stasjonene (Tabell 1).

Tabell 1. Medianverdier for pH, konduktivitet, totalt aluminium (Alr) (n=15) og monomert uorganisk aluminium (Ali) (n=3) ved prøvetakingstasjonene i Batnfjordselva for perioden 8. til 22. juni.

Stasjon	pH -log(H ⁺)	Konduktivitet $\mu\text{S}/\text{cm}$	Alr $\mu\text{g}/\text{l}$	Ali $\mu\text{g}/\text{l}$
Oppstrøms doserer	6,30	17,8	58	5
Stasjon 1	5,36	21,9	144	74
Stasjon 2	5,89	22,9	103	52
Stasjon 3	6,16	23,6	99	46
Stasjon 3,5	5,99	26,3	184	135
Stasjon 5	6,48	32,6	162	38

Under høstbehandlingen lå pH på 6,51 (median) ved målestasjonen oppstrøms doseringsanlegget ved Åndalssetra. Medianverdien for pH, i behandlet del av elva, var lavest ved Stasjon 3, og høyest ved Stasjon 2, henholdsvis 5,20 og 5,99. (Tabell 2). Vannets konduktivitet lå rundt 22,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ før tilsetningen av aluminium og økte nedover i elva. Konduktiviteten var høyest ved Stasjon 5, median = 48,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabell 2). Konsentrasjonen av totalt aluminium (Alr) i elva oppstrøms Al-doseringen var 74 $\mu\text{g}/\text{l}$ (median), mens konsentrasjonene var høyest på Stasjon 3,5, median = 184 $\mu\text{g Al}/\text{l}$ (Tabell 2).

Tabell 2. Medianverdier for pH (n=15), konduktivitet (n=12), totalt aluminium (Alr) (n=14) og monomert uorganisk aluminium (Ali) (n=11) ved prøvetakingstasjonene i Batnfjordselva for perioden 29. aug. til 12. sept.

Stasjon	pH -log(H ⁺)	Konduktivitet µS/cm	Alr µg/l	Ali µg/l
Oppstrøms doserer	6,51	22,0	74	9
Stasjon 1	5,52	30,0	175	87
Stasjon 2	5,99	31,5	103	26
Stasjon 3	5,20	36,5	157	67
Stasjon 3,5	5,30	42,5	197	76
Stasjon 4	5,67	43,0	174	49
Stasjon 5	5,70	48,0	191	67

***G. salaris* på fisk i elva**

G. salaris-infeksjonen kan beskrives med prevalens og abundans. Prevalensen er den prosentvise andelen av de undersøkte fiskene som er infisert av *G. salaris*. Abundansen for infeksijonen er gjennomsnittlig antall *G. salaris* på de undersøkte fiskene, der både infiserte og uinfiserte individer er tatt med. Stasjonene som det refereres til i rapporten er markert på Kart 2 (se vedlegg).

Før Al-forsøket høsten 2003 var prevalensen for *G. salaris* infeksijonen 100% på Stasjon-1, mens abundansen var 156 (n=40 fisk). Etter åtte dagers Al-eksponering ble det undersøkt 10 fisk fra Stasjon-1 som alle var frie for *G. salaris* (Lydersen m.fl. 2004). I perioden mellom forsøket høsten 2003 og Al-behandlingen i 2004, har fisk på Stasjon-1 blitt undersøkt for *G. salaris* ved to anledninger. Begge gangene ble det påvist *G. salaris*. Prevalensen var henholdsvis 10% (n=30) og 13% (n=15), mens abundansen var 5,6 og 1,0 (Figur 2). Allerede etter vårbehandlingen var den undersøkte fisken (n=12) fra Stasjon-1 fri for parasitten, og det er ikke påvist *G. salaris* på denne stasjonen siden 25. juni 2004 (n=52).

På Stasjon-2 var også prevalensen for *G. salaris* infeksijonen 100%, før Al-forsøket høsten 2003. Abundansen var 51 (n=20). Etter fire dager med Al-eksponering var prevalensen redusert til 50% (n=14), og abundansen var sunket til 18. Etter at Al-forsøket i 2003 var avsluttet, ble det undersøkt 20 fisk fra Stasjon-2 uten at *G. salaris* ble påvist (Figur 2). I perioden mellom forsøket i 2003 og Al-behandlingen i 2004, har fisk på Stasjon-2 blitt undersøkt for parasitter ved to anledninger. Den 31. oktober 2003, ble *G. salaris* påvist på ett individ (n=30), abundansen var 0,3. Den 30. mars 2004, var imidlertid den undersøkte fisken fri for parasitter (n=15). En måned etter vårbehandlingen ble det på nytt undersøkt fisk uten at *G. salaris* ble påvist (n=10), men rett før høstbehandlingen ble det funnet en laksunge med to parasitter (n=21) på Stasjon-2. Etter at høstbehandlingen var avsluttet har det imidlertid blitt undersøkt til sammen 50 fisk fra Stasjon-2, uten at *G. salaris* er påvist. Den seneste undersøkelsen ble gjort av laksunger som var fisket 11. oktober 2004.

Laksunger fra Stasjon-3 ble undersøkt for *G. salaris* ved to ulike tidspunkter før Al-forsøket høsten 2003. Den 1. juli 2003 var prevalensen 92% (n=24), og abundansen 285 (Figur 2). Den 11. august var alle de undersøkte laksungene infisert (n=10), men denne gangen var abundansen betydelig lavere (58). Etter Al-forsøket høsten 2003 lå prevalensen på Stasjon-3 rundt 80%, og den økte til 100% like før vårbehandlingen i 2004 (Figur 2). Stasjon-3 inngikk i tetthetsundersøkelsen, og ble derfor ikke el-fisket etter

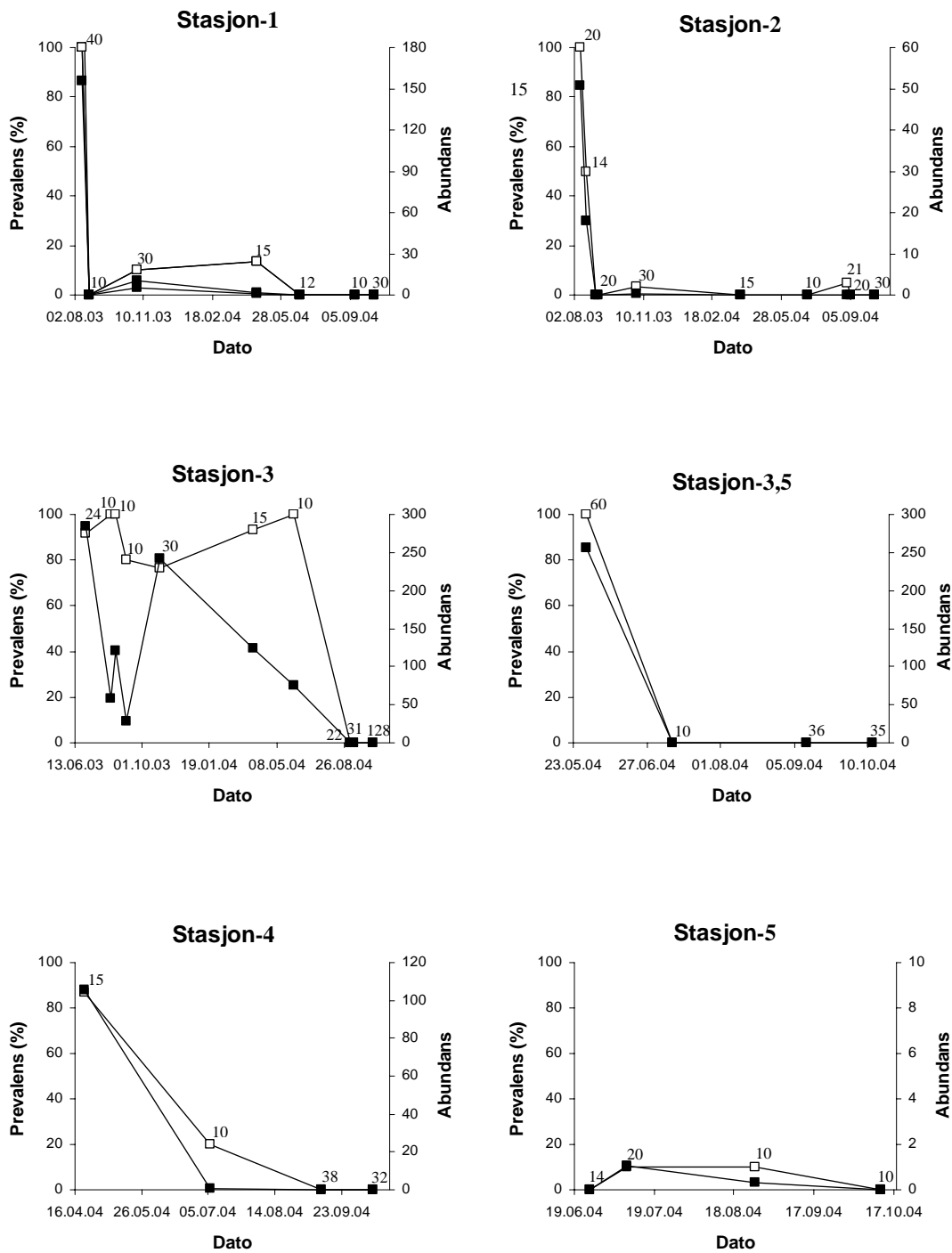
vårbehandlingen. Etter at høstbehandlingen var avsluttet har det blitt undersøkt til sammen 181 fisk fra Stasjon-3, uten at *G. salaris* er påvist. Den seneste undersøkelsen ble gjort av 128 laksunger som var fisket 11. oktober 2004.

Stasjon-3,5 ble etablert i mai 2004, like før AI-behandlingen ble startet. Før vårbehandlingen var prevalensen på Stasjon-3,5 100% (n=60), og abundansen var 256. Etter vårbehandlingen var den undersøkte fisken (n=10) på denne stasjonen fri for parasitter, og det er ikke påvist *G. salaris* på Stasjon-3,5 (n=81) etter 9. juli 2004 (Figur 2).

Stasjon-4 ble også etablert i mai 2004, like før AI-behandlingen ble startet. Før vårbehandlingen var prevalensen for *G. salaris*-infeksjonen 87% (n=15), abundansen var 105,6. Vårbehandlingen reduserte prevalensen og abundansen til henholdsvis 20% og 0,9 (n=10). Etter høstbehandlingen i 2004 er det til sammen undersøkt 70 laksunger fra stasjonen uten at *G. salaris* er påvist (Figur 2).

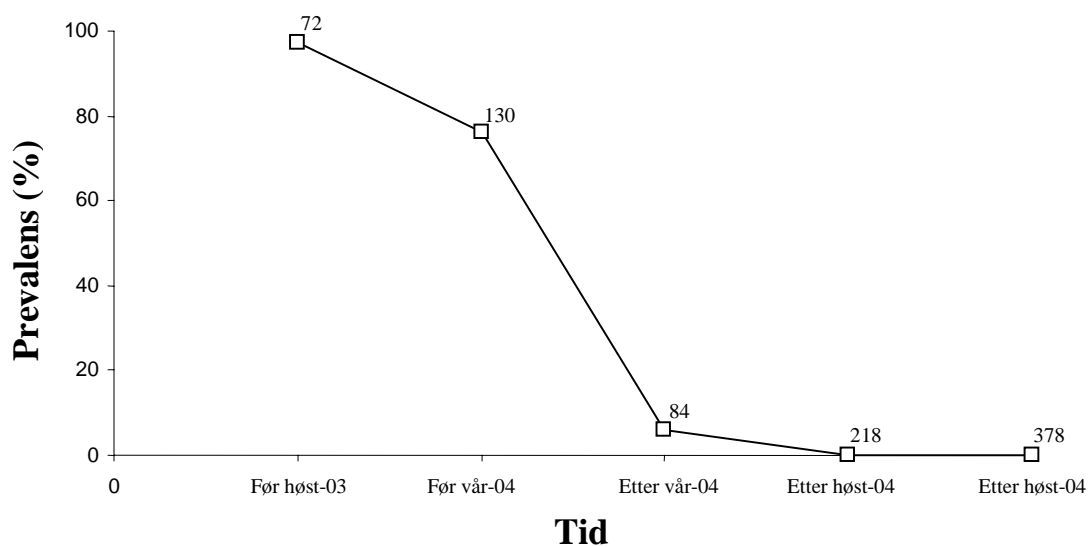
Forekomsten av laksunger i elva har til tider vært svært lav ved Stasjon-5, og *G. salaris* infeksjonen ble første gang undersøkt like etter vårbehandlingen i 2004. Det ble da undersøkt 14 fisk uten at *G. salaris* ble påvist (Figur 2). I perioden mellom vår- og høstbehandlingen er det undersøkt fisk fra Stasjon-5 ved to anledninger. Begge gangene var prevalensen 10%, og abundansen var lav, henholdsvis 1,1 (n=20) og 0,3 (n=10). Like etter høstbehandlingen ble det el-fisket på Stasjon-5 uten at det ble fanget laksunger. Senere, den 11. oktober 2004, ble det undersøkt 10 fisk som alle var frie for *G. salaris*.

Den 11. oktober ble det fanget 23 laksunger nedenfor Stasjon-5, like ovenfor vanninntaket til brakkvannsforsøket. Alle individene var frie for *G. salaris*.



Figur 2. Utviklingen av prevalens (□) og abundans (■) for *G. salaris*-infeksjonen på laks-unger fra Stasjon-1, 2, 3, 3,5, 4, og 5 i Batnfjordselva. Antall undersøkte fisk ved hvert uttak er markert med tall over punktene.

Figur 3 viser endringen i *G. salaris*-infeksjonen (prevalens) for hele elva, der prøveuttakene fra de ulike stasjonene er slått sammen. Før AI-forsøket høsten 2003, var prevalensen for *G. salaris*-infeksjonen 97% (n=72). AI-eksponeringen reduserte prevalensen i hovedelva til 76 % (n=130). Første del av AI-behandlingen i 2004 reduserte prevalensen ytterligere, og resultatene viser at kun 6% av de undersøkte laksungene var infisert etter vårbehandlingen (n=84). Etter høstbehandlingen er det undersøkt fisk ved to anledninger uten at *G. salaris* er påvist (Figur 3). Det er undersøkt 596 laksunger fra til sammen 10 ulike lokaliteter i vassdraget.



Figur 3. Utviklingen av prevalens (□) for *G. salaris*-infeksjonen på laksunger fra Batnfjordselva. Antall undersøkte fisk er markert med tall over punktene.

***G. salaris* på fisk i kar**

Fisken som ble holdt i kar under vårbehandlingen viste stor variasjon i antall *G. salaris* pr. individ før AI-behandlingen startet, og antallet varierte mellom 18 og 2241. Fisken ble tilfeldig fordelt på de fire stasjonene, og abundansen for *G. salaris*-infeksjonen var følgelig svært forskjellig i de ulike karene før behandlingen (Tabell 3). Etter vårbehandlingen var fisken i karene på Stasjon-3, Stasjon-3,5 og ved Lågåsbekken fri for *G. salaris*. I karet på Stasjon-5 derimot, var abundansen i realiteten den samme som før behandlingen (Tabell 3). Det ble ikke observert dødelighet av fisk i noen av karene, men det var noen tilfeller av rømninger fra karene som var plassert lang hovedelva. Rømningene skjedde i forbindelse med oversvømmelse i karene på grunn av tette avløp under flom.

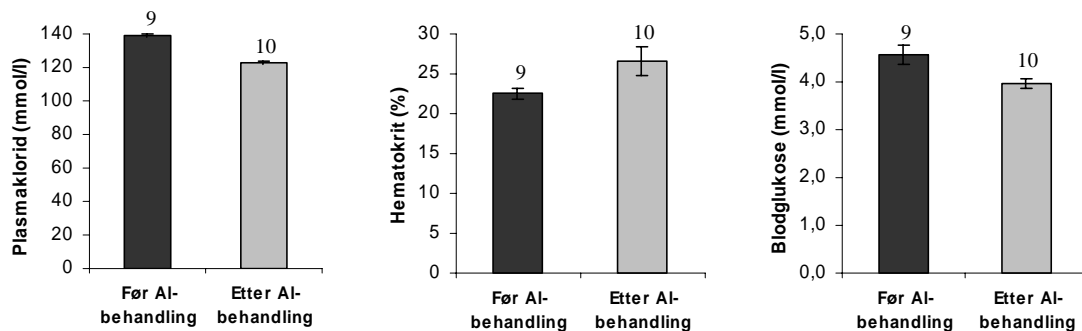
Tabell 3. Abundans for *G. salaris* på fisk som ble holdt i kar på stasjoner langs hovedelva og ved Lågåsbekken under vårbehandlingen (gj.snitt \pm SD, n = antall undersøkte fisk).

Stasjon	Før Al-behandling	Etter Al-behandling
Stasjon-3	75,3 \pm 20,8 (n=10)	0 (n=7)
Stasjon-3,5	375,1 \pm 216,1 (n=10)	0 (n=7)
Stasjon-5	130,8 \pm 45,1 (n=10)	111,0 \pm 44,0 (n=8)
Lågåsbekken	474,1 \pm 133,8 (n=10)	0 (n=10)

Under høstbehandlingen ble som nevnt karene med fisk kun benyttet som kontroll på vannets akutte giftighet. Det ble ikke observert dødelighet i karene under høstbehandlingen, men det var også da noen få tilfeller av rømming.

Fysiologiske effekter på laks i Lågåsbekken

Fisken i Lågåsbekken, som ble eksponert for relativt kraftige Al-belastninger (enkelte dager mellom 50 og 90 μ g/l labilt aluminium) under vårbehandlingen, viste en svak fysiologisk endring fra før behandlingen til etter behandlingen (Figur 4). Plasmaklorid sank fra 139,1 \pm 0,6 til 122,9 \pm 1,4 mM, blodets hematokrit økte fra 22,6 \pm 0,7 til 26,6 \pm 1,8%, mens blodglukose sank fra 4,6 \pm 0,2 til 4,0 \pm 0,1 mM i løpet av behandlingen.



Figur 4. Plasmaklorid, hematokrit og blodglukose (gjennomsnitt) hos laks fra kar i Lågåsbekken, før og etter vårbehandlingen med aluminium. Antall undersøkte fisk er gitt med tall over søylene, og SD er markert.

Fisketetthet

Forholdet mellom antall laks og antall ørret på Stasjon-3 var omtrent det samme hver gang tetthetsmålingene ble gjort (Tabell 4). Tettheten av fisk har også vært tilnærmet lik gjennom behandlingsperioden (Tabell 5).

Tabell 4. Forholdet mellom antall laks og antall ørret fanget under hver tetthetsmåling på Stasjon-3.

<i>Tidspunkt</i>	<i>Antall laks</i>	<i>Antall ørret</i>	<i>Forhold</i>
29.05.04	147	136	1: 1,1
25.08.04	195	192	1: 1,0
12.10.04	130	106	1: 1,2

Tabell 5. Tettheten av laks og ørret på Stasjon-3. T = totalt antall fanget fisk, y = estimert populasjonsstørrelse i følge Bohlin m. fl 1989.

<i>Tidspunkt</i>	<i>T</i>	<i>Estimert populasjonsstørrelse (y) på 750 m²</i>	<i>SE(y)</i>	<i>Fangbarhet (p)</i>	<i>SE(p)</i>
29.05.04	283	386	42,38	0,32	0,05
25.08.04	387	565	52,81	0,32	0,04
12.10.04	237	354	45,15	0,31	0,06

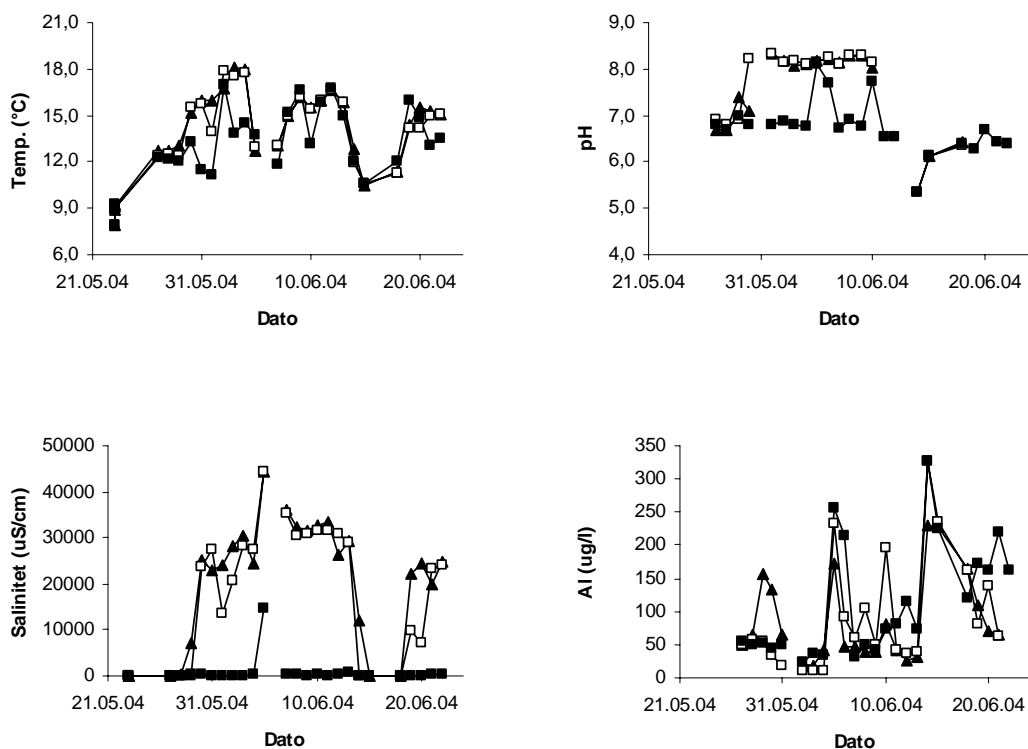
Gjennomsnittlig lengde og vekt for laksungene på Stasjon-3 var henholdsvis 6,6 cm og 3,4 g før AI-behandlingene ble startet i 2004 (primo juni). Etter at begge behandlingsperiodene var over (medio oktober) hadde den gjennomsnittlige lengden økt til 9,7 cm for de samme individene, mens vekten var økt til 12,7 g (Tabell 6). Det var en gjenfangst på 19% av de merkede laksungene etter vårbehandlingen, og 12% etter høstbehandlingen (Tabell 6). Omtrent det samme ble funnet for ørret når det gjelder både vekst og gjenfangst (Tabell 6).

Tabell 6. Totalt antall merket fisk (n), og gjenfangster av disse på Stasjon-3 (n 26/8 og 12/10), samt lengde og vekt (gj.snitt med min–maks).

<i>Tidspunkt</i>	<i>Laks</i>			<i>Ørret</i>		
	<i>Lengde (cm)</i>	<i>Vekt (g)</i>	<i>n</i>	<i>Lengde (cm)</i>	<i>Vekt (g)</i>	<i>n</i>
02.06.2004	6,6 (5,0-10,1)	3,4 (1,2-10,1)	147	8,1 (5,7-14,9)	6,6 (2,1-29,4)	136
26.08.2004	9,4 (7,5-16,8)	8,6 (4,9-18,1)	28	10,6 (7,8-13,7)	14,2 (6,5-30,5)	31
12.10.2004	9,7 (8,3-12,4)	12,7 (4,8-21,4)	17	11,8 (8,7-14,4)	15,2 (5,8-25,7)	21

Vannkjemi i brakkvannssonen

Figur 5 viser hvordan de vannkjemiske parameterne varierte i de tre fiskekarene under brakkvannsforsøket. De målte vanntemperaturene² varierte mellom 10 og 18°C gjennom forsøksperioden, og var stort sett den samme i de tre karene fra dag til dag. pH i sjøvannet lå litt over 8,0, mens pH i elvevannet varierte mellom 6,0 og 7,0. I begynnelsen av forsøksperioden lå pH i alle karene under 7,0. Årsaken til dette var at vannføringen i elva var meget høy (flom). De store vannmengdene presset brakkvannssonen nedover, forbi forsøksstasjonen og vanninntaket til karene. Det var også enkelte dager hvor pH i alle fiskekarene var over 8,0. Dette fordi vannføringen i elva var meget lav slik at sjøvannet i perioder presset brakkvannssonen oppover og forbi forsøksstasjonen. Den 14. juni var pH i elvevannet nede i 5,35 på grunn av en kraftig flom under Al-behandlingen. Salinitetsmålingene fra samme dag bekrefter at det kun var ferskvann i elva der vann ble tatt inn til fiskekarene (Figur 5). Saliniteten varierte en del gjennom perioden i karene med vann fra elvebunnen og midtsjiktet. Forskjellen mellom de to karene var imidlertid liten. Den totale konsentrasjonen av aluminium varierte mye gjennom forsøksperioden, og det var store variasjoner mellom fiskekarene (Figur 5).

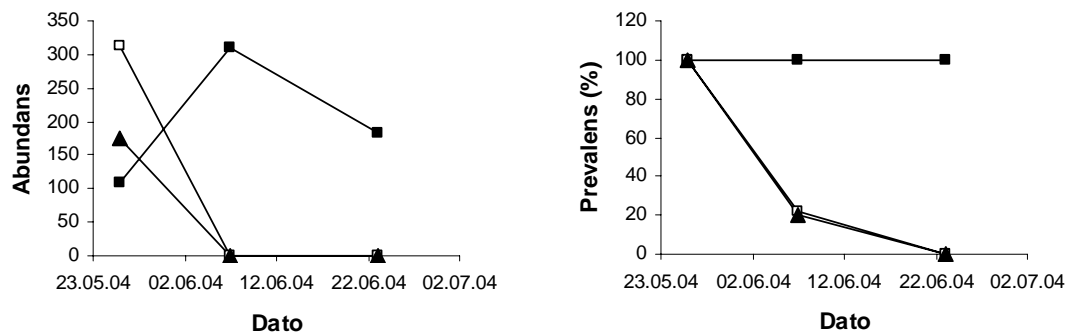


Figur 5. Vanntemperatur, pH, salinitet og Al-konsentrasjon (Al_i) i fiskekarene under brakkvannsforsøket. Overflate, (■), midt (□) og bunn (▲)

² Temperaturmåleren som ble brukt viste seg etter hvert å måle litt for høye temperaturer. De faktiske temperaturene kan derfor ha ligge et par grader lavere enn de som er oppgitt.

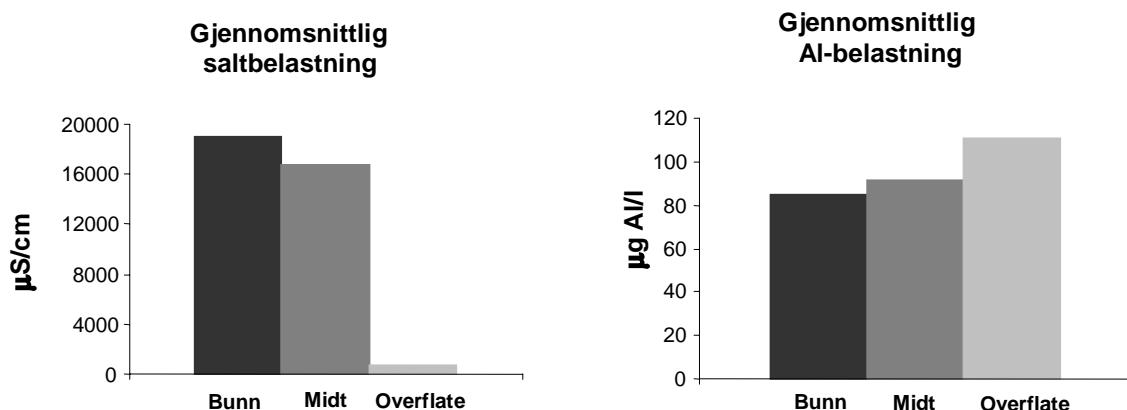
***G. salaris*-infeksjonen i brakkvannsonen**

G. salaris-infeksjonen gikk kraftig ned på de laksungene som ble eksponert for vann fra bunnen og midtsjiktet i elva. Prevalensen sank raskt fra 100% til 20% i karet med vann fra bunnen, og fra 100% til 22% i karet med vann fra midtsjiktet (Figur 6). Den 23. juni var all fisk i disse karene fri for parasitter. I karet med vann fra overflaten var prevalensen 100% og uforandret gjennom hele forsøket. Abundansen for *G. salaris* fulgte samme mønster som prevalensen i karet med vann fra bunnen og midtsjiktet, mens den varierte mye (108-310) i karet med overflatevann (Figur 6).



Figur 6. Utviklingen av abundans og prevalens for *G. salaris*-infeksjonen hos laksunger eksponert for ulike saltholdigheter gjennom brakkvannsforsøket. Overflate, (■), midt (□) og bunn (▲)

Beregninger viser at fisk som ble eksponert for vann fra overflaten og fisk som ble eksponert for vann fra midtsjiktet og bunnen, gjennomgikk helt ulike belastninger når det gjelder salinitet (Figur 7). For aluminium var det ingen store forskjeller i den totale belastningen, selv om overflatevannet til tider inneholdt mer aluminium enn vannet fra bunnen og midtsjiktet (Figur 7).



Figur 7. Gjennomsnittlig (pr dag) belastninger som laksungene i brakkvannsforsøket ble utsatt for gjennom forsøksperioden.

DISKUSJON

Aluminium som middel for å utrydde *G. salaris*

Etter at Al-behandlingen av Batnfjordselva ble avsluttet i midten av september 2004, er det undersøkt 596 laksunger fra ulike deler av vassdraget, uten at *G. salaris* er påvist. Dette viser at Al-behandlingen har vært svært effektiv for å fjerne *G. salaris* fra Batnfjordsvassdraget. Den siste undersøkelsen av *G. salaris* ble gjort på fisk fanget den 11. oktober, en drøy måned etter at Al-behandlingen ble avsluttet. Vi kan allikevel ikke fastslå at behandlingen med aluminium i 2004 har ført til utryddelse av parasitten i vassdraget. En endelig friskmelding kan først skje etter oppfølging av vassdraget uten at parasitten blir påvist.

Resultatene fra dette prosjektet har vist at en Al-behandling, slik som den er gjennomført i Batnfjordselva, ikke har vesentlig negative effekter på fisken. Det ble ikke observert endringer i fisketetthet, og det var kun små endringer i de blodfysiologiske parametrene som ble undersøkt.

Aluminium løst i vann har meget gode egenskaper som behandlingsmiddel under riktige betingelser med hensyn på pH og temperatur (Lydersen m.fl. 2004). Dette skyldes først og fremst at aluminium er virksomt over lang tid (timer-dager), og at det er skånsomt mot fisk ved lave doser (Lydersen m.fl. 2004, Poléo m.fl. 2004a). Behandlingen kan derfor foregå over relativt lange perioder, slik at sannsynligheten for at all fisk i vassdraget blir behandlet øker. Resultatene fra den vannkjemiske overvåkingen under Al-behandlingen viste at aluminium fordeler seg godt i hele vannmassen. Selv når vann tilsatt aluminium har passert gjennom store løsmasser i elveløpet har vannet hatt en tilfredsstillende vannkemi som behandlingsmiddel.

Ved kontinuerlig overvåking av både vannkjemien og *G. salaris*-infeksjonen kan mengden aluminium som tilsettes justeres underveis i behandlingen. En fremtidig bruk av aluminium som hovedmiddel mot *G. salaris* åpner dessuten for muligheten til gjentatte behandlinger, fordi de øvrige organismene i vassdraget ikke synes å ta vesentlig skade av behandlingene. Behandlingen kan derfor pågå til resultatene indikerer at vassdraget er fritt for *G. salaris*. Med dette øker muligheten til å lykkes med utryddelse av parasitten fra vassdraget.

Et viktig spørsmål er om aluminium kan brukes i alle typer vassdrag, spesielt vassdrag med god vannkvalitet (høy pH). I følge Lydersen m.fl. (2002) lyktes det ikke å fjerne *G. salaris* ved hjelp av aluminium fra Statkraft SF sitt genbankanlegg i Bjerka våren 2002. Vannkvaliteten i Bjerka er svært god, med pH godt over 7,0 og høyt innhold av kalsium (8-9 mg/l). Resultatene fra Bjerka viste imidlertid at aluminium hadde effekt på *G. salaris*, etter at doseringen ble tilpasset vannkvaliteten (Lydersen m.fl. 2002, Poléo m.fl. 2004a). Batnfjordselva med alle sidebekkene er et vassdrag med stor variasjon i vannkvalitet (Lydersen m.fl. 2004). Generelt kan man si at sidebekkene som renner inn fra øst har høyere pH og ionestyrke enn de fra vest. De nedre delene av hovedelva er dessuten kraftig påvirket av jordbruk (gjødsling og kalking) og har høy pH og ionestyrke sammenlignet med vannet lenger opp i vassdraget. Under behandlingen av Batnfjordselva er det tilsatt aluminium til vann med pH fra 5,8 til 7,4, med like godt resultat når det gjelder fjerning av *G. salaris*. Dette underbygger observasjonene som ble gjort i Bjerka, der aluminium hadde effekt på *G. salaris* når doseringen var tilpasset vannkvaliteten.

(Lydersen m.fl. 2002). Erfaringene fra Bjerka og Batnfjordselva gir derfor grunnlag for å konkludere med at aluminium vil fungere som middel mot *G. salaris* i de fleste norske vassdrag.

Et annet viktig spørsmål er om størrelsen på vassdraget kan være en mulig begrensning for aluminium som hovedmiddel i en kjemisk behandling av *G. salaris*-infiserte vassdrag. Resultatene fra dette prosjektet tyder på at størrelsen på vassdraget ikke er avgjørende for hvor effektivt aluminium vil være. Forsøket med aluminium i Batnfjordselva høsten 2003 viste at kun ett doseringsanlegg var tilstrekkelig til å fjerne *G. salaris* fra en relativt lang elvestrekning (Lydersen m.fl. 2004). Erfaringene fra Al-behandlingen i 2004 viste også at det ikke var størrelsen på vassdraget, men de lokale variasjonene i vannkjemi som var den største utfordringen under behandling.

Aluminium som middel for å redusere spredningen av *G. salaris*

Resultatene, både fra tidligere forsøk i laboratoriet (Soleng m.fl. 1999, Poléo m.fl. 2004b), fra Al-forsøket i Batnfjordselva høsten 2003 (Lydersen m.fl. 2004) og Al-behandlingen i 2004, har vist at prevalensen for *G. salaris*-infeksjonen reduseres meget raskt når aluminium er virksomt. Vårbehandlingen i 2004 reduserte prevalensen kraftig i Batnfjordselva, fra ca 80% før behandlingen til kun 6% etter behandlingen, mens prevalensen holdt seg lav gjennom sommeren (Figur 3). Videre viste resultatene fra Al-forsøket høsten 2003 at en enkel elvedoserer var nok til å redusere prevalensen fra 100% til 0% 4 km nedover i elva (Lydersen m.fl. 2004), samt at prevalensen deretter holdt seg lav frem til elva igjen ble Al-behandlet i juni 2004. Dette tyder på at *G. salaris*-infeksjonen utvikler seg langsomt etter at den har blitt kraftig redusert med en Al-behandling. Behandling av bare hovedelva er betydelig mindre ressurskrevende enn en fullstendig behandling for å totalutrydde av parasitten. Denne formen for Al-behandling kan derfor benyttes til å redusere prevalensen i påvente av at en endelig behandling iverksettes.

På bakgrunn av disse resultatene er det grunn til å anta at en Al-behandling, med kraftig reduksjon i prevalens, vil redusere muligheten for spredning av *G. salaris* fra vassdraget. Aluminium som middel for å redusere spredningen av *G. salaris* bør derfor undersøkes nærmere.

Effekter av aluminium på fisk

Det er velkjent at aluminium er giftig for fisk (Gensemer & Playle 1999). Det har dessuten lenge vært kjent at aluminium er giften som faktisk dreper fisk i vann som er påvirket av sur nedbør (Driscoll m.fl. 1980). Det er også rapportert at laks kan regnes som den mest følsomme fiskearten for aluminium (Grande m.fl. 1978, Poléo m.fl. 1997). Et sentralt spørsmål er derfor om Al-behandlinger mot *G. salaris* vil ha negative effekter på laksen i vassdraget.

Tetthetsundersøkelsen som ble gjort på Stasjon-3 viste at ungfisktettheten var tilnærmet lik før, under og etter behandlingen med aluminium. Tettheten er tilnærmet lik som under tidligere ungfiskundersøkelser gjort i Batnfjordselva fra 1988 til 1993 (Johnsen m.fl. 1999). Da som nå var vassdraget infisert med *G. salaris*, og tettheten ble ikke påvirket av fiskeutsetting. Batnfjordselva ble rotenonbehandlet i 1994. I årene etter ble det satt ut

betydelig mengder med plommeseekkyngel av laks. Undersøkelsen i 2004 viser at laksetettheten var tilnærmet lik den som ble observert i årene med utsetting (Johnsen m.fl. 1999). Individmerkede laksunger har blitt gjenfanget på samme lokalitet før, under og etter Al-behandlingen, noe som viser at fisken ikke har flyttet vesentlig på seg under selve behandlingen. Resultatene viser også at fisken, som har blitt eksponert for aluminium to ganger gjennom vekstsesongen, har hatt en tilvekst som varierer innenfor normalområdet.

Fisken som ble eksponert for aluminium i Lågåsbekken viste en liten endring i fysiologi etter vårbehandlingen. Det ble målt en nedgang i plasmaklorid, fra 139 til 123 mM. Dette kan tolkes som en negativ effekt av Al-eksponeringen. Et plasmakloridnivå på 123 mM er imidlertid over det som kan regnes som en nedre grense (120 mM) for negative effekter av surt Al-holdig vann for laks (Kroglund & Finstad 2003, Strand m.fl. 2003). Blodglukose sank fra 4,6 til 4,0 mM under Al-eksponeringen. Begge disse verdiene er under grensen for det som regnes for stresset fisk (grense 5,0 mM) (Kroglund & Finstad 2003, Strand m.fl. 2003). Blodglukose kan være en meget følsom parameter på stress, og gi utslag selv om andre blodfysiologiske parametere er uforandret (Kroglund & Finstad 2003, Strand m.fl. 2003). Selv om de nevnte grensene først og fremst gjelder for presmolt og smolt, som er betydelig mer følsomme for aluminium enn parr (Poléo & Muniz 1993), indikerer resultatene fra de fysiologiske undersøkelsene at fisken i svært liten grad var påvirket av Al-eksponeringen. Flere studier har vist at både laks og ørret har god evne til å restituere betydelig større skader og fysiologiske forstyrrelser etter eksponeringer for høye konsentrasjoner av aluminium (Hytterød m.fl. 2001). Det kan derfor konkluderes med at aluminium ikke har representert noen betydelig belastning for fisken i Batnfjordselva under Al-behandlingen mot *G. salaris*.

Hva skjer i brakkvannssonen i forbindelse med en Al-behandling?

Resultatene fra brakkvannsforsøket viste at sjøvannet var meget effektivt når det gjelder å fjerne *G. salaris* fra infiserte laksunger. Dette stemmer godt med tidligere studier som har vist at parasitten er følsom for høye saliniteter (Soleng & Bakke 1997, Soleng m.fl. 1998). I karene med vann fra henholdsvis bunnen og midtsjiktet av elva ble fisken fri for parasitten på kortere tid enn varigheten av Al-behandlingen.

Under vårbehandlingen var det liten effekt av aluminium nederst i elva, slik at fisk som ble eksponert for overflatevannet ikke ble tilfredsstillende behandlet. Dette bekreftes av resultatene fra kontrollen (fisk i kar ved Stasjon-5, se Tabell 3), som viste at abundansen for *G. salaris*-infeksjonen var 111 etter at vårbehandlingen var ferdig. På bakgrunn av brakkvannsforsøket alene kan man derfor ikke vite om en effektiv Al-behandling ville ha fjernet *G. salaris* fra laks som kun ble eksponert for overflatevann. På den annen side har det gjentatte ganger vist seg at aluminium fjerner parasitten svært raskt når behandlingsbetingelsene er optimale (Soleng m.fl. 1999, Lydersen m.fl. 2004, Poléo m.fl. 2004b). Forsøket i brakkvannssonen, sammen med undersøkelser av el-fisket fisk, indikerer at fisk som oppholder seg i brakkvannssonen over tid blir behandlet. Dette underbygges av resultatene fra undersøkelsene som ble gjort av fisk hentet fra vassdraget i oktober 2004. Da ble det fanget 23 laksunger like ovenfor der vanninntaket for brakkvannsforsøket var plassert, og ingen av disse fiskene var infisert av *G. salaris*.

Konklusjon

Kampen mot *G. salaris* har blitt trappet opp de siste årene, med stadig økte bevilgninger over statsbudsjettet. Utvikling av nye metoder for å bekjempe parasitten har blitt sett på som et viktig ledd i denne satsingen. På bakgrunn av resultatene som presenteres i denne rapporten kan det fastslås at hovedmålet med å utvikle en effektiv metode for behandling av *G. salaris*-infiltrerte vassdrag med aluminium er oppnådd. Gjennom videre utvikling av doseringsteknologien og tilpassninger av Al-løsningen som benyttes, har det mest sannsynlig lyktes å fjerne *G. salaris* fra Batnfjordselva. Resultatene fra Batnfjordselva har også vist at Al-metoden sannsynligvis vil være effektiv i kampen mot *G. salaris* i de fleste infiltrerte vassdrag i Norge, uavhengig av vannkjemi, vannveienes størrelse og kompleksitet. Metoden åpner muligheten til å redusere spredningen av *G. salaris* i påvente av en endelig fullskala behandling med aluminium, eller andre metoder. Resultatene viser at en Al-behandling ikke har noen betydelig negativ effekt på fisken i elva, og indikerer at fisken vil bli behandlet av sjøvannet dersom den oppholder seg i brakkvannssonen over tid.

Referanser

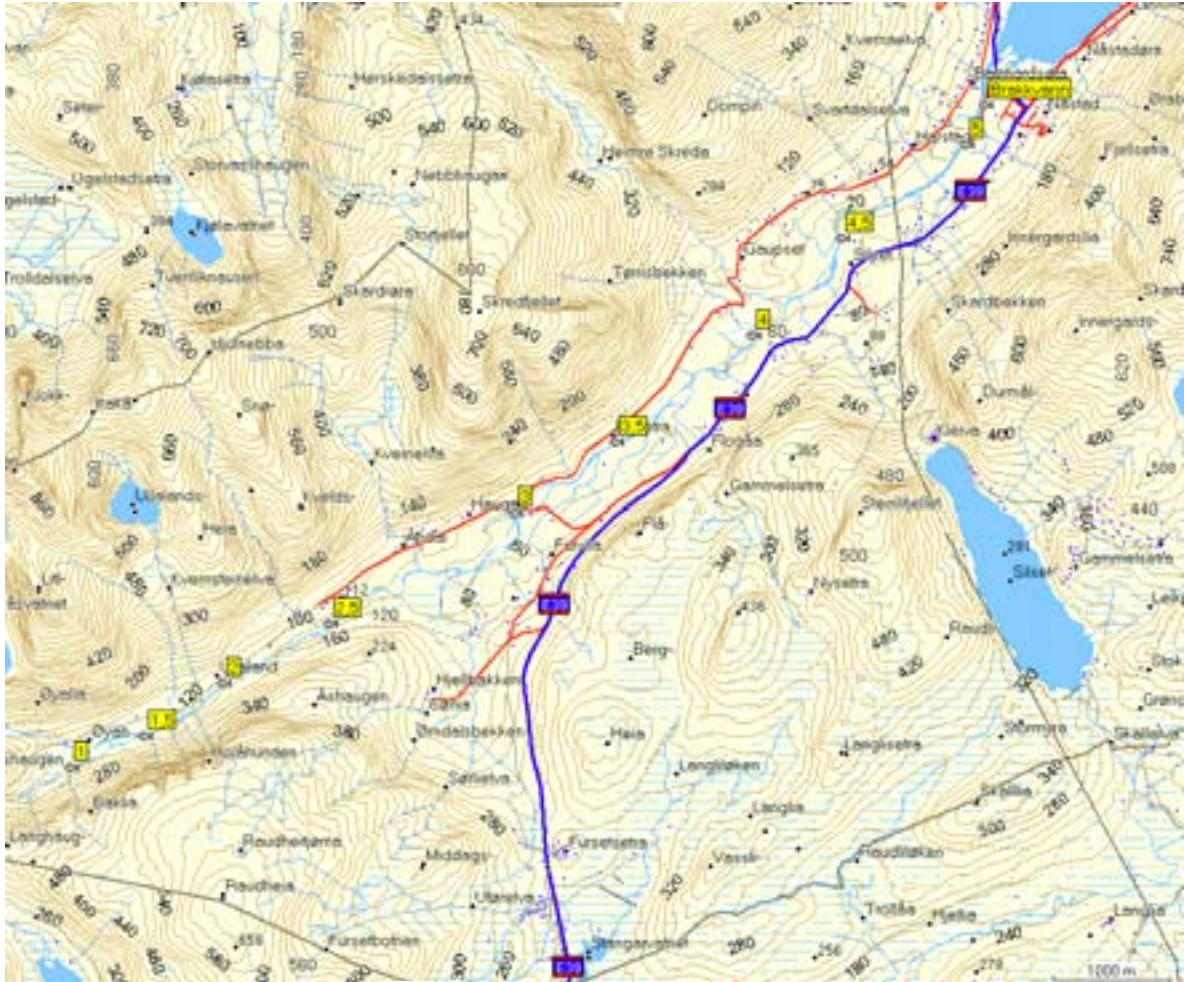
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing- Theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- Driscoll, C.T., Baker, J.P., Bisogni, J.J. & Schofield, C.L. 1980. Effects of aluminum speciation on fish in dilute acidified waters. *Nature* 284: 161-4.
- Gensemer, R.W. & Playle, R.C. 1999. The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 29: 315-450.
- Grande, M., Muniz, I. P. & Andersen, S. 1978. Relative tolerance of some salmonids to acid waters. *Verh. Internat. Verein. Theor. Ang. Limnol.* 20: 2076-2084.
- Hytterød, S., Schjolden, J., Vøllestad, A. & Poléo, A.B.S. 2001. Restituering hos fisk etter eksponering for surt Al-rikt vann. *Vann* 4B: 414-419.
- Johnsen, B.O., Møkkelgjerd, P.I. & Jensen, A.J. 1999. Parasitten *Gyrodactylus salaris* på laks i norske vassdrag, statusrapport ved inngangen til år 2000. NINA-Oppdragsmelding 617: 1-129.
- Kroglund, F. & Finstad, B. 2003. Low concentrations of inorganic monomeric aluminum impair physiological status and marine survival of Atlantic salmon. *Aquaculture* 222: 119-133.
- Lydersen, E., Hytterød, S., Kristensen, T., Håvardstun, J., Rosseland, B.O., Poléo, A.B.S., Mo, T.A. & Bakke, T.A. 2002. Al-behandling av *Gyrodactylus salaris* infisert Atlantisk laks (*Salmo salar*) i Statkraft SF sitt stamfiskanlegg i Bjerka, Nordland. NIVA-Rapport 4583.
- Lydersen, E., Bakke, T.A., Høgberget, R., Håvardstun, J., Hytterød, S., Kristensen, T., Mo, T.A., Pettersen, R.A., Poléo, A.B.S., Rosseland, B.O. & Øxnevad, S. 2004. Al-behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Batnfjordelva. Sluttrapport 2003. NIVA-rapport O-23055, 15 sider.
- Mo, T.A., Norheim K. & Hellesnes I. 2004. overvåknings- og kontrollprogram for *Gyrodactylus salaris* på laks og regnbue-ørret i Norge. *Norsk Vet. Tidsskr.* 3: 157-163.
- NOU. 1999. Til laks å alle kan ingen gjera? Om årsakene til nedgangen i de norske villaksbestandene og forslag til strategier og tiltak for a bedre situasjonen. Norges offentlige utredninger (NOU) 1999:9.
- 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., Østbye, K., Øxnevad, S.A., Andersen, R.A., Heibo, E. & Vøllestad, L.A. 1997. Toxicity of acid aluminium-rich water to seven freshwater fish species: A comparative laboratory study. *Environ. Pollut.* 96: 129-139.
- Poléo, A.B.S., Lydersen, E. & Mo, T.A. 2004a. Aluminium mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*. *Norsk Vet. Tidsskr.* 3: 176-180.
- Poléo, A.B.S., Schjolden, J., Hansen, H., Bakke, T.A., Mo, T.A., Rosseland, B.O. & Lydersen, E. 2004b. The effect of various metals on *Gyrodactylus salaris*

-
- (Platyhelminthes, Monogenea) infections in Atlantic salmon (*Salmo salar*).
Parasitology 128: 1-9.
- Soleng, A. & Bakke, T.A. 1997 Salinity tolerance of *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea): laboratory studies. Can. J. Aquat. Sci. 55: 1837-1845.
- Soleng, A., Bakke, T.A. & Hansen, L.P. 1998 Potential for dispersal of *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) by sea-running stages of the Atlantic salmon (*Salmo salar*): field and laboratory studies. Can. J. Aquat. Sci. 55: 507-514.
- Soleng, A., Poléo, A.B.S., Alstad, N.E.W. & Bakke, T.A. 1999. Aqueous aluminium eliminates *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) infections in Atlantic salmon. Parasitology 119: 19-25.
- Strand, R., Finstad, B., Kroglund, F. & Teien, H-C. 2003. Forsuringsstatus og effekter på smolt i Suldalslågen våren 2001. NINA-oppdragsmelding 780: 17 pp.

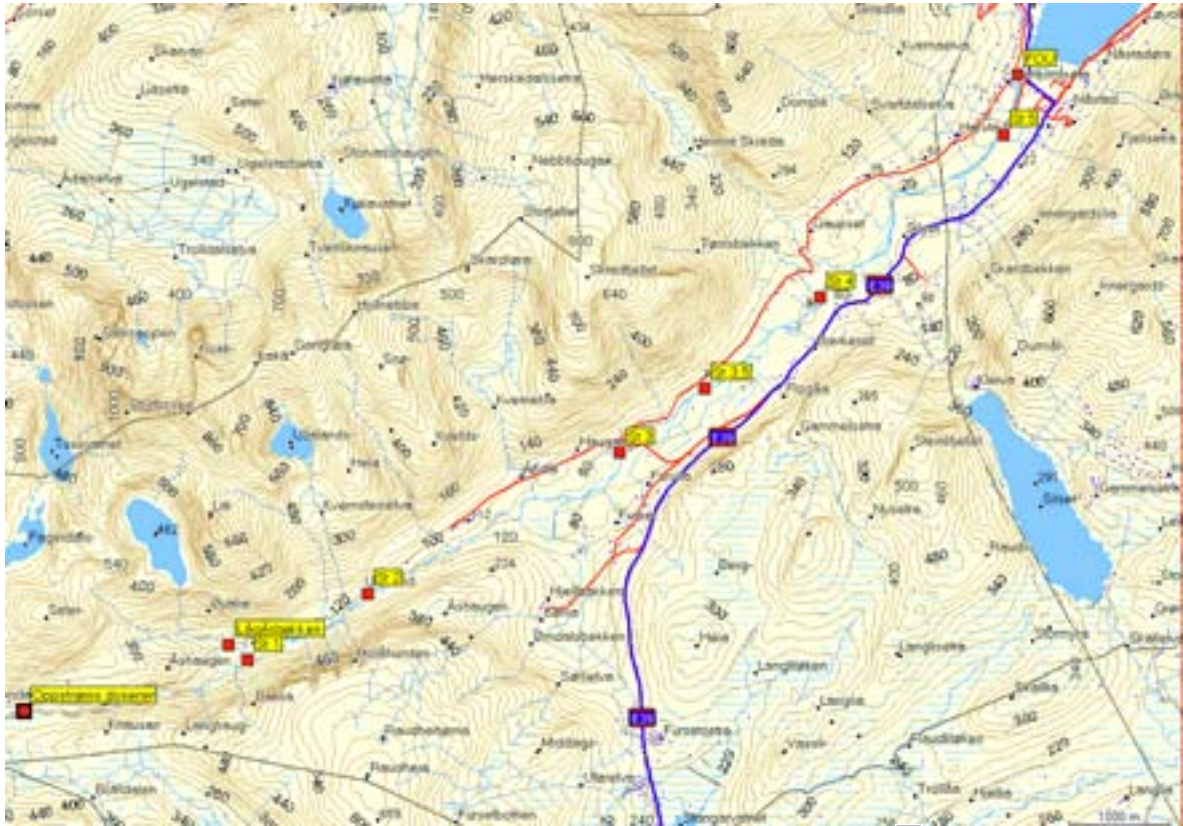
Vedlegg



Kart 1. Elvedoseringsanlegg i hovedelva (◻), mindre doseringsenheter i de største sidebekkene (◻).



Kart 2. Fiskestasjoner i hovedelva ().



Kart 3. Vannprøvestasjoner i hovedelva hvor det daglig ble tatt ut prøver til analyse (■).