

LFI-Unifob

Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske

Rapport nr. 146

Undersøkelser av effekter på bunnfauna etter aluminiums- behandlingen mot *Gyrodactylus salaris* Malmberg i Lærdalselva, 2005 - 2006

Godtfred Anker Halvorsen
Einar Heegaard



LABORATORIUM FOR FERSKVANNSSØKOLOGI OG INNLANDSFISKE LFI-UNIFOB UNIVERSITETET I BERGEN THORMØHLENSGATE 49 5006 BERGEN		TELEFON: 55 582228 TELEFAX: 55 589674
ISSN NR: ISSN-0801-9576	LFI-RAPPORT NR: 146	
TITTEL: Undersøkelser av effekter på bunnfauna etter aluminiums-behandlingen mot <i>Gyrodactylus salaris</i> Malmberg i Lærdalselva, 2005 - 2006		DATO: 22. november 2007
FORFATTERE: Godfred A. Halvorsen ¹ Einar Heegaard ^{2,3} ¹ LFI-Unifob, Universitetet i Bergen ² Bjerknessenteret for Klimaforskning, UNIFOB, UIB ³ EECRG, Biologisk Institutt, UIB Prosjektansvarlig: Godtfred Anker Halvorsen		GEOGRAFISK OMRÅDE: Sogn og Fjordane
OPPDRAKSGIVER: Fylkesmannen i Sogn og Fjordane	ANTALL SIDER: 41	
EMNEORD: Aluminiums-behandling, <i>Gyrodactylus salaris</i> , bunnfauna		SUBJECT ITEMS: Aluminum treatment, <i>Gyrodactylus salaris</i> , macrozoobenthos
FORSIDEFOTO: Lærdalselva ved Eri, Foto: John Anton Gladsø.		

Forord

På oppdrag fra Fylkesmannen i Sogn og Fjordane (FMSF) og Direktoratet for Naturforvaltning (DN) har Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI) ved UNIFOB gjennomført undersøkelser av bunnfaunaen i forbindelse med aluminiums-behandlingen mot parasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva. Feltarbeidet ble utført i 2005 og 2006 før, under og etter hver av de tre behandlingene. Gøsta Hagenlund har vært vår kontakt hos Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, og Steinar Sandøy og Jarle Steinkjer hos DN. John Gladsø og Merete Farstad (FMSF) var med på den første feltrunden, og John Gladsø har også bidratt med forsidefoto, og kart over lokalitetene. Arne Fjellheim og Arne Johannessen (LFI) var med på den første feltrunden før behandlingen startet våren 2005. Arne Johannessen (LFI) har hatt hovedansvaret for sortering og artsbestemmelse av bunndyrmaterialet.

Vi takker alle for godt samarbeid.

Bergen, november 2007

Godtfred A. Halvorsen

Innhold

Sammendrag.....	6
1. Innledning	7
2. Materiale og metoder	7
2.1 Prøvetaking og lokaliteter.....	7
2.2 Statistiske metoder.....	9
3. Resultat.....	10
3.1 Forsuringsindekser.....	10
3.2 PRC analyse av hele behandlingen.....	11
3.3 Dose-respons for labilt aluminium	16
3.4 Vårbehandlingen 2005.....	17
3.5. Høstbehandlingen 2005	20
3.6. Vårbehandlingen 2006.....	23
4. Diskusjon.....	25
5. Referanser	28
6. Vedlegg	30

Sammendrag

Aluminiumsbehandlingene i Lærdalselva i 2005 og 2006 førte til en kraftig bestandsnedgang av den dominerende arten i elva, døgnfluen *Baetis rhodani* (Pictet), umiddelbart etter hver behandling. Denne arten er svært følsom for forsurening, og den viktigste indikatorarten på uforsurete forhold i klartvannselver i Norge. Analysene viste også at døgnfluene *Ephemerella aurivilli* (Bengtsson) og *Heptagenia dalecarlica* Bengtsson, og steinfluen *Diura nanseni* (Kempny) ble redusert etter behandlingene. Den førstnevnte er regnet som svært følsom for forsurening, mens de to andre er regnet som moderat følsomme. Alle disse artene opptrådte imidlertid spredt og relativt fåtallig, slik at det er usikkert hvor stor effekt behandlingene hadde på disse.

B. rhodani hadde rekolonisert alle de behandlede lokalitetene ca. seks måneder etter siste behandling som foregikk om våren 2006, men den relative abundansen var fremdeles signifikant lavere på de behandlede lokalitetene enn på de ubehandlede. Før aluminiumsbehandlingene startet var det ingen forskjell i relativ abundans mellom de to lokalitetstypene. Denne langvarige effekten av behandling med surt aluminium har ikke blitt rapportert i de to andre studiene av metoden i Norge. Den seine rekoloniseringen av *B. rhodani* kan skyldes at Lærdalselva er regulert, og dermed ikke så utsatt for så sterke flommer som et uregulert vassdrag er.

Effekten på bunnfaunaen ser også ut til å være sterkere etter aluminiumsbehandlingene i 2005 – 2006, enn etter de to behandlingene med rotenon i Lærdalselva i 1997. Dette kan skyldes at hovedbehandlingen med rotenon forgikk mens store deler av bunndyrene hadde klekket og var ute av elva. Alle behandlingene med aluminium foregikk på tidspunkt da det var lite eller ingen klekking i elva. Vårbehandlingen med rotenon i 1997 indikerer imidlertid at 14 dagers aluminiums-behandling er en kraftigere belastning på bunndyrsamfunnet enn en behandling med rotenon.

1. Innledning

LFI fikk i 2005 i oppdrag fra Fylkesmannen i Sogn og Fjordane og Direktoratet for naturforvaltning å undersøke effektene på bunnfaunaen av aluminiumsbehandling mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* Malmberg i Lærdalselva. Bakgrunnen for behandlingen mot parasitten og beskrivelse av metoden finnes i Pettersen et. al. (2007), mens Gladsø & Raddum (2000) og Gladsø (2000) gir bakgrunnsdata om infeksjonen av Lærdalselva og den foregående rotenonbehandlingen i 1997.

I Norge har metoden med aluminiumsbehandling først blitt brukt i Batnfjordselva (Lydersen et. al., 2004), og etter behandlingen av Lærdalselva har den blitt brukt i elvene Ognå og Figga i Steinkjer. Effektene av aluminiumsbehandlingen på bunndyrene i Batnfjordselva ble rapportert av Bongard (2005), mens effektene av den første behandlingen i Steinkjerselvene ble rapportert av Kjærstad og Arnekleiv (2007). Foreløpige resultater fra vårbehandlingen av Lærdalselva i 2005 ble rapportert av Halvorsen (2005).

Denne rapporten presenterer de endelige resultatene fra behandlingene i Lærdalselva i 2005 og 2006.

2. Materiale og metoder

2.1 Prøvetaking og lokaliteter

Den kjemiske behandlingen av Lærdalsvassdraget er beskrevet i Pettersen et al. (2006, 2007), mens vassdraget med flere av lokalitetene er beskrevet i Gladsø & Raddum (2000) og i Gladsø (2000).

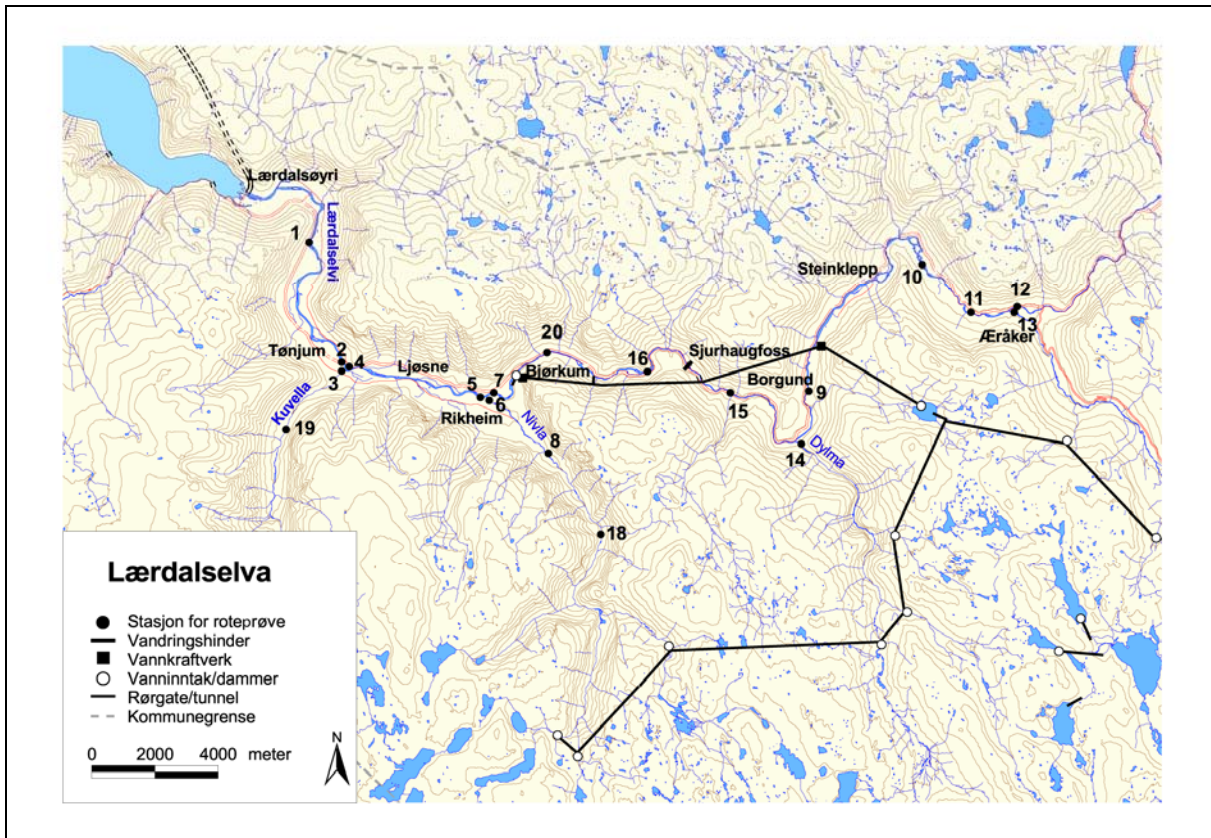
Bunndyrmaterialet består av kvalitative prøver (sparkeprøver, Frost et al.(1971)). En prøve ble samlet inn på flere steder på lokaliteten for å dekke alle mulige habitater, og så slått sammen til en stor samleprøve. Prøvene ble samlet inn med hov med 250 µm maskevidde, og konserverte på alkohol. Hver prøve ble sortert på laboratoriet i en time, for så å bli artsbestemt.

I forbindelse med vårbehandlingen i 2005 ble det også tatt kvantitative Surber-prøver oppstrøms (litt nedenfor St. 15), og nedstrøms (ovenfor St. 16) det øverste behandlingsspunktet i Lærdalselva ved Sjurhaugfoss. Det ble også tatt Surber-prøver oppstrøms (St. 19) og nedstrøms (St. 3) behandling i Kuvella. Prøvene ble tatt på samme tidspunkt som de kvalitative prøvene. Drivprøver ble samlet inn oppstrøms og nedstrøms Sjurhaugfoss i ett døgn før og ett døgn etter at behandlingen startet våren 2005. Det har ikke blitt bevilget midler til analyse av disse prøvene, og de ble ikke gjort under de 2 andre behandlingene. Prøvene er lagret hos LFI-Unifob.

Siden vi fikk svært kort tid til forberedelse før vårbehandlingen i 2005 benyttet vi det samme kvalitative stasjonsnett som ble brukt under rotenonbehandlingen i 1997 (Gladsø & Raddum, 2000). Disse lokalitetene er stasjon 1 – 15 i Figur 2.1.

Stasjonsnett ble utvidet og forandret endel i løpet av undersøkelsen for å få dekket større deler av elva. Stasjon 16 ble inkludert fra og med 2 innsamling (under de 2 siste dagene med behandling) på våren 2005 for å få med den øvre delen av den behandlede sonen. Før høstbehandlingen ble antallet lokaliteter utvidet til totalt 18 stasjoner, 9 i den behandlede delen av vassdraget og 9 i den ubehandlede. Stasjon 8 i den behandlede delen av Nivla ble kuttet ut,

og det ble lagt til en ny lokalitet oppstrøms behandlingen i Nivla (St. 18), en i Kuvella (St. 19), og en lokalitet ved Bjørkum i den behandlede delen av hovedelva (St. 20). (Stasjon 17 har aldri eksistert. At den ikke finnes skyldes en glipp i nummereringen). Alle lokalitetene er vist i Figur 2.1.



Figur 2.1 Lokalteter for sparkeprøver i Lærdalselva under aluminiums-behandlingen i 2005-2006.

Det ble tatt prøver før hver behandling startet, i slutten av hver behandling, og etter avsluttet behandling. Etter vårbehandlingen i 2005 ble de sistnevnte prøvene tatt 2 uker etter avsluttet behandling, høsten 2005 ble de tatt ca. en måned etter avsluttet behandling, mens etter-prøvene i 2006 ble tatt ca. et halvt år etter avsluttet behandling. Dette ble gjort for å få data om hvor fort en eventuell rekolonisering av de behandlede lokalitetene ville ta. Prøvedatoene og hvilke lokaliteter som ble undersøkt er vist i **Tabell 1**.

Før og under vårbehandlingen i 2006 var lokalitetene St. 9 ved Borgund Stavkirke og St. 14 i side-elva Dylma frosset, slik at det var ikke mulig å ta prøver.

Tabell 1. Undersøkte bunndyrlokaliteter i forbindelse med aluminiumsbehandlingen i Lærdal, 2005-2006.

	Lokalitet	UTM x	UTM y	Vårbehandlingen 2005			Høstbehandlingen 2005			Vårbehandlingen 2006		
				Før 30. mars	Under 14-15. april	Etter 28-29. april	Før 21. sept.	Under 18-19. okt.	Etter 22-23. nov.	Før 21-22. mars	Under 4-5. april	Etter 17-18. okt.
Behandlede lokaliteter	St. 1	4199	67736	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St. 2	4209	67696	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St. 3	4209	67694	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St. 4	4221	67695	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St. 5	4254	67685	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St. 6	4256	67684	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St. 7	4259	67686	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St. 8	4275	67667	x	x	x						
	St. 16	4309	67694		x	x	x	x	x	x	x	x
St. 20	4283	67698				x	x	x	x	x	x	
Ubehandlede lokaliteter	St. 9	4360	67688	x	x	x	x	x	x			x
	St. 10	4397	67794	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St. 11	4412	67713	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St. 12	4428	67714	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St. 13	4428	67712	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St. 14	4357	67670	x	x	x	x	x	x			x
	St. 15	4334	67687	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	St. 18	4293	67644				x	x	x	x	x	x
St. 19	4191	67674				x	x	x	x	x	x	

2.2 Statistiske metoder

En 'Principal Response Curve' analyse (PRC) ble brukt på det totale materialet for å finne ut om bunndyrene hadde reagert på behandlingen. Metoden er en multivariat metode som bygger på 'Partial Redundancy Analysis' (partiell RDA), og har blitt utviklet for økotoksikologiske studier for å teste og synliggjøre effekter av forskjellige former for behandling over tid. Metoden er beskrevet i Van den Brink & Ter Braak (1997, 1998, 1999). I korthet, endringer i behandlede lokaliteter blir sammenlignet med endringer i kontroll-lokaliteter. Variasjon som f. eks. kan skyldes klekking, blir eliminert ved at analysen justerer for variasjon i kontroll-lokalitetene. Dermed fokuserer metoden på tids-avhengige effekter av en behandling. Dette blir illustrert ved at 'the principal component' blir plottet mot tid i et PRC diagram. Variasjonen i kontroll-lokalitetene blir "nullet ut" slik at utviklingen i disse blir liggende i $Y = 0$ (x-aksen). Avstanden fra x-aksen til de behandlede lokalitetene gir derfor et bilde av effektene av behandlingen. Utviklingen i de behandlede lokalitetene blir testet med en 'permutasjons-test' med 'split-plot' design, der hvert tidspunkt eller innsamling er et 'whole plot', og hver lokalitet er et 'split plot'. De forskjellige lokalitetene blir 'permutert' eller stokket innenfor hvert tidspunkt for å teste om utviklingen i de behandlede lokalitetene er forskjellig fra utviklingen i kontroll-lokalitetene. 'Species scores' fra den partielle RDA analysen gir informasjon om hvilke arter som gir vekt i analysen, dvs. hvilke arter som øker eller minsker som følge av behandlingen. Analysen har blitt utført med programmet Canoco 4.1, og fremgangsmåten er beskrevet i ter Braak & Smilauer (2002).

Artsdataene i analysen er gitt som relativ abundans (5). Små individer som ikke kan bestemmes til art er enten tatt ut av datamatriksen (f. eks. *Baetis* sp. og *Amphinemura* sp.) for å unngå at eventuelle forskjeller i responsen til disse artene ikke skal forsvinne i analysen, eller de har blitt slått sammen til et mer inklusivt taxon (f. eks. *Halesus* sp. for *Halesus radiatus* og små individer bestemt til *Halesus* sp.).

PRC analyse i CANOCO krever et balansert design, dvs. med like mange lokaliteter i hver av klassene 'behandlet' og 'kontroll'. På grunn av endringene i antall lokaliteter og problemene med is på to av kontroll-lokalitetene, ble analysen derfor utført med 5 lokaliteter i hver gruppe (St. 1, 3, 4, 6 og 7 i den behandlede delen av elva, og St. 10, 11, 12, 13, og 15 i den ubehandlede delen).

PRC analysen ble utført med følgende opsjoner for programvaren CANOCO:

Artsdataene har blitt kvadratrot-transformert; analysen er en partiell RDA med tidspunkt som 'co-variabel', og interaksjonen mellom behandling*tid som 'environmental variable'; 'focus scaling on inter-species correlations'; 'divide species scores by standard deviation'; 'samples not centered or standardized'; 'species centered by species'; den første, og alle ordinasjonsaksene sammen, er testet med en Monte-Carlo permutasjonstest med 999 permutasjoner under 'reduced model' i et 'split-plot design' med 9 'split-plots' i hvert 'whole-plot', 'whole-plot level freely exchangeable', ingen permutasjon i 'split-plot level' og 'split plots independent across whole-plots'.

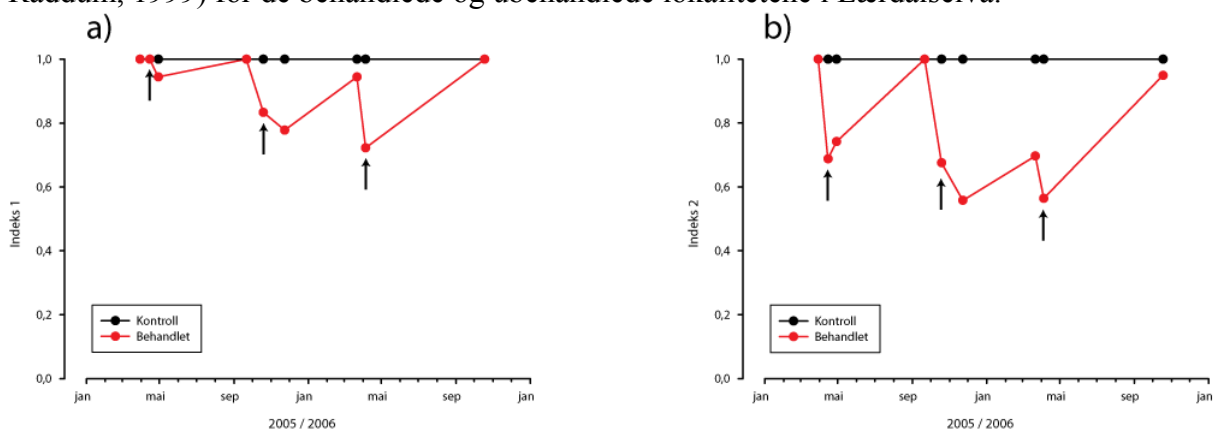
Forskjellen mellom den relative abundansen av et utvalg av artene i den behandlede og ubehandlede delen av elva er blitt testet med en Mann-Whitney U test på hvert tidspunkt.

3. Resultat

Artene som ble registrert i Lærdalselva med sideelver i 2005 og 2006 er vist i **Vedlegg 1 – 9**.

3.1 Forsuringsindekser

Figur 3.1 viser gjennomsnittet av forsuringsindeks 1 og 2 (Fjellheim & Raddum, 1990, Raddum, 1999) for de behandlede og ubehandlede lokalitetene i Lærdalselva.



Figur 3.1. a) Forsuringsindeks 1 og b) Forsuringsindeks 2 i Lærdalselva før, under og etter aluminiumsbehandlingene i 2005 / 2006. Pilene viser innsamlingene etter 14 dager med aluminiumsbehandling.

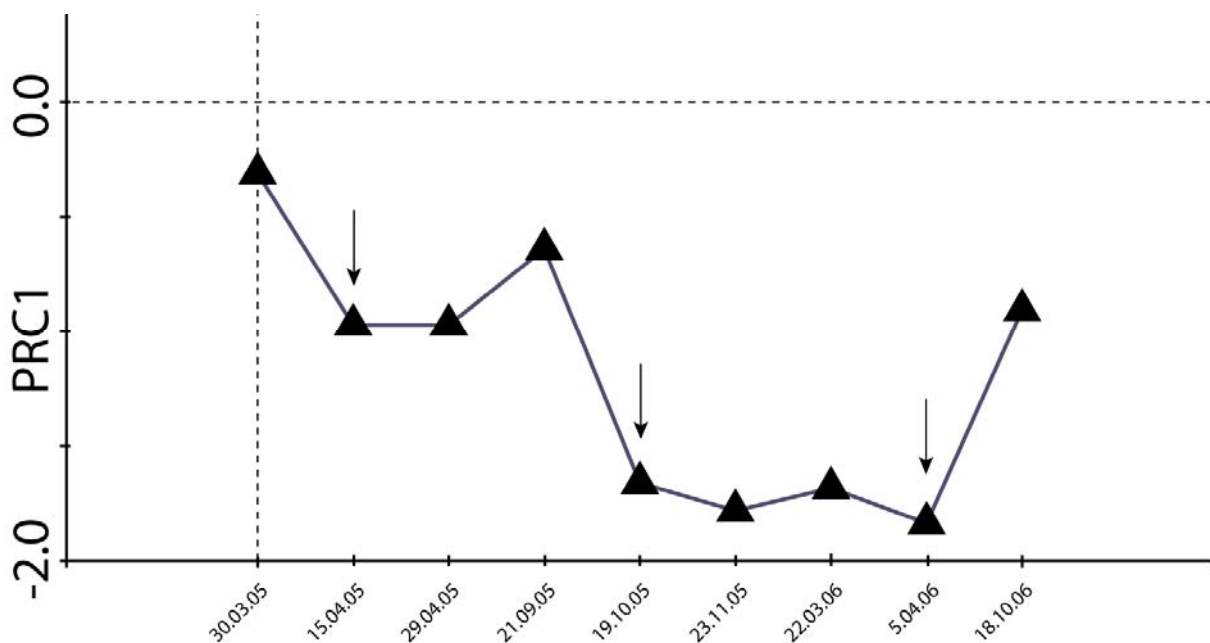
Indeks 1 viser ingen respons i prøvene på de behandlede lokalitetene etter 14 dager med behandling om våren 2005, mens prøvene 2 uker etter behandling viser en liten reduksjon. Indeks 2 viser imidlertid en klar reduksjon under vårbehandlingen, og 14 dager etter behandling. I prøvene fra før høstbehandlingen 2005 har begge indeksene verdien 1. Prøvene under høstbehandlingen viser en klar reduksjon i indeksverdier, og ingen av indeksene når verdien 1 i løpet av vinteren 2005/2006. Under vårbehandlingen 2006 faller begge indeksene igjen. Indeks 1 når verdien 1 i prøvene fra oktober 2006, ett halvt år etter avsluttet behandling, mens indeks 2 har fremdeles ikke nådd utgangspunktet og indeksverdiene på kontroll-lokalitetene.

3.2 PRC analyse av hele behandlingen

Analysen er basert på fem lokaliteter i den behandlede (St. 1, 2, 3, 4, 6 og 7) og fem i den ubehandlede (St. 10, 11, 12, 13, og 15) delen av Lærdalselva for hvert tidspunkt. Stasjon 3 og 6 i den behandlede delen er lokaliteter nederst i sideelvene Nivla og Kuvella, de andre lokalitetene ligger i hovedelva. Stasjon 12 og 13 i den ubehandlede delen er henholdsvis Smedøla og Mørkedøla, de andre ligger i hovedelva.

Monte-Carlo permutasjonstesten viser at utviklingen i den behandlede delen av elva er signifikant forskjellig fra utviklingen i den ubehandlede delen av elva. Både den første ordinasjonsaksen ($\lambda_1 = 0,352$, $p = 0,003$) og alle ordinasjonsaksene sammen (Trace = 0,403, $p = 0,003$) viser et signifikant resultat.

Resultatet av PRC analysen er vist i Figur 3.2. Figuren viser at det er en viss forskjell i bunndyrsamfunnet på lokalitetene i den behandlede og den ubehandlede delen av elva før behandlingen startet våren 2005.

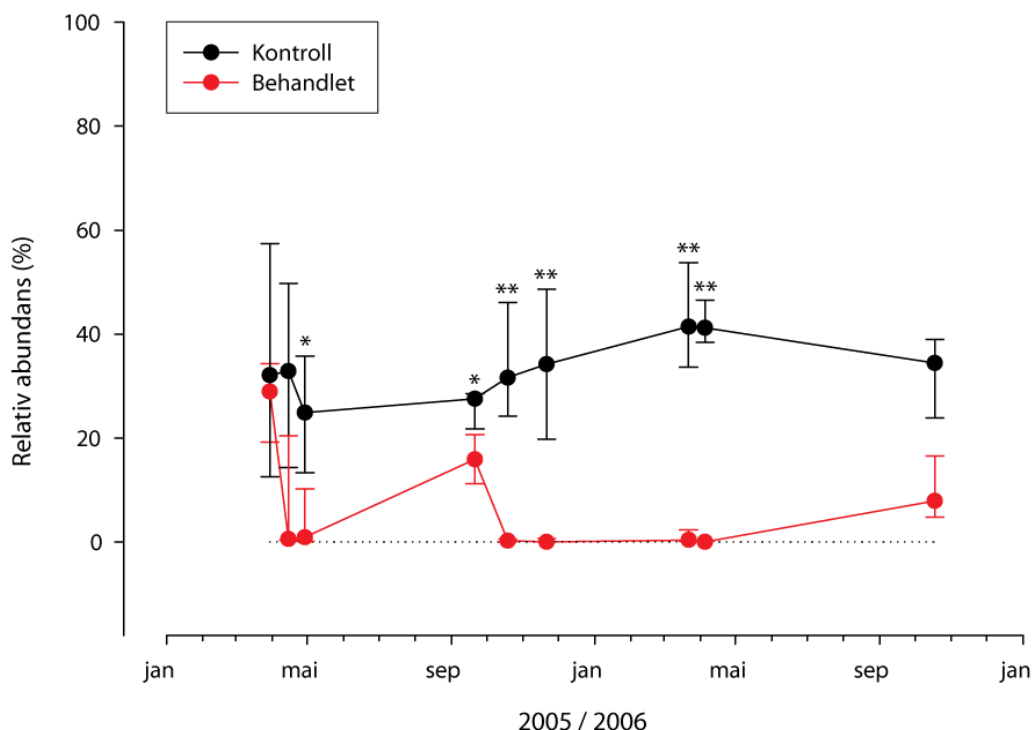


Figur 3.2. PRC diagram over utviklingen i bunndyrsamfunnet i den behandlede delen av Lærdalselva for hvert tidspunkt. Y-aksen angir 'principal component' langs den første ordinasjonsaksen. Pilene viser innsamlingene etter 14 dager med aluminiumsbehandling. Kontroll-lokalitetene ligger i den stiplede x-aksen gjennom origo.

Etter første periode med aluminiumsbehandling har forskjellene mellom de behandlede lokalitetene og kontroll-lokalitetene økt. Samfunnet forandrer seg ikke 14 dager etter avsluttet vårbehandling. Prøvene ca. et halvt år etter vårbehandlingen viser at samfunnet har restituert seg noe, men ikke tilbake til utgangspunktet. Forskjellene i samfunnet øker etter høstbehandlingen, og den øker også ca. 1 måned etter avsluttet høstbehandling. En liten endring tilbake kan spores i prøvene tatt ca. fem måneder etter avsluttet høstbehandling, mens forskjellene øker igjen etter vårbehandlingen i 2006. Som figuren viser har forskjellene blitt mindre ett halvt år etter at behandlingen av Lærdalselva ble avsluttet, men avstanden til utgangspunktet er fremdeles stor, og større enn den var etter første behandling.

Vedlegg 10 gir 'species scores' for alle artene. Dette viser hvilke arter som har størst innflytelse i ordinasjonsanalysen, og om de øker eller minker på de behandlede lokalitetene i forhold til de ubehandlede lokalitetene. Arter med tallverdi mindre enn 0.5 ansees å ha liten innflytelse på ordinasjonen. Analysen viser at abundansen av døgnfluen *Baetis rhodani* minker kraftigst (species score = -0,8510). Deretter følger steinfluen *Diura nanseni* (species score = -0,6270), og døgnfluene *Ephemerella aurivilli* (species score = -0,5360) og *Heptagenia dalecarlica* (species score = -0,5320). Arter / taxa som øker er, etter stigende innflytelse i analysen, steinfluen *Brachyptera risi*, knottlarver (Simulidae indet.), vårfluen *Rhyacophila nubila* og fåbørstemark (*Oligochaeta* indet.).

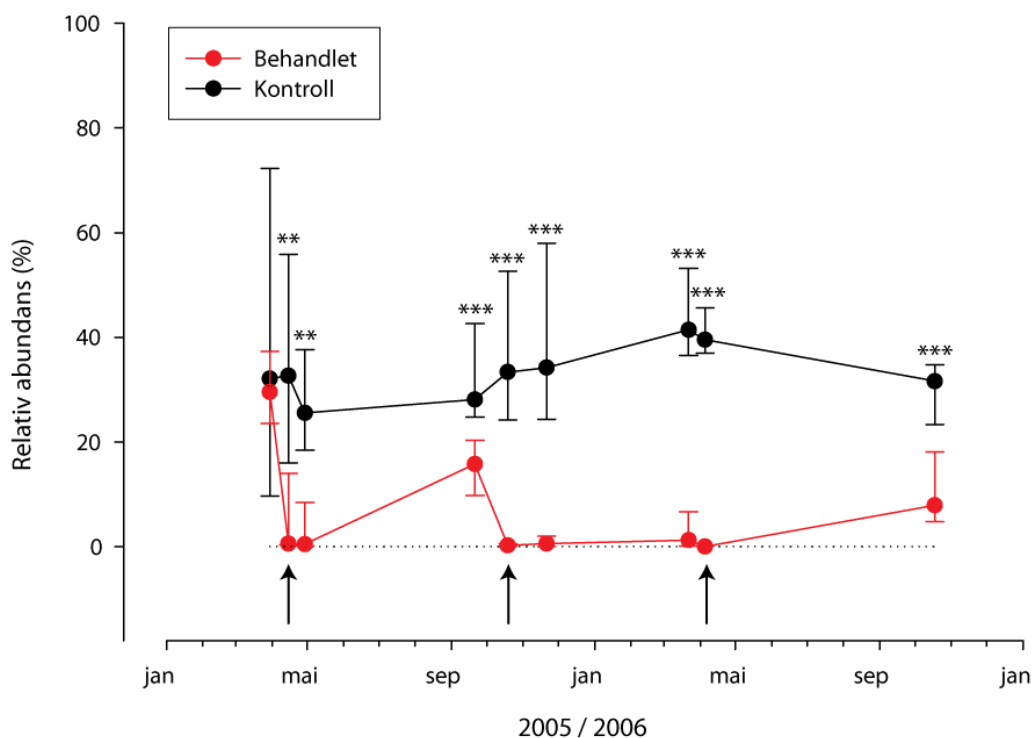
Materialet i analysen er basert på 1 times sortering av hver prøve og relative abundanser. Dette gjør at når noen arter minker, må nødvendigvis andre arter øke i abundans. I den videre analysen ser vi derfor bort fra den delen faunaen som øker som følge av behandlingen. Skulle vi ha påvist en reell økning av noen arter / taxa som følge av aluminiumsbehandlingen, måtte vi ha hatt kvantitative data.



Figur 3.3 Utviklingen i relativ abundans hos *Baetis rhodani* under hele perioden basert på data fra de samme lokalitetene som i PRC analysen. Abundansen er vist som medianverdi med 25% og 75% percentiler. Pilene viser innsamlinger etter 14 dagers aluminiums-behandling. * = $p \leq 0,05$ ** $p \leq 0,01$ (Mann-Whitney U test).

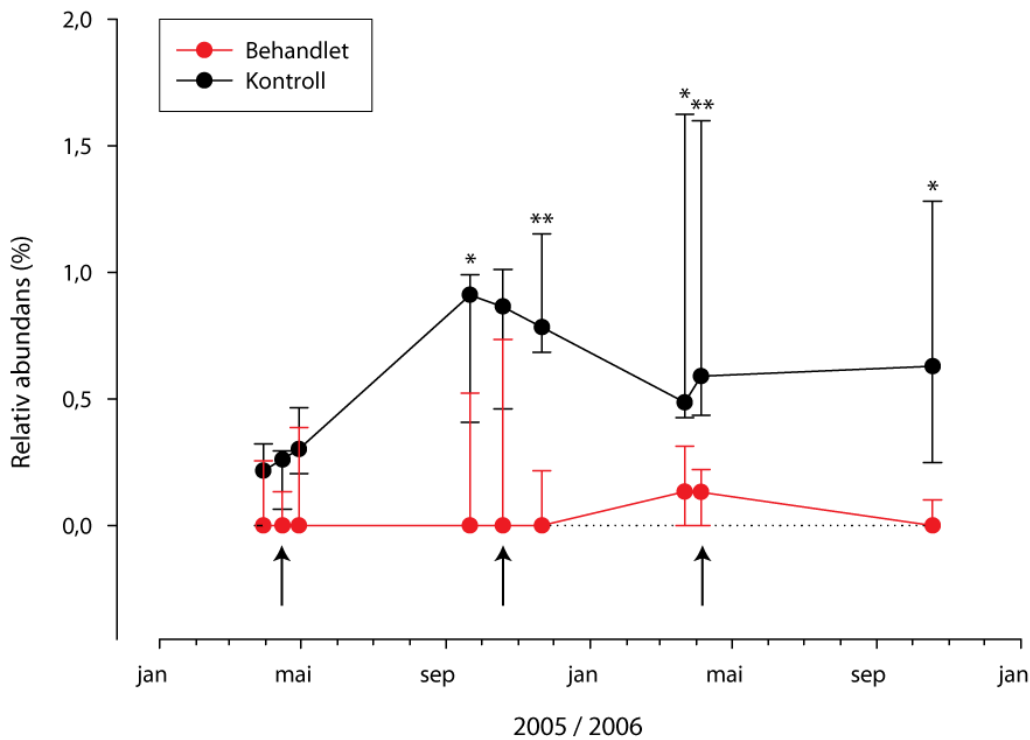
Figur 3.3 viser utviklingen i relativ abundans av *Baetis rhodani* i løpet av hele behandlingsperioden på de 10 lokalitetene som var med i PRC-analysen. Det var ingen signifikant forskjell i abundans mellom de behandlede og de ubehandlede lokalitetene før behandlingene startet. Det var heller ingen signifikant forskjell i abundans etter 14 dager med aluminiums-behandling om våren 2005, mens det på alle andre innsamlings-tidspunkt var signifikant lavere abundans av *B. rhodani* på de behandlede lokalitetene (Mann-Whitney U test).

Tar vi med alle lokalitetene i elva, og ikke bare de som ble inkludert i PRC analysen, varierte den relative abundansen av *B. rhodani* fra 15,65 % til 57,7 % i den delen av elva som skulle behandles, mens abundansen på kontroll-lokalitetene varierte mellom 8,76 % og 80,19 %. Med flere lokaliteter i analysen er abundansen av *B. rhodani* signifikant lavere i den behandlede delen av elva på alle prøvetidspunktene (Figur 3.4).

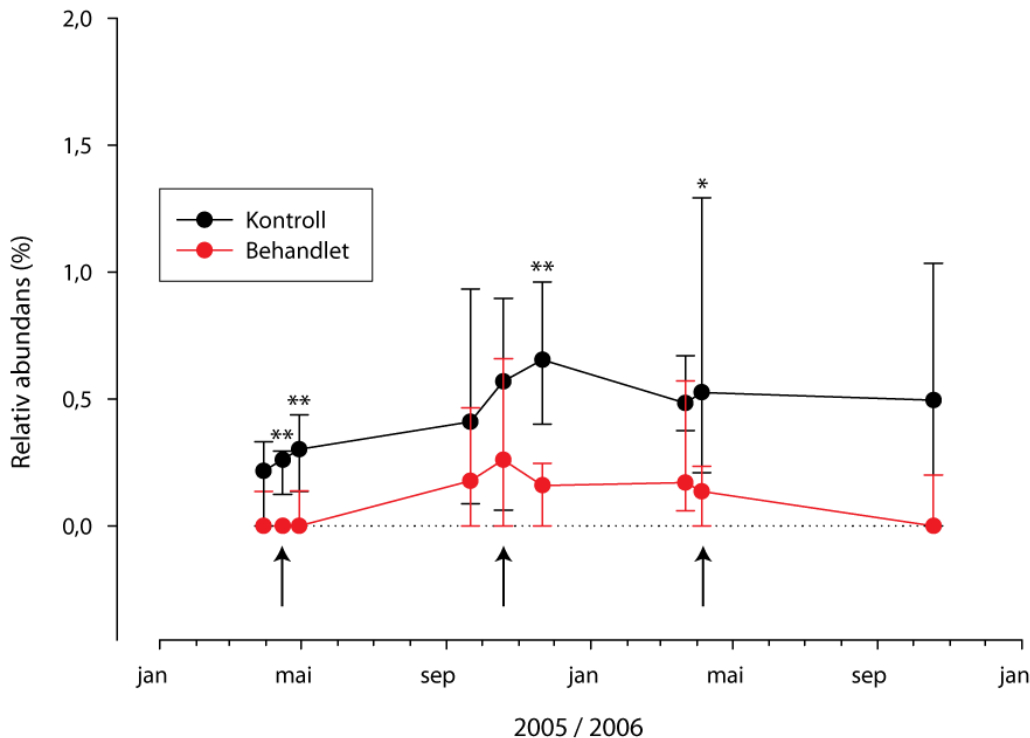


Figur 3.4 Utviklingen i relativ abundans hos *Baetis rhodani* under hele perioden basert på data fra alle lokalitetene. Abundansen er vist som medianverdi med 25% og 75% percentiler. Pilene viser innsamlinger etter 14 dagers aluminiums-behandling. ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$ (Mann-Whitney U test).

Utviklingen i abundansdataene for *Diura nanseni* under i løpet av behandlingene er vist i Figur 3.5 og Figur 3.6. Arten er fåtallig. Før vårbehandlingen i 2005 varierte abundansen fra 0 % til 0,38 % i de 10 lokalitetene inkludert i PRC analysen. Tar vi med alle 15 lokalitetene i førprøvene var variasjonen i abundans den samme på dette tidspunktet. Den høyeste abundansverdien som ble målt for *D. nanseni* i løpet av hele undersøkelsen var 2,75 %. Denne verdien ble registrert på St. 10 (kontroll-lokalitet) den 21.03.06, før den siste vårbehandlingen startet. Det var signifikant lavere abundans (fig. 3.5) på de behandlede lokalitetene før høstbehandlingen i 2005, en måned etter høstbehandlingen i 2005, og på alle de tre etterfølgende tidspunktene i 2006 når de 10 lokalitetene inkludert i PRC-analysen ble tatt med. Når alle lokalitetene ble tatt med fikk vi en signifikant lavere abundans på de behandlede lokalitetene under og 2 uker etter vårbehandlingen i 2005, en måned etter høstbehandlingen i 2005, og under vårbehandlingen i 2006.

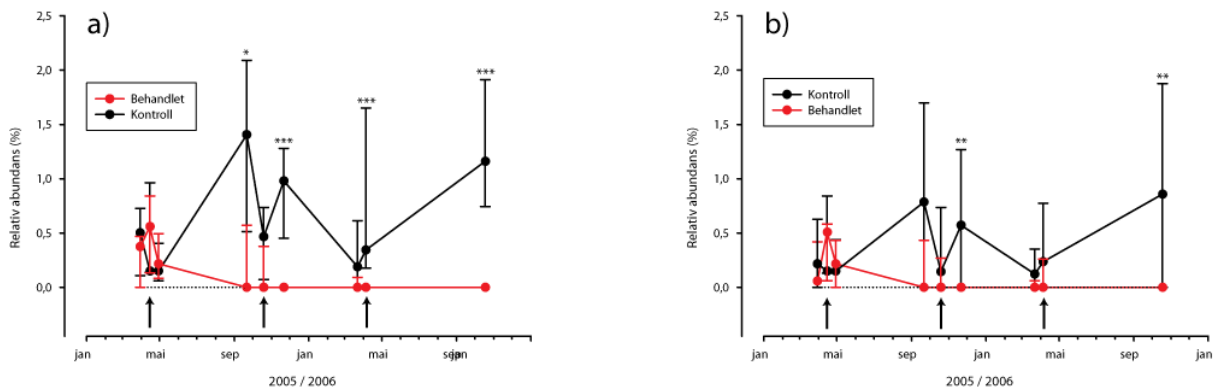


Figur 3.5 Utviklingen i relativ abundans hos *Diura nanseni* under hele perioden basert på data fra de samme lokalitetene som i PRC analysen. Abundansen er vist som medianverdi med 25% og 75% percentiler. Pilene viser innsamlinger etter 14 dagers aluminiums-behandling. * $p \leq 0,05$ ** $p \leq 0,01$ (Mann-Whitney U test).



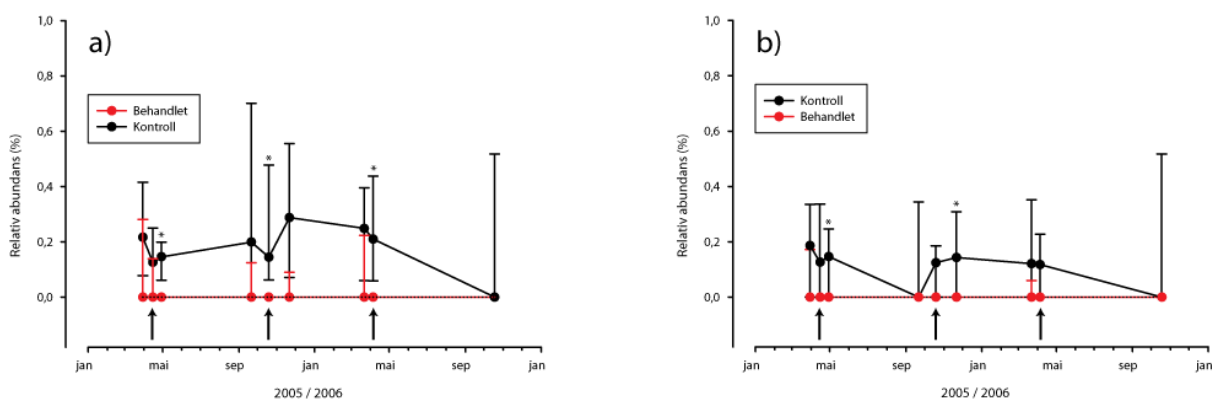
Figur 3.6 Utviklingen i relativ abundans hos *Diura nanseni* under hele perioden basert på data fra alle lokalitetene. Abundansen er vist som medianverdi med 25% og 75% percentiler. Pilene viser innsamlinger etter 14 dagers aluminiums-behandling. ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$ (Mann-Whitney U test).

De samme dataene er vist for *Ephemerella aurivilli* (fig. 3.7) og *Heptagenia dalecarlica* (fig. 3.8). Artsverdiene fra PRC analysen ('Species scores'- vedlegg 10) indikerer her en nedgang i abundans i forhold til kontroll-lokalitetene, men tallverdien er tett på 0,5, dvs. den grensen som er satt for arter som har ingen eller ubetydelig effekt på ordinasjonen. Det var ingen signifikant forskjell i abundans-verdiene for *E. aurivilli* før, under og etter vårbehandlingen i 2005, når dataene fra PRC analysen ble brukt, mens det var signifikante forskjeller før behandlingen og 1 måned etter behandlingen om høsten 2005, og under vårbehandlingen og ett halvt år etter vårbehandlingen i 2006. Disse resultatene blir svekket når data fra alle lokalitetene tas med. Da viser analysen signifikante forskjeller i abundans en måned etter høstbehandlingen i 2005, og ett halvt år etter at behandlingen var fullført i 2006.



Figur 3.7. Utviklingen i relativ abundans hos *Ephemerella aurivilli*. a) Data fra de samme lokalitetene som i PRC analysen. b) Data fra alle lokalitetene. Abundansen er vist som medianverdi med 25% og 75% percentiler. Pilene viser innsamlinger etter 14 dagers aluminiums-behandling. ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$ (Mann-Whitney U test).

Figur 3.8a viser at det var signifikant forskjell i abundansverdiene av *H. dalecarlica* mellom de behandlede lokalitetene og kontroll-lokalitetene 2 uker etter behandlingen om våren 2005, og under høstbehandlingen i 2005, og under vårbehandlingen i 2006. Dette er basert på verdiene fra de lokalitetene som gikk inn i PRC analysen. Tas alle lokalitetene med viser analysen signifikante forskjeller 2 uker etter vårbehandlingen i 2005, og en måned etter høstbehandlingen i 2005.



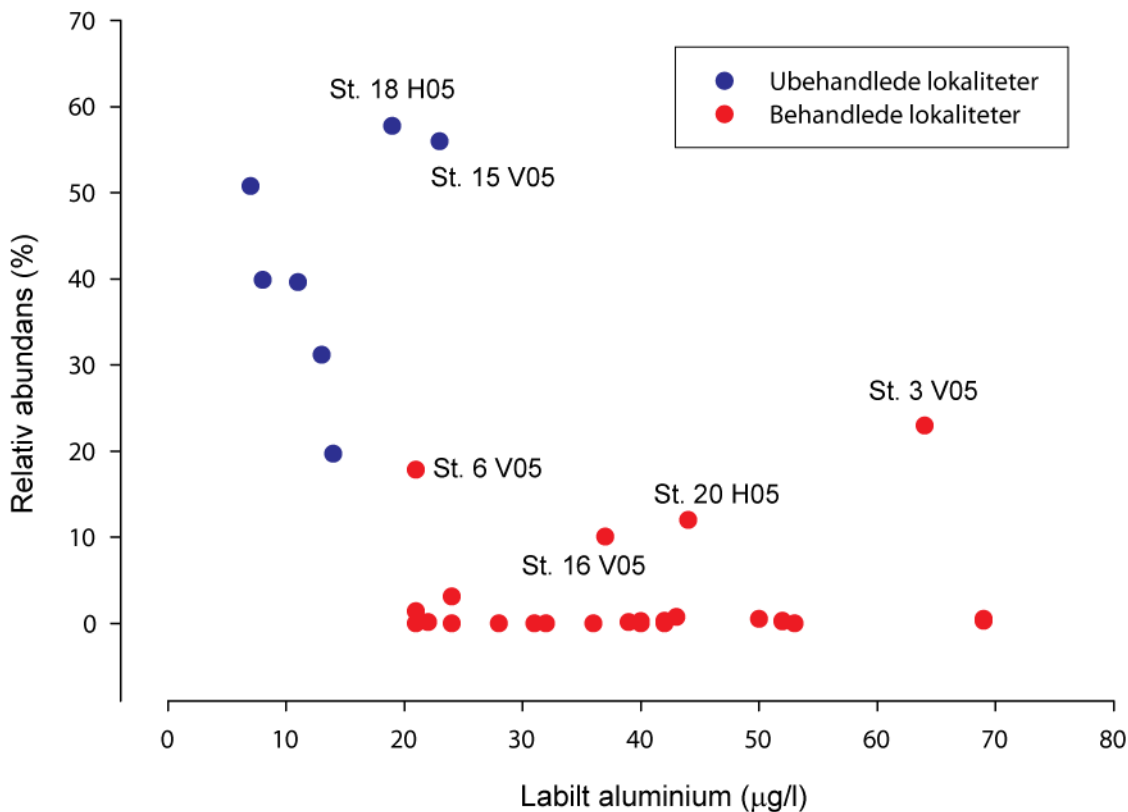
Figur 3.8. Utviklingen i relativ abundans hos *Heptagenia dalecarlica*. a) Data fra de samme lokalitetene som i PRC analysen. b) Data fra alle lokalitetene. Abundansen er vist som medianverdi med 25% og 75% percentiler. Pilene viser innsamlinger etter 14 dagers aluminiums-behandling. ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$ (Mann-Whitney U test).

3.3 Dose-respons for labilt aluminium

Tabell 2 viser vannkjemistasjonene med data for pH og labilt aluminium under behandlingene. I tabellen er også vist de bunndyrstasjonene som korresponderer med vannkjemistasjonene. Vi har ikke målinger fra før behandlingen startet våren 2005. Av kontroll-lokalitetene i Lærdalselva er bare den som kan knyttes til en vannkjemistasjon tatt med. Den relative abundansen av *B. rhodani* er plottet mot labilt aluminium i figur 3.9 (3.21.)

Tabell 2. Oversikt over vannkjemistasjoner i Lærdalsvassdraget med medianverdier for pH og labilt aluminium og bunndyrstasjoner under de tre behandlingsperiodene i 2005-2006. * viser ubehandlede lokaliteter. Antall målinger medianverdiene er basert på (n) er gitt i parentes. Vannkjemidataene er tatt fra Pettersen *et. al* (2007).

Vannkjemistasjon	Behandling	Bunndyrlokalitet	pH	Al _i (µg/l)
Sjurhaug oppstrøms*	Vår 2005	St. 15*	7,03 (13)	23 (6)
Sjurhaug oppstrøms*	Høst 2005	St. 15*	6,80 (12)	7 (5)
Sjurhaug oppstrøms*	Vår 2006	St. 15*	6,99 (12)	8 (8)
Nivla oppstrøms*	Høst 2005	St. 18*	6,96 (12)	19 (7)
Nivla oppstrøms*	Vår 2006	St. 18*	6,95 (11)	11 (9)
Kuvella oppstrøms*	Høst 2005	St. 19*	6,95 (11)	24 (8)
Kuvella oppstrøms*	Vår 2006	St. 19*	7,23 (12)	13 (9)
Galdane	Vår 2005	St. 16	6,26 (19)	37 (8)
Galdane	Høst 2005	St. 16	6,02 (15)	42 (7)
Galdane	Vår 2006	St. 16	6,04 (15)	28 (10)
Bjørkum	Høst 2005	St. 20	5,90 (14)	44 (8)
Bjørkum	Vår 2006	St. 20	5,98 (12)	24 (9)
Fluen	Vår 2005	St. 7	6,12 (14)	42 (7)
Fluen	Høst 2005	St. 7	6,04 (13)	43 (8)
Fluen	Vår 2006	St. 7	6,03 (14)	22 (10)
Homepool	Vår 2005	St. 4 + St. 5	5,90 (15)	69 (7)
Homepool	Høst 2005	St. 4 + St. 5	5,95 (12)	52 (8)
Homepool	Vår 2006	St. 4 + St. 5	6,00 (12)	31 (10)
Voll Bru	Vår 2005	St. 2	6,16 (12)	58 (4)
Voll Bru	Høst 2005	St. 2	6,16 (12)	36 (7)
Voll Bru	Vår 2006	St. 2	6,21 (12)	28 (10)
Eri	Vår 2005	St. 1	6,08 (10)	50 (4)
Eri	Høst 2005	St. 1	6,23 (13)	40 (7)
Eri	Vår 2006	St. 1	6,14 (12)	32 (10)
Nivla fisk	Vår 2005	St. 6 + St. 8	6,59 (13)	21 (4)
Nivla fisk	Høst 2005	St. 6	6,32 (17)	40 (9)
Nivla fisk	Vår 2006	St. 6	6,44 (12)	21 (9)
Kuvella fisk	Vår 2005	St. 3	6,34 (13)	64 (3)
Kuvella fisk	Høst 2005	St. 3	6,14 (15)	24 (8)
Kuvella fisk	Vår 2006	St. 3	6,35 (12)	53 (12)

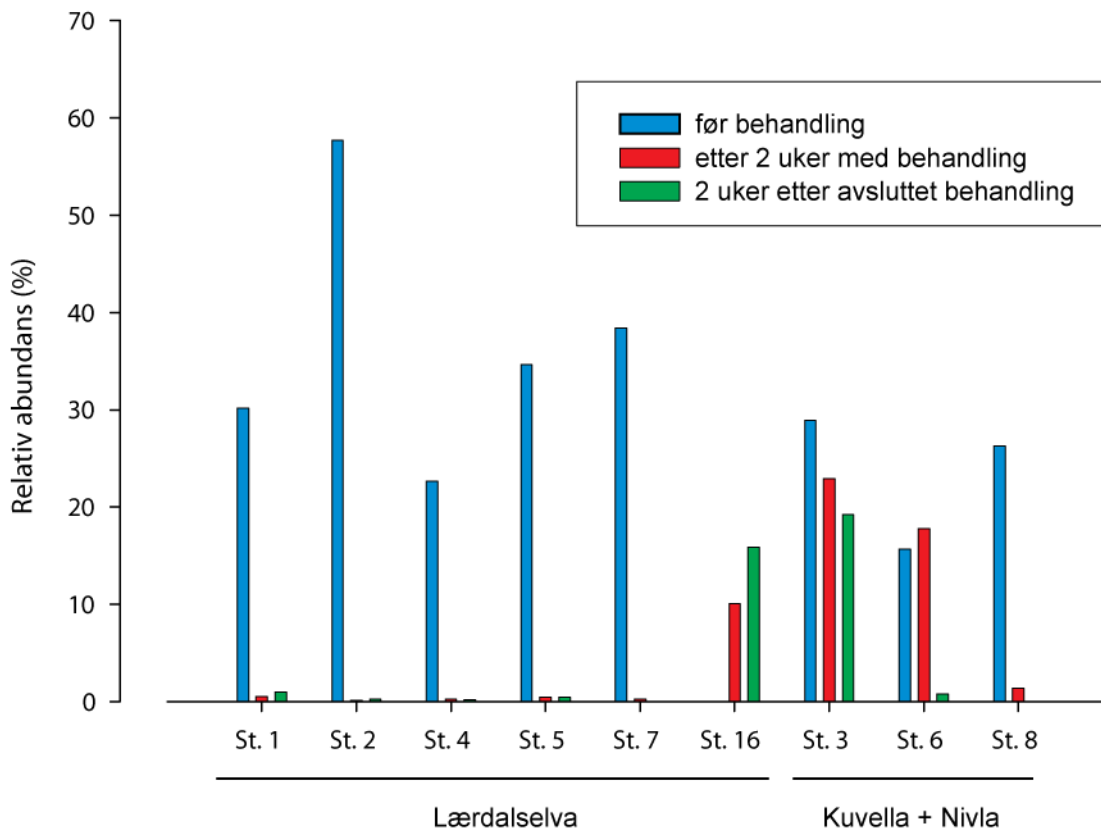


Figur 3.9. Relativ abundans av *Baetis rhodani* fra hver av de tre 14 - dagers behandlingsperiodene plottet mot medianverdien av labilt aluminium (Ali).

Figuren viser at den relative abundansen av *B. rhodani* begynner å reduseres ved en dose på litt over 20 µg/l over en periode på 14 dager, men resultatet er ikke entydig. De avvikende resultatene er angitt med lokalitet og behandlingstidspunkt i figuren. Tre av disse avvikende resultatene er fra vårbehandlingen i 2005. Det ene er fra den nederste lokaliteten i Nivla (St. 6), det andre fra øverste behandlede lokaliteten i Lærdalselva (St. 16), mens det med størst avvik er fra St. 3 i den behandlede delen av Kuvella. Den relative abundansen av *B. rhodani* var 28,9 % på St. 3 før behandlingene startet, og 22,9 % etter behandlingen. Samtidig var dosen av labilt aluminium den nest høyeste i datasettet. På St. 6 i Nivla var abundansen 15,7 % før behandling og 17,8 % etter behandling. På St. 16 hadde vi ikke data fra før behandlingen startet, men den nærmeste lokaliteten oppstrøms behandlingen (St. 15) hadde en relativ abundans av *B. rhodani* på 72,6 %.

3.4 Vårbehandlingen 2005

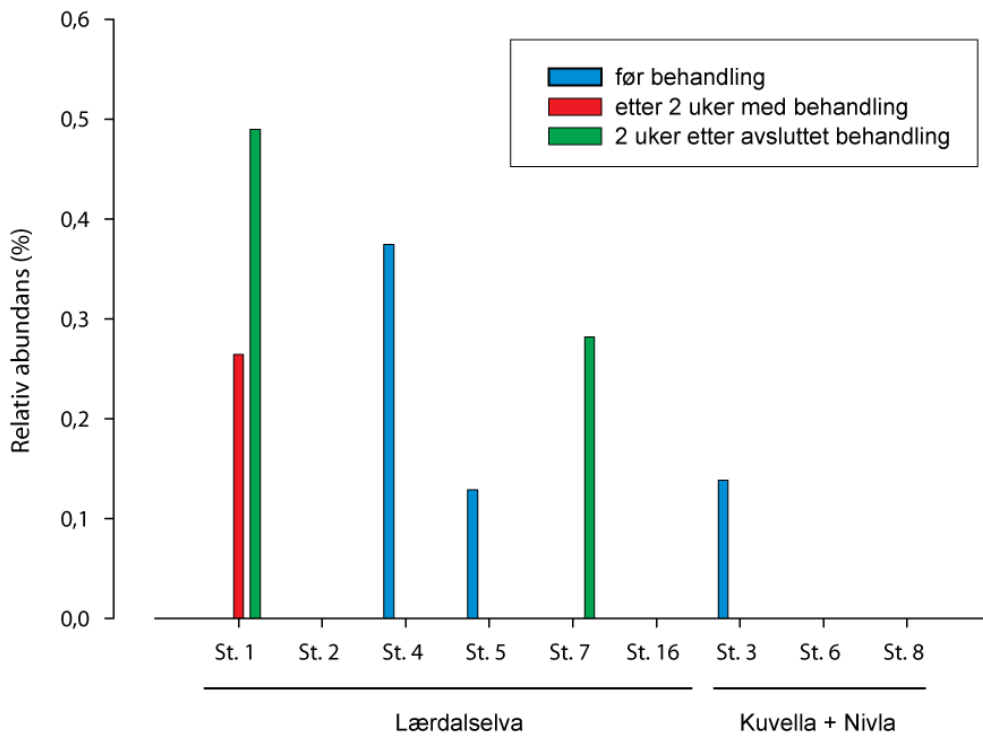
Utbredelsen av *Baetis rhodani* på den behandlede strekningen av Lærdalselva før og etter vårbehandlingen i 2005 er vist i Figur 3.10. Arten var dominerende på de fleste lokalitetene før behandlingen startet. På St. 16 ble det ikke tatt før-prøver, men vi kan anta at situasjonen her ikke var noe forskjellig fra resten av elva. De første prøvene her ble tatt etter 14 dagers behandling.



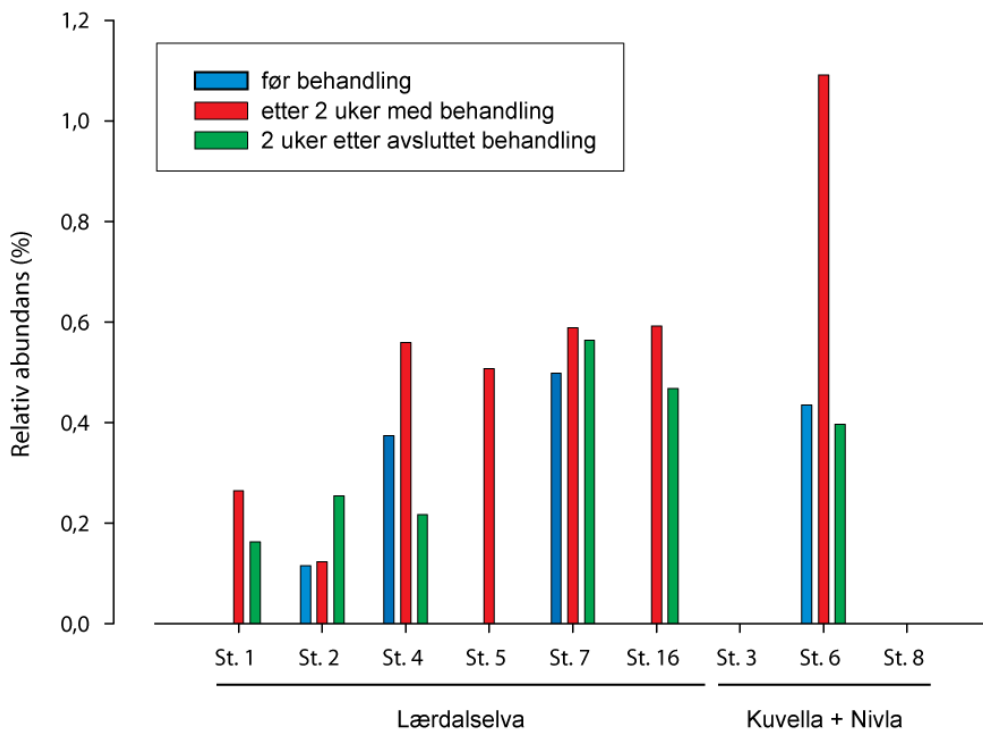
Figur 3.10. Utviklingen i relativ abundans hos *Baetis rhodani* før, under og etter vårbehandlingen i 2005 på de behandlede lokalitetene i Lærdalselva og i sideelvene Kuvella (St. 3) og Nivla (St. 6 + St. 8). Prøvene før behandling ble samlet inn 30.03.2005, under behandlingen 14.-15.04.2005, og etter behandlingen 28.-29.04.2005. Det ble ikke samlet inn prøver på St. 16 før behandlingen startet.

Arten ble kraftig redusert på alle lokalitetene i hovedelva etter behandlingen, og abundansen viste ingen økning 2 uker etter avsluttet behandling. Det eneste unntaket var på St. 16, lokaliteten øverst i hovedelva. Her viser også dataene en økning i abundans 2 uker etter behandlingen. I Kuvella (St. 3) var det ingen eller liten effekt av behandlingen på *B. rhodani*, og det samme vises for den nederste lokaliteten i Nivla (St. 6). Her var det imidlertid en kraftig reduksjon 2 uker etter avsluttet behandling. På St. 8, ett stykke lenger oppe i Nivla, var imidlertid effekten av behandlingen på linje med det som ble observert i hovedelva.

Abundansverdiene til *Diura nanseni* på de behandlede lokalitetene under vårbehandlingen er vist i fig. 3.11. Arten var tilstede med få individer på 2 lokaliteter i hovedelva og på den nederste lokaliteten i Kuvella før behandlingen. Under behandlingen ble den bare påvist på St. 1 nederst i Lærdalselva. Fjorten dager etter avsluttet behandling har den økt i abundans på denne lokaliteten, mens den også ble registrert på St. 7 i hovedelva. Økningen på St. 1 besto i at det ble funnet 2 individ under behandlingen, og 3 individ 2 uker etter avsluttet behandling (Vedlegg 10, 11, 12).

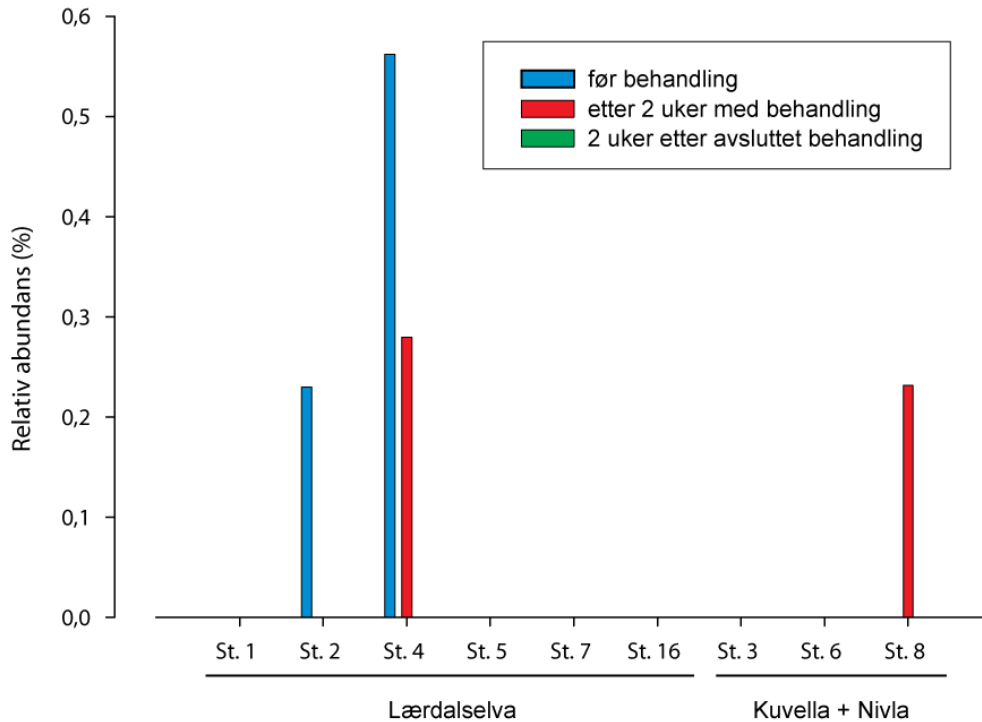


Figur 3.11. Utviklingen i relativ abundans hos *Diura nanseni* før, under og etter vårbehandlingen i 2005 på de behandlede lokalitetene i Lærdalselva og i sideelvene Kuvella (St. 3) og Nivla (St. 6 + St. 8). Prøvene før behandling ble samlet inn 30.03.2005, under behandlingen 14.-15.04.2005, og etter behandlingen 28.-29.04.2005.



Figur 3.12. Utviklingen i relativ abundans hos *Ephemerella aurivilli* før, under og etter vårbehandlingen i 2005 på de behandlede lokalitetene i Lærdalselva og i sideelvene Kuvella (St. 3) og Nivla (St. 6 + St. 8). Prøvene før behandling ble samlet inn 30.03.2005, under behandlingen 14.-15.04.2005, og etter behandlingen 28.-29.04.2005.

Utbredelsen av *Ephemerella aurivilli* og *Heptagenia dalecarlica* er vist i fig. 3.12 og 3.13. *E. aurivilli* ble registrert på flere lokaliteter under og etter behandlingen enn før behandlingen startet, og dataene viser at arten økte i abundans i prøvene tatt under behandlingen. To uker etter behandlingen så vi imidlertid en reduksjon i abundans på alle lokalitetene med unntak av St. 2, hvor det fremdeles var en økning. Denne trenden vises også i fig. 3.7.



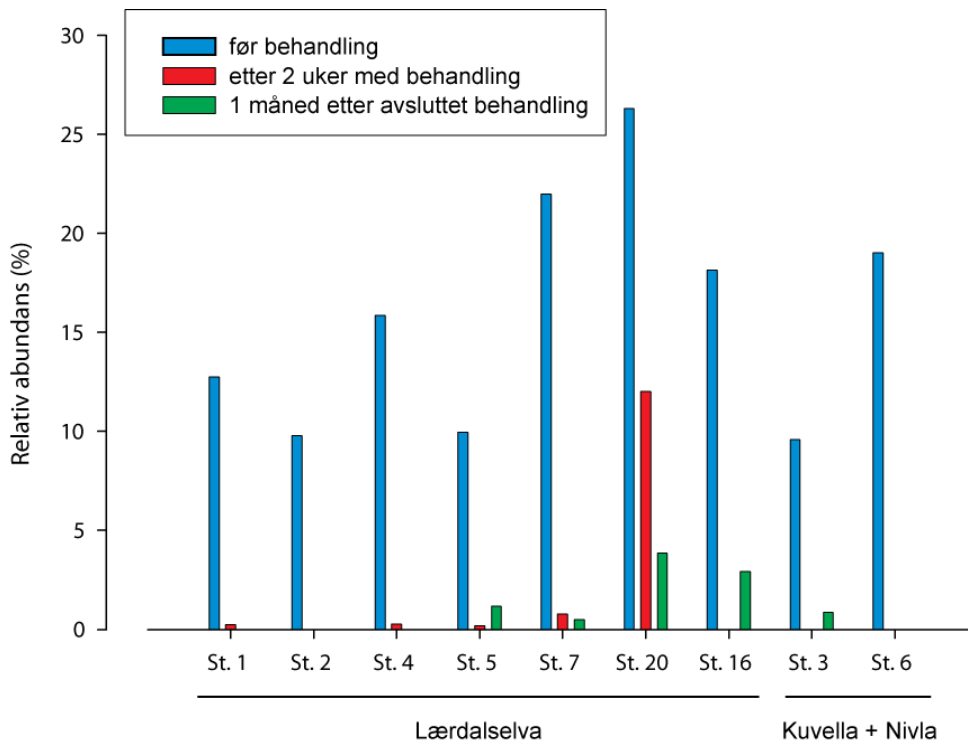
Figur 3.13. Utviklingen i relativ abundans hos *Heptagenia dalecarlica* før, under og etter vårbehandlingen i 2005 på de behandlede lokalitetene i Lærdalselva og i sideelvene Kuvella (St. 3) og Nivla (St. 6 + St. 8). Prøvene før behandling ble samlet inn 30.03.2005, under behandlingen 14.-15.04.2005, og etter behandlingen 28.-29.04.2005.

3.5. Høstbehandlingen 2005

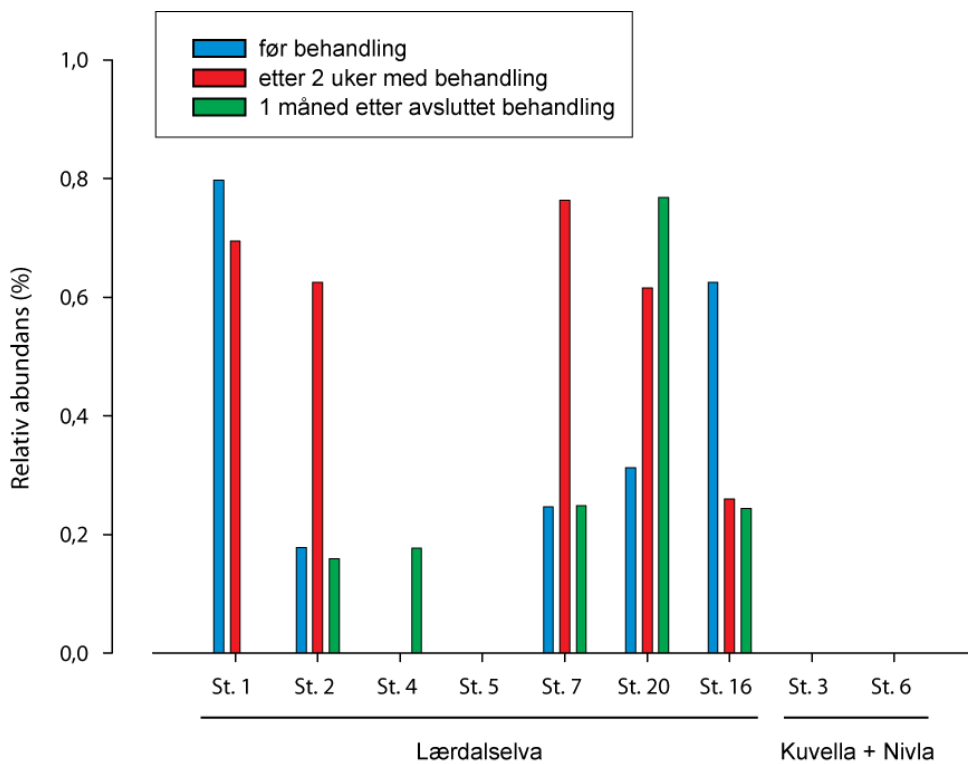
Abundansen til *B. rhodani* etter høstbehandlingen i 2005 er vist i fig. 3.14. Arten var tilstede på alle lokalitetene igjen etter sommerhalvåret. Den relative abundansen var imidlertid lavere enn i førprøvene på våren (fig. 3. 4). En tilsvarende nedgang kan ikke registreres på kontroll-lokalitetene. I avslutningen av høstbehandlingen var arten kraftig redusert eller borte på alle lokalitetene med unntak av St. 20 ved Bjørkum hvor den ble halvert, men var allikevel tilstede i et relativt stort antall (~ 10 %). På denne lokaliteten ble imidlertid abundansen ytterligere halvert en måned etter avsluttet behandling. Det samme var tilfelle en måned etter avsluttet behandling.

Abundansverdiene til *D. nanseni* før, under og etter høstbehandlingen er vist i fig. 3.15. Arten minker i relativ abundans på St. 1 og St. 16 etter 2 uker med behandling, men øker øker på St. 2, 7 og 20. I sideelvene Kuvella og Nivla ble ikke arten registrert høsten 2005.

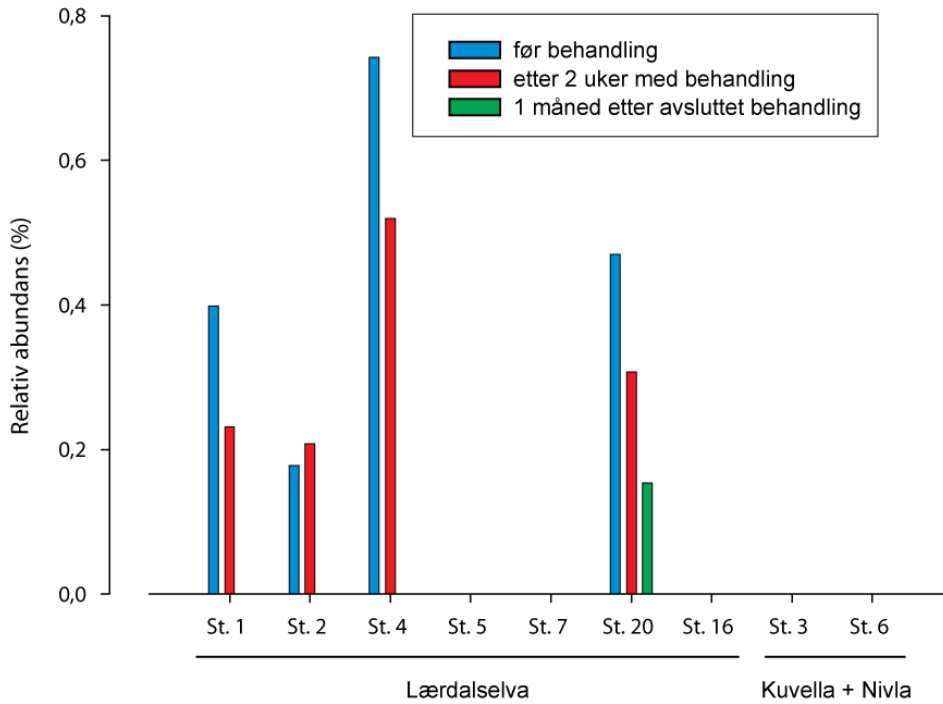
E. aurivilli ble registrert i lite antall på 7 av de 9 kalkede lokalitetene før høstbehandlingen (fig 3.16). Abundansen ble redusert under behandlingen på alle lokalitetene untatt St. 2, hvor den viste en liten økning. En måned etter behandlingen ble arten bare funnet på St. 20 i hovedelva.



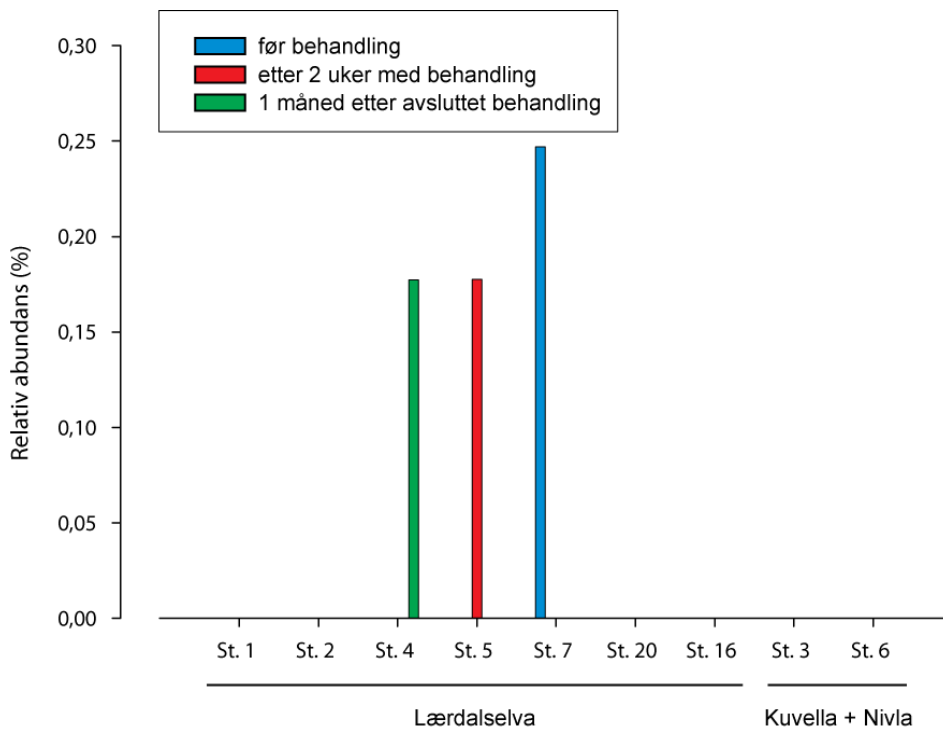
Figur 3.14. Utviklingen i relativ abundans hos *Baetis rhodani* før og etter høstbehandlingen i 2005 på de behandlede lokalitetene i Lærdalselva og i sideelvene Kuvella (St. 3) og Nivla (St. 6). Prøvene før behandling ble samlet inn 21.09.2005, under behandlingen 18.-19.10.2005, og etter behandlingen 22.-23.11.2005.



Figur 3.15. Utviklingen i relativ abundans hos *Diura nanseni* før, under og etter høstbehandlingen i 2005 på de behandlede lokalitetene i Lærdalselva og i sideelvene Kuvella (St. 3) og Nivla (St. 6). Prøvene før behandling ble samlet inn 21.09.2005, under behandlingen 18.-19.10.2005, og etter behandlingen 22.-23.11.2005.



Figur 3.16. Utviklingen i relativ abundans hos *Ephemerella aurivilli* før, under og etter høstbehandlingen i 2005 på de behandlede lokalitetene i Lærdalselva og i sideelvene Kuvella (St. 3) og Nivla (St. 6). Prøvene før behandling ble samlet inn 21.09.2005, under behandlingen 18.-19.10.2005, og etter behandlingen 22.-23.11.2005.

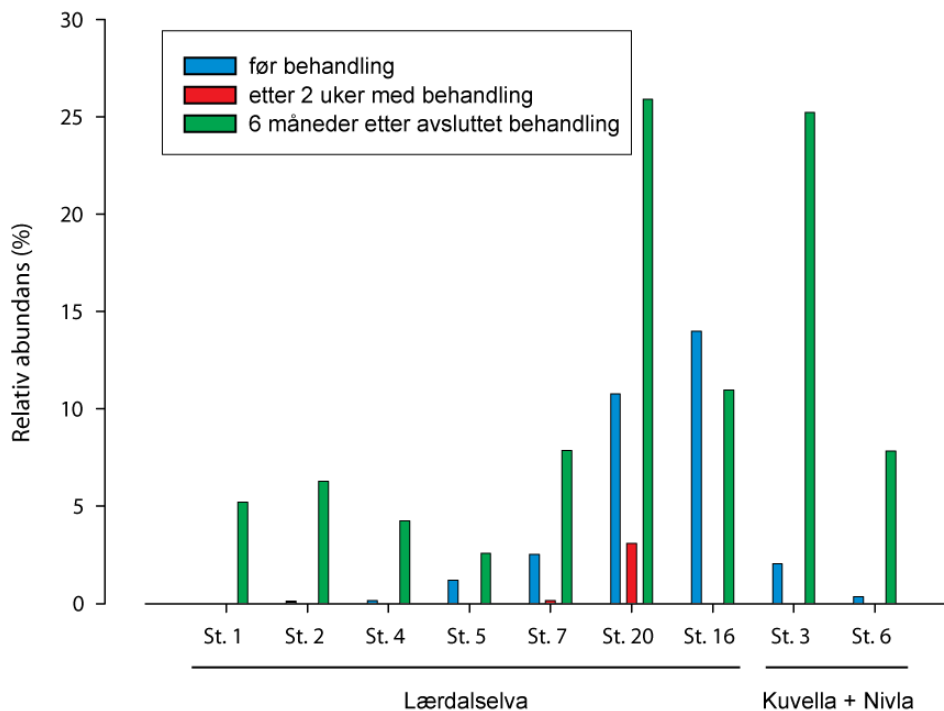


Figur 3.17. Utviklingen i relativ abundans hos *Heptagenia dalecarlica* før, under og etter høstbehandlingen i 2005 på de behandlede lokalitetene i Lærdalselva og i sideelvene Kuvella (St. 3) og Nivla (St. 6). Prøvene før behandling ble samlet inn 21.09.2005, under behandlingen 18.-19.10.2005, og etter behandlingen 22.-23.11.2005.

Figur 3.17 viser den relative abundansen til *H. dalecarlica* på de behandlede lokalitetene høsten 2005. Det ble bare funnet ett individ på hvert innsamlingstidspunkt fordelt på 3 forskjellige lokaliteter (Vedlegg 4 – 6).

3.6. Vårbehandlingen 2006

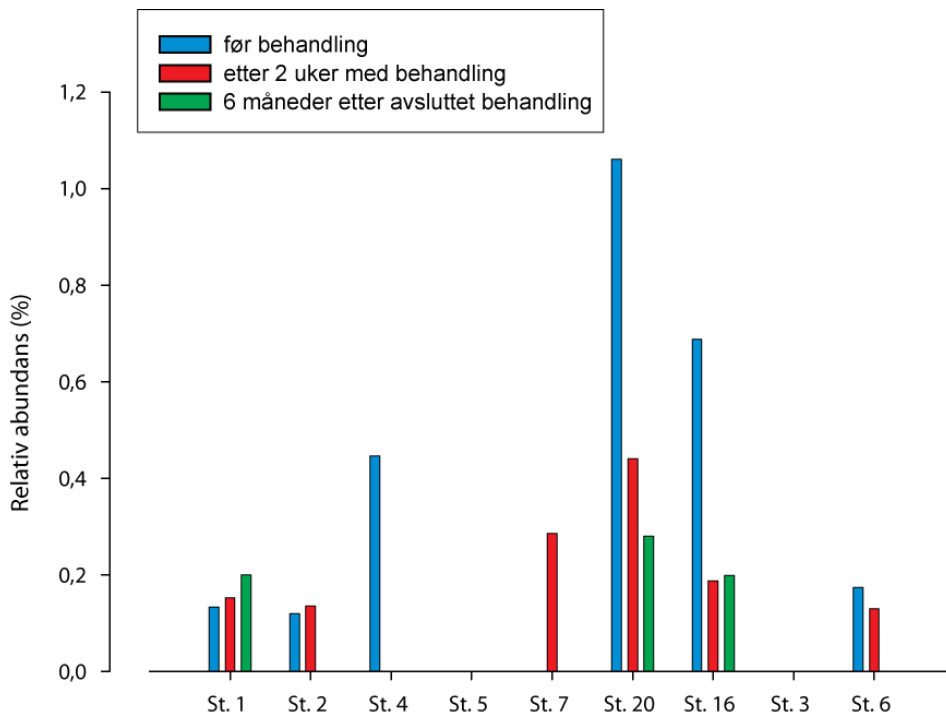
Figur 3.18 viser abundansverdiene for *B. rhodani* på de behandlede lokalitetene før, under og ca. ½ år etter at behandlingen ble avsluttet. Abundansen er kraftig redusert på de nederste lokalitetene i



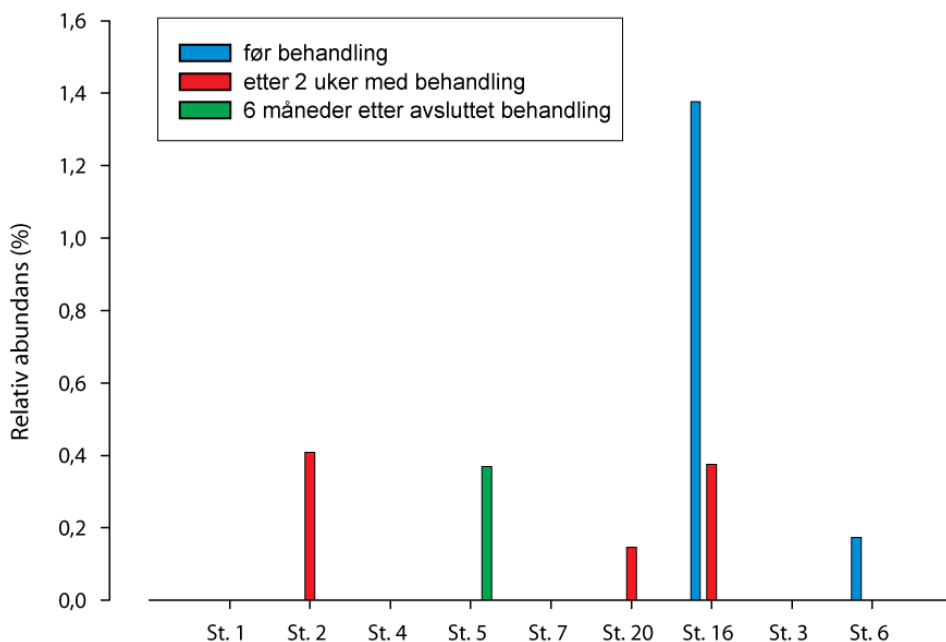
Figur 3.18. Utviklingen i relativ abundans hos *Baetis rhodani* før, under og etter vårbehandlingen i 2006 på de behandlede lokalitetene i Lærdalselva og i sideelvene Kuvella (St. 3) og Nivla (St. 6). Prøvene før behandling ble samlet inn 21.-22.03.2006, under behandlingen 4.-5.04.2006, og etter behandlingen 17.-18.10.2006.

Lærdalselva, i Kuvella og i Nivla før behandlingen, og det er bare på St. 20 ved Bjørkum og St. 16 ved Fjellheim at den er tilstede i noe antall. Etter 14 dager med behandling ble abundansen videre redusert. Da fantes den bare på St. 7 ved Saltkjelen med 1 individ i prøven, og på St. 20 hvor det ble registrert 21 individer. Dette utgjorde en abundans på under 5 %. Et halvt år etter avsluttet behandling var arten tilbake på alle lokalitetene, men langt fra i samme mengder som før behandlingene startet i 2005, og som på kontroll-lokalitetene.

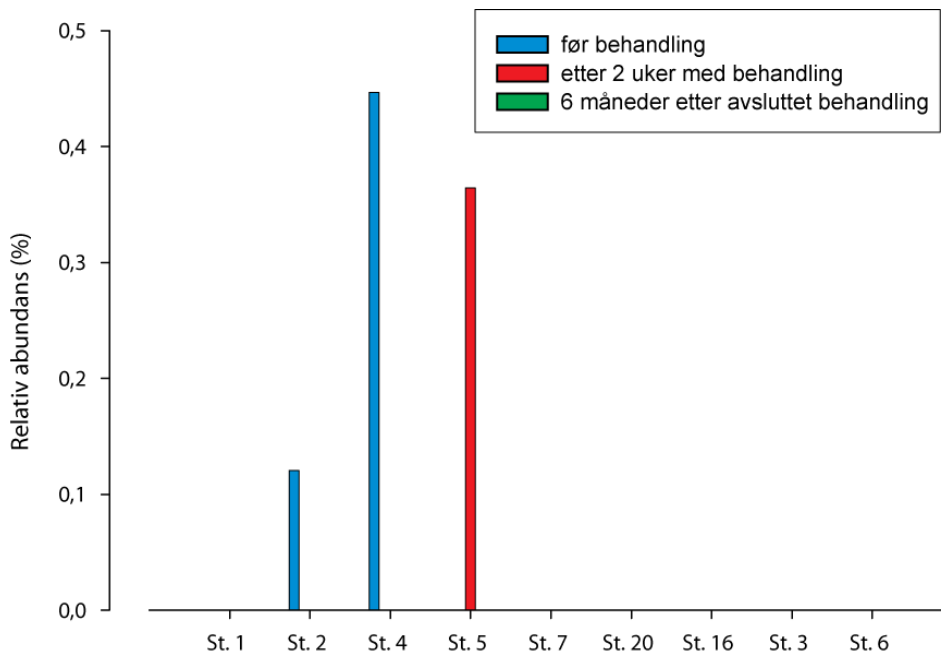
Fordelingen av *D. nanseni* på de behandlede lokalitetene før, under og etter vårbehandlingen i 2006 er vist i figur 3.19. Arten er tilstede på de fleste lokalitetene før behandling, men som tidligere i lavt antall. På St. 1, St. 2 og St. 7 øker abundansen i prøvene tatt under behandlingen, mens på St. 4, 20, og 16 reduseres abundansen. Et halvt år etter siste behandling har arten hatt en svak økning i abundans på St. 1 nederst i Lærdalselva og på St. 16, den øverste av de behandlede lokalitetene i hovedelva.



Figur 3.19. Utviklingen i relativ abundans hos *Diura nanseni* før, under og etter vårbehandlingen i 2006 på de behandlede lokalitetene i Lærdalselva og i sideelvene Kuvella (St. 3) og Nivla (St. 6). Prøvene før behandling ble samlet inn 21.-22.03.2006, under behandlingen 4.-5.04.2006, og etter behandlingen 17.-18.10.2006.



Figur 3.20. Utviklingen i relativ abundans hos *Ephemerella aurivilli* før, under og etter vårbehandlingen i 2006 på de behandlede lokalitetene i Lærdalselva og i sideelvene Kuvella (St. 3) og Nivla (St. 6). Prøvene før behandling ble samlet inn 21.-22.03.2006, under behandlingen 4.-5.04.2006, og etter behandlingen 17.-18.10.2006.



Figur 3.21. Utviklingen i relativ abundans hos *Heptagenia dalecarlica* før, under og etter vårbehandlingen i 2006 på de behandlede lokalitetene i Lærdalselva og i sideelvene Kuvella (St. 3) og Nivla (St. 6). Prøvene før behandling ble samlet inn 21.-22.03.2006, under behandlingen 4.-5.04.2006, og etter behandlingen 17.-18.10.2006.

Figur 3.20 og 3.21 viser fordelingen av *E. aurivilli* og *H. dalecarlica* på de behandlede lokalitetene før, under og etter vårbehandlingen i 2006. Som figurene viser var artene bare sporadisk tilstede, og i svært lite antall.

4. Diskusjon

Forsurings-indeksene indikerer at behandlingene har gitt forsuringsskader i Lærdalselva. Indeks 2 er den mest følsomme og antyder størst skade. Begge indeksene antyder imidlertid også at samfunnet rehabiliterer seg relativt raskt. Dette gjelder særlig etter vårbehandlingene når insektene har hatt en periode med både klekking, flyging og egglegging, og drift i elva som mekanismer for å rekolonisere lokaliteter der de har blitt redusert eller eliminert under aluminiums-behandlingene.

PRC analysen viste at behandlingene ga en signifikant endring av bunndyrsamfunnene i den behandlede delen av Lærdalselva sammenlignet med den ubehandlede delen av vassdraget, og med situasjonen i elva før behandlingene begynte. Det ble også registrert en viss forskjell i bunndyrsamfunnet mellom de behandlede lokalitetene og kontroll-lokalitetene før behandlingen startet. Det var anadrom sone som ble behandlet, og dermed blir kontroll-lokalitetene liggende høyere oppe i elva, med de naturlige forskjeller i bunndyrsamfunnet som dette vil føre med seg.

Den viktigste forandringen i den behandlede delen var en kraftig reduksjon i den relative abundansen til *Baetis rhodani*. Fra og være den dominerende arten i prøvene på de fleste lokalitetene før behandlingen startet, ble det etter 14 dager med behandling bare funnet svært få individer i prøvene. Også abundansene av steinfluen *Diura nanseni* og døgnfluene *Ephemerella aurivilli* og *Heptagenia dalecarlica* ble redusert i følge analysen. Disse artene var vanlige, men fantes mer spredt og med relativt få individer i prøvene. Det er derfor vanskeligere å slå fast i hvor stor grad disse ble påvirket av aluminiumsbehandlingen. Vi brukte ingen 'ned-vekting', dvs. en reduksjon av viktigheten til sjeldne / lite abundante taxa i analysen. Dermed kan disse artene få for stor vekt i PRC analysen.

PRC analysen indikerte også at noen arter / taxa økte abundansen etter behandlingene. Alle disse er regnet som tolerante for forsurening. Prøvetakingsmetoden, og også sorteringsmetoden, gir automatisk relative abundansverdier. Derfor må nødvendigvis noen arter øke når andre arter reduseres i abundans. Vi ser derfor bort i fra de artene / taxaene som viste økning i tolkingen av dataene. Det er en mulighet at noen av disse kan ha hatt en reell økning som en indirekte følge av at konkurrerende arter forsvinner, men dette kan våre kvalitative data ikke si noe om.

Dataene fra Lærdalselva indikerer at *B. rhodani* ble direkte påvirket av behandlingen med aluminium, dvs. at dosene med aluminium og syre var store nok til å ta livet av de fleste av individene. Dette er forskjellig fra Bongard (2005) sine konklusjoner fra behandlingene i Batnfjordselva i 2003 og 2004. Han konkluderte med at svært få dyr døde som direkte følge av behandlingene, men at stress førte til økt driv slik at individer fra den nederste delen av vassdraget ville kunne bli ført ut i brakk- og saltvann og dø der. Hadde dette vært tilfelle i Lærdalselva, skulle ikke abundansen ha blitt så kraftig redusert på alle lokalitetene i den behandlede delen av elva, men hovedsakelig bli redusert i den nederste delen av elva.

Responen på dose av labilt aluminium i figur 3.21 indikerer også at *B. rhodani* blir kraftig desimert ved en medianverdi på ca. 20 µg/l i en 14-dagers periode. Unntak finnes imidlertid. St. 3 (nederst i Kuvella) fikk en dose på 64 µg/l under vårbehandlingen i 2005. Den relative abundansen av *B. rhodani* siste dagen i behandlingsperioden var 25,7 %, mens abundansen av arten før behandlingen var 28,9 %, dvs. ingen forskjell ut fra våre data. Fjorten dager etter avsluttet vårbehandling hadde abundansen sunket til 19,2 %. Den siste reduksjonen kan være en seineffekt av behandlingen, men kan også være en effekt av klekking. Median abundansverdi på kontroll-lokalitetene synker også noe ved denne prøvetakingsdatoen, og data fra Aurlandselva viser at klekkingen her kan være igang seint i april (Raddum et. al. 2005).

Kjærstad og Arnekleiv (2007) konkluderte med at den første behandlingen av elvene Ognå og Figga i Steinkjer i månedskiftet august/september 2006 førte til en reduksjon i abundans hos mange arter og grupper, men at samfunnet var restituert etter 16-17 dager etter avsluttet behandling. En kraftig flom etter at behandlingen var avsluttet kan imidlertid ha maskert en kraftigere effekt av behandlingen (Kjærstad og Arnekleiv, op. cit.). Dataene fra Lærdalselva viser en mye tregere gjenhenting etter behandlingene. Fjorten dager etter vårbehandlingen var samfunnet ikke tilbake til det opprinnelige i Lærdalselva. Et halvt år etter den første behandlingen hadde populasjonen av *B. rhodani* vært gjennom en full syklus med både klekking og egglegging, og med drift nedover i elva. Arten hadde spredt seg til alle de behandlede lokalitetene, men abundansen var signifikant lavere enn på kontroll-lokalitetene.

Abundansen var også signifikant lavere på de behandlede lokalitetene over ett halvt år etter at den siste aluminiums-behandlingen våren 2006 var avsluttet. En faktor som kan bidra til dette er at klekkende individer flyr oppstrøms i elva for å legge egg (Søderstrøm, 1987). Dermed vil en redusert populasjon i de nedre delene av Lærdalselva bruke lengre tid på rekolonisere de berørte lokalitetene enn om flygeretningen før egglegging hadde vært tilfeldig. Driv, og særlig driv om vinteren, ser ut til å ha liten effekt på reetableringen av *B. rhodani* i Lærdalselva. Fem måneder etter høst-behandlingen i 2006 var medianverdien av abundansen i den behandlede delen fremdeles svært lav. Arten var fraværende på den nederste stasjonen, mens den økte oppover i vassdraget. Den kom imidlertid ikke i nærheten av verdiene arten hadde på kontroll-lokalitetene.

Den trege rekoloniseringen som *B. rhodani* viser i Lærdalselva kan være ett resultat av at elva er regulert. Dette reduserer styrken av de naturlige flommene, og dermed effekten av driv som mekanisme for reetableringen. Dette gjelder selve Lærdalselva, og også sideelva Nivla der vannet er tatt øverst i elva. Kuvella er imidlertid ikke regulert. På den behandlede lokaliteten i denne elva (St. 3) var den relative abundansen av *B. rhodani* 9 % fem måneder etter første behandling, og fremdeles mye lavere enn på den ubehandlede lokaliteten (St. 19) hvor verdien var 28 %. Fem måneder etter høstbehandling i 2005 var abundansverdiene 2 % på St. 3 og 41 % på St. 19, mens 6 måneder etter vårbehandling i 2006 var den relative abundansen 25 % på St. 3, og tilnærmet lik abundansen på St. 19 (27 %). Det var liten avstand mellom de to lokalitetene og elva går i ett stryk mellom dem. Resultatene fra Kuvella tyder på at driv er en lite effektiv mekanisme for å reetablere *B. rhodani* på de behandlede lokalitetene, også der regulering ikke påvirker flommene.

Etter rotenonbehandlingene i 1997 konkluderte Gladsø & Raddum (2000) med at det var vanskelig å påvise noen tydelige skader en måned etter hver behandling, selv om det ble registrert en svært stor drift under behandlingene. Dette gjaldt både etter vårbehandling i april, og høstbehandling i august. Etter vårbehandling ble det bare tatt sparkeprøver, og i analysene ble det lagt vekt på om de forskjellige artene var tilstede på de behandlede lokalitetene. Kvantitative Surberprøver ble bare tatt etter behandlingen i august 1997 (Gladsø, 2000). I Kuvella var den reelle abundansen (antall individer/m²) av *B. rhodani* høyere på den behandlede stasjonen en måned etter behandling enn på den ubehandlede stasjonen. Den raske reetableringen både i hovedelva og i Kuvella etter rotenonbehandlingene ble tilskrevet driv fra den ubehandlede delen av elva inkludert sideelver. At hovedbehandling ble gjort i begynnelsen av august, når store deler av populasjonen av *B. rhodani* hadde klekket fra elva eller var tilstede som egg, var sannynligvis viktig for den raske reetableringen av arten. Dataene fra rotenonbehandlingene og fra aluminiumsbehandlingene har ikke blitt analysert på samme måte, men det kan se ut som om behandlingene med aluminium har hatt større negativ effekt på bunndyrene enn det behandlingene med rotenon hadde.

5. Referanser

- Bongård, T. 2005. Effekter på bunndyr av aluminiumstilsetning mot *G. salaris* i Batnfjordselva, 2003 og 2004. NINA Rapport 9, 20 sider.
- Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1990. Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. *The Science and the Total Environment* 96: 57-66.
- Frost, S., A. Huni, & W.E. Kershaw, 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Can. J. Zool.*, 49: 167-173.
- Gladsø, J.A. & Raddum, G.G., 2000. Rotenonbehandling og effekter på bunnfaunaen i Lærdalselva. Kvalitative undersøkelser. UiB, LFI-rapport 113, 74 sider.
- Gladsø, J.A., 2001. Effekter av rotenonbehandlingen på bunnfaunaen i Lærdalsvassdraget: En kvantitativ undersøkelse. Upublisert hovedfagsoppgave, Zoologisk Institutt, Universitetet i Bergen, 73 sider.
- Halvorsen, G.A., 2005. Foreløpig rapport angående bunndyrundersøkelser i Lærdalselva våren 2005. I: Aluminiumsbehandling mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva våren 2005. NIVA-Notat, s. 12-13.
- Kjærstad, G. & Arnekleiv, J.V., 2007. Aluminiumbehandling mot *Gyrodactylus salaris* i Ognå og Figga i 2006 – effekter på bunndyr. NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk Notat 2007, 2: 1-19.
- Lydersen, E., Bakke, T.A., Høgberget, R., Håvardstun, J., Hytterød, S., Kristensen, T., Mo, T.A., Pettersen, R.A., Poléo, A.B.S., Reoseland, B.O., & Øxnevad, S. 2004. Al-behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Batnfjordelva. NIVA-rapport O-23055. LNR 4783-2004, 15 sider.
- Pettersen, R.A., Hytterød, S., Mo, T.A., Poléo, A.B.S., Hagen, A.G., Flodmark, L.E.W., Høgberget, R., Olsen, N., Kjøsnes, A.J., Øxnevad, S.A., Håvardstun, J., Kristensen, T., Sandodden, R., Moen, A. & Lydersen, E. 2006. Kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2005. NIVA-rapport LNR 5169-2006, 25 sider.
- Pettersen, R.A., Hytterød, S., Mo, T.A., Hagen, A.G., Flodmark, L.E.W., Høgberget, R., Olsen, N., Kjøsnes, A.J., Øxnevad, S.A., Håvardstun, J., Kristensen, T., Sandodden, R., Moen, A. & Lydersen, E. 2006. Kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2005/2006 - Sluttrapport. NIVA-rapport LNR 5349-2007, 27 sider.
- Raddum, G.G. 1999. Large scale monitoring of invertebrates: Aims, possibilities and acidification indexes, p. 7-16, In Raddum, G.G., Rosseland, B.O., and Bowman, J. *Workshop on biological assesment and monitoring; evaluation and models*, NIVA Report SNO 4091/1999, ICP Waters Report 50/1999, 96 pp.
- Raddum, G.G., Fjellheim, A. & Velle, G., 2005. Populasjonsstrukturen hos bunndyr i Aurlandselva i relasjon til endringer i vannføring og temperatur. NVE, Miljøbasert vannføring, Rapport nr. 3-05, 48 sider.

- Søderstrøm, O. 1987. Upstream movements of invertebrates in running waters - a review. *Arch Hydrobiol.* 111: 197 - 208.
- ter Braak, C.J.F. & Smilauer, P. 2002. CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA), 500 sider.
- van den Brink, P.J. & Ter Braak, C.J.F., 1997. Ordination of responses to toxic stress in experimental ecosystems. *Toxicology and Ecotoxicology News*, 4: 174-178.
- van den Brink, P.J. & Ter Braak, C.J.F., 1998. Multivariate analysis of stress in experimental ecosystems by Principle Responce Curves and similarity analysis. *Aquatic Ecology*, 32: 163-178.
- van den Brink, P.J. & Ter Braak, C.J.F., 1999. Principle Response Curves: Analysis of time-dependent multivariate responses of a biological community to stress. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18: 138-148.

6. Vedlegg

Vedlegg 1. Arter / taxa funnet i rotepøver i Lærdalselva før vår-behandling, 30.03.2005.

*** svært følsom for forsurening ** moderat følsom * litt følsom

Art \ Stasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Nematoda		1	1		6	1			1	2			1		
Gastropoda															
<i>Lymnaea peregra</i> ***				1											
Oligochaeta	26	34	23	4	4	4	8	6	12	10	2	9	1	1	1
Crustacea															
Ostracoda indet.	5		2		2	1		6				1	7	1	
Crustacea indet.					1	2		1							
Acari	2	3	5		5	1	1	5	1	2		5	1	1	3
Ephemeroptera															
<i>Ameletus inopinatus</i> **	2		2	1	8	3	2	2	1	12	4	2			7
<i>Baetis rhodani</i> ***	215	502	209	121	269	72	154	141	52	236	194	97	56	660	669
<i>Baetis</i> sp. ***						1				2					
<i>Ephemerella aurivilli</i> ***		1		2		2	2				5	3	4		2
<i>Heptagenia dalecarlica</i>		2		3					1		3	2	1		2
Plecoptera															
<i>Amphinemura borealis</i>	35	54	21	68	32	43	24		21	19	5	28	14	36	37
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	7	8	3	23	7	12	10	4	6	5	14	20	4	9	7
<i>Brachyptera risi</i>	1	7	64	4		6	2	2		1		1		2	1
<i>Capnia</i> sp. **	3	2	1	10	6	1	4			5				1	8
<i>Diura nanseni</i> **			1	2	1				1		2		2	3	2
<i>Isoperla</i> sp. **			2	1	1	5	3	3	1	1	1	8	3	13	1
<i>Leuctra hippopus</i>		2		3	1	1	1	1			1			2	1
<i>Leuctra</i> sp.	3	1		1			2			3					3
<i>Protonemura meyeri</i>	3	1	4	4		3	3	11				1	5	11	2
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	1	1								1		1			
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>											1				
Nemouridae indet.															1
Coleoptera															
<i>Elmis aenea</i>	5	2			2		3	3	11	2	2	6		2	1
Elmidae indet.							1								
Trichoptera															
<i>Apatania</i> sp. **					1		1	1		1					
<i>Hydroptila</i> sp.										1					
<i>Oxyethira</i> sp.					1				1	2	1				
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>				1	1										
<i>Potamophylax</i> sp.						1								2	
<i>Rhyacophila nubila</i>	8	11	10	16	6	19	8	5	5		7	6	3	34	5
Limnephilidae indet.								1							
Polycentropodidae indet.					1										
Diptera															
Chironomidae indet.	385	182	328	245	415	260	160	328	421	235	346	393	521	33	164
Empididae indet.	4	3	3	1	1	3	2	9	2		8	5	5	3	4
Psycodidae indet.						2		3						1	
Simuliidae indet.	10	52	44	24	3	13	12	3		16	7	6	5	6	4
<i>Dicranota</i> sp.		2			3	5	1	1		7	1	2	6	2	1
<i>Tipula</i> sp.										1					
Antall individ	715	871	723	535	777	461	404	536	537	564	604	596	639	823	926
Antall arter / taxa	17	19	17	19	22	22	19	19	15	20	17	19	17	20	20
Forsuringsindeks 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Forsuringsindeks 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Vedlegg 2. Arter / taxa funnet i rotepøver i Lærdalselva etter 14 dager med behandling, 14.-15.04.2005.

Behandlede lokaliteter er skyggelagt. *** svært følsom for forsurening ** moderat følsom * litt følsom

Art \ Stasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	16	9	10	11	12	13	14	15
Nematoda	2	2		1	2	2	1	1	1	3	2			1		
Oligochaeta	49	61	74	5	16	3	21	14	5	2	4	7	4	1	1	
Crustacea																
Ostracoda indet.	9	6	1			4	1									
Crustacea indet.		6	2				1									
Acari	10	2	9		5	2	3	14	3	6		2	2	2	1	2
Ephemeroptera																
<i>Ameletus inopinatus</i> **	6	7	11	8	12	2	4	3		2	8	3		14		7
<i>Baetis rhodani</i> ***	4	1	162	1	2	49	1	6	34	95	293	226	96	91	617	443
<i>Baetis</i> sp. ***						1										
<i>Ephemerella aurivilli</i> ***	2	1		2	2	3	2		2	5	1	1	1	8		4
<i>Heptagenia dalecarlica</i>				1				1		2		1		2		1
Plecoptera																
<i>Amphinemura borealis</i>	88	93	37	75	40	19	54	6	11	11	58	52	8	24	56	48
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	8	14		12	14	7	11	26	11	6	4	17	5	23	3	4
<i>Brachyptera risi</i>	3	4	66	3		7		5							1	1
<i>Capnia</i> sp. **	6	5		9	12		8	1		1	3			6		7
<i>Diura nanseni</i> **	2									2	2	2	2		1	1
<i>Isoperla</i> sp. **	2	2		2	3	4	1	7		1	1	3	3	11	4	1
<i>Leuctra hippopus</i>	2	1	3					1	3				1	7	4	1
<i>Leuctra</i> sp.	6	8	1	1			7			3	2	4		1	1	1
<i>Protonemura meyeri</i>			2	2		2	2	28	5			2	2	1	4	1
Nemouridae indet.																1
Coleoptera																
<i>Elmis aenea</i>	6	2	1	1	3		4	11	4	6		2	7			2
Trichoptera																
<i>Apatania</i> sp. **		1		1	1			1		2		1		1		1
<i>Halesus</i> sp.														1		
<i>Oxyethira</i> sp.					1		2									
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>					3							1				
<i>Potamophylax</i> sp.			1			1	1	3				1				1
<i>Rhyacophila nubila</i>	13	9	10	14	6	14	20	18	2	3		3	2	10	10	7
Limnephilidae indet.							1									
Diptera																
Chironomidae indet.	520	565	314	186	272	135	182	174	250	435	264	344	625	347	78	240
Empididae indet.	7	8	6	2		3	5	18	6	3		6	5	6	2	4
Psycodidae indet.			1			2		28					1			1
Simuliidae indet.	15	17	4	33		15	12	57	4	6	29	14	5	6	15	15
<i>Dicranota</i> sp.	2	3	2			1	2	6		1	3	1	2		2	
<i>Tipula</i> sp.							1	1				2				
Antall individ	702	743	630	353	376	267	324	417	332	590	670	686	767	561	800	793
Antall arter / taxa	20	21	18	19	16	19	23	23	13	20	15	21	17	19	15	21
Forsuringsindeks 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Forsuringsindeks 2	0,53	0,51	1	0,51	0,54	1	0,51	0,59	1	1	1	1	1	1	1	1

Vedlegg 3. Arter / taxa funnet i rotepøver i Lærdalselva etter 14 dager etter avsluttet vår-behandling, 28.04.2005. Behandlede lokaliteter er skyggelagt. *** svært følsom for forsurening ** moderat følsom * litt følsom

Art \ Stasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	16	9	10	11	12	13	14	15
Turbellaria																
<i>Crenobia alpina</i> **										1						
Nematoda	1	1			3			2	1	1	3			2	2	4
Gastropoda																
<i>Lymnaea peregra</i> ***	2															
Bivalvia																
<i>Pisidium</i> sp. *											1		1			
Oligochaeta	54	31	50	4	14	6	25	5	2	42	4	7	15	2	1	2
Crustacea																
Ostracoda indet.	7		1			5	1	3					1	9	2	
Crustacea indet.	1	2	3		1	12	5	1								
Acari	19		3		26	2	3	11	7	11	2	1	5	9	15	5
Ephemeroptera																
<i>Ameletus inopinatus</i> **	7	6	13	6	14	5	9	1		5	39	4	7	5	14	34
<i>Baetis rhodani</i> ***	6	1	96	1	3	2			68	184	129	252	273	65	278	170
<i>Baetis subalpinus</i> ***									1							
<i>Ephemerella aurivilli</i> ***	1	1		1		1	2		2	8		1	3	1		3
<i>Heptagenia dalecarlica</i>										2		1	2	1		1
Heptagenidae indet.				1												
Plecoptera																
<i>Amphinemura borealis</i>	68	58	14	124	64	11	91	1	16	19	27	32	19	16	26	26
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	6	9	26	21	21	5	12	2	2	30	7	4	37	7	16	16
<i>Brachyptera risi</i>			38	6				3		2		2			3	
<i>Capnia</i> sp. **			2		1		2						1			11
<i>Diura nanseni</i> **	3						1			3	2	2	4	1	1	3
<i>Isoperla</i> sp. **		3	2	2		3	1	1	1	2	1	2	25	1	6	3
<i>Leuctra hippopus</i>	2			1						1				1	14	1
<i>Leuctra</i> sp.	3	4	2				6	1			4			4		
<i>Nemurella pictetii</i>														1		
<i>Protonemura meyeri</i>		2	1	1	2			1	2				1		9	1
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	1						1			1		1				
Perlodidae indet. **								1				1				
Coleoptera																
<i>Elmis aenea</i>	6			1	17	1	2	7	5	15		3	20			2
Coleoptera indet.																2
Trichoptera																
<i>Apatania</i> sp. **					2		1			6			3			
<i>Halesus</i> sp.												1				
<i>Oxyethira</i> sp.											2		1	3		
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>					1						1	2				
<i>Potamophylax</i> sp.		5											1		1	
<i>Rhyacophila nubila</i>	21	12	14	26	5	4	12	4	11	16	1	2	6	1	28	4
Limnephilidae indet.	1														1	
Polycentropodidae indet.					1											
Trichoptera indet.	1															
Diptera																
Chironomidae indet.	398	252	182	219	494	176	171	332	289	314	464	330	365	672	236	348
Empididae indet.	3	3	6	5	7	6	4	14	13	6	7	4	10	5	5	6
Psychodidae indet.	1		5			1	1	10							4	2
Simuliidae indet.	3	5	40	42	5	11	9	34	8	48	3	12	7	10	64	38
<i>Dicranota</i> sp.	3	1	2	1			2			3	3	2	4	1	10	4
<i>Tipula</i> sp.		1									1				2	
Limoniidae indet.						1										
Antall individ	618	397	500	462	681	252	361	434	428	720	701	666	811	817	738	686
Antall arter / taxa	22	18	19	17	17	17	21	18	15	22	19	20	23	20	21	22
Forsuringsindeks 1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1
Forsuringsindeks 2	1	0,51	1	0,51	0,53	0,63	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1

Vedlegg 4. Arter / taxa funnet i rotepøver i Lærdalselva før høst-behandling, 21.09.2005.

Behandlede lokaliteter er skyggelagt. *** svært følsom for forsurening ** moderat følsom * litt følsom

Art \ Stasjon	1	2	3	4	5	6	7	16	20	9	10	11	12	13	14	15	18	19
Nematoda	1	3		1	2	3	1	3	6	2	2	12	1	1		4		
Bivalvia																		
<i>Pisidium</i> sp. *											1							
Oligochaeta		66	30	12	15	36	17	7	26	15	3	42	5	2	2	3	8	
Crustacea																		
Ostracoda indet.		2			11	7	1	3		1	2	2	6	11	4	10	8	
Crustacea indet.		1		1	7	1	5	2	1	1	1					1		
Acari	106	7	8		36	1	7	6	9	7	1	2	4	5	5	6	11	4
Ephemeroptera																		
<i>Ameletus inopinatus</i> **		1	1	1	8	2	4	4		1	22	12		1		3		
<i>Baetis fuscatus/scambus</i> ***				1														
<i>Baetis rhodani</i> ***	64	55	36	64	55	46	89	58	168	101	89	168	141	144	336	112	276	65
<i>Baetis subalpinus</i> ***			2									26	3			7	8	
<i>Ephemerella aurivilli</i> ***	2	1		3						3	9	13	1	7		4		
<i>Heptagenia dalecarlica</i>							1				4	3	1					
<i>Leptophlebia</i> sp.																1		
Plecoptera																		
<i>Amphinemura borealis</i>	44	63	2	80	16		44	9	36	19	35	58	28	63	12	64	12	
<i>Amphinemura standfussi</i>																	1	
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	32	21		24	2	1	7	12	28	17	29	46	24	59	8	34	12	
<i>Brachyptera risi</i>	12	2	16	3		4									1		6	
<i>Capnia</i> sp. **	48	14	19		11	2	20	11	50	9	30	38	7	8	36	24	13	
<i>Diura nanseni</i> **	4	1					1	2	2	3	4	6	5	2	1	2		1
<i>Isoperla</i> sp. **	1	3	10	5				6	6	1	1	7	12	17	12	1	4	8
<i>Leuctra fusca</i>		1												1	2		1	1
<i>Leuctra hippopus</i>	6	8	7		1	14	1		1		6		1	5	12	21	4	3
<i>Leuctra</i> sp.												1						
<i>Nemurella pictetii</i>																		1
<i>Protonemura meyeri</i>		4	10	2				1	5		1	4		3	2	2	2	8
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>												1						1
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>											2	1				2		
Coleoptera																		
<i>Elmis aenea</i>	3	5		2	21	1	4	4	36	11	19	10	21			12	1	1
Elmidae indet.				1			1											
Trichoptera																		
<i>Apatania</i> sp. **			1								1							1
<i>Glossosoma</i> sp.	2						1											
<i>Halesus radiatus</i>												1						
<i>Lepidostoma hirtum</i> **											1							
<i>Oxyethira</i> sp.					1			4		2	24			3		1		
<i>Philopotamus montanus</i> **						1												
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>					2		1	1			5	5	2					
<i>Potamophylax</i> sp.		1			7										3			
<i>Rhyacophila nubila</i>	14	8	21	12	4	5	9	4	14	8	5	6	2	7	14	2	7	12
Limnephilidae indet.		1	2	1	6	5	1	2		4	6		1	1		2		2
Polycentropodidae indet.								1			5							
Trichoptera indet.				1														
Diptera																		
Chironomidae indet.	99	283	76	182	338	101	176	173	221	171	140	130	230	147	90	157	97	88
Empididae indet.		3			3	2	5	6	10	2	1	8	2	5	9		4	
Limonidae indet.			1			1								1			1	
Psycodidae indet.																1	4	
Simuliidae indet.	58	3	130	8	9	12	9	3	14	3		4	3	3	22	8	6	28
<i>Dicranota</i> sp.	6	7	6	3	3	2	2	1	3	1	2	6	2	3	10	2	1	5
Diptera indet.					2									1			2	2
Antall individ	502	564	378	407	560	247	407	323	639	382	451	612	503	499	581	487	489	230
Antall arter / taxa	17	24	17	19	21	20	23	22	19	21	27	26	23	23	19	27	23	15
Forsuringsindeks 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Forsuringsindeks 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Vedlegg 5. Arter / taxa funnet i rotepøver i Lærdalselva etter 14 dagers behandling, 18.-19.10.2005.

Behandlede lokaliteter er skyggelagt. *** svært følsom for forsurening ** moderat følsom * litt følsom

Art \ Stasjon	1	2	3	4	5	6	7	16	20	9	10	11	12	13	14	15	18	19
Turbellaria																		
<i>Crenobia alpina</i> **									1									
Nematoda		3		1	12		1	2	1		2	1		2		1		
Gastropoda																		
<i>Lymnaea peregra</i> ***				1														
Bivalvia																		
<i>Pisidium</i> sp. *											1							
Oligochaeta	57	86	39	10	10	15	74	16	6	3	14	3	4	4		4	4	2
Crustacea																		
Ostracoda indet.	1				18				1		2		9	34	14	18	3	
Crustacea indet.		3		3	7		7					1	2				1	
Acari	2	4	3	1	24	1	2	2	5	1	1	3	4	10	4	1	5	3
Ephemeroptera																		
<i>Ameletus inopinatus</i> **	1		1	1	10	2	6		7		25	2	3	24		3	2	1
<i>Baetis rhodani</i> ***	1			1	1		3		78	176	204	227	157	178	445	352	407	142
<i>Baetis subalpinus</i> ***													1				1	
<i>Ephemerella aurivilli</i> ***	1	1		2					2	10	3	4		6		1		
<i>Heptagenia dalecarlica</i>					1					1	5	1		1		1		
Plecoptera																		
<i>Amphinemura borealis</i>	21	40	10	52	22		29	51	131	35	70	32	54	48	107	80	26	8
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	22	39		34	16		18	30	29	29	17	29	36	74	23	28	12	
<i>Brachyptera risi</i>	2	2	113			6			2	2	1				5		3	129
<i>Capnia</i> sp. **	62	37	21	13	38	1	103	13	61		51	6	3	18	7	29	16	34
<i>Diura nanseni</i> **	3	3					3	1	4	3	6	6	4	2	1	6		
<i>Isoperla</i> sp. **	3	15	2	2	1		3	1	5	3	6	4	10	31	10	4	5	7
<i>Leuctra fusca</i>														1				
<i>Leuctra hippopus</i>	10		6	13	1	5	3	4	3		1		7	10		4	6	19
<i>Nemoura cinerea</i>		1															1	
<i>Protonemura meyeri</i>	1	3	9	1			2	2	2	2			1	10	15		12	15
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>											3							
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>										1			1	3		2	1	
Nemouridae indet.						2												
Coleoptera																		
<i>Elmis aenea</i>	4	13		1	12		7	8	2	15	6	2	6	2		3		
Trichoptera																		
<i>Apatania</i> sp. **											4		1					
<i>Glossosoma</i> sp.		1																
<i>Lepidostoma hirtum</i> **														1				
<i>Oxyethira</i> sp.										2	4		1	12				
<i>Philopotamus montanus</i> **									1									
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>					3		1	1			2		2					
<i>Potamophylax</i> sp.	2	2		1	26	6	1						1	2		2		1
<i>Rhyacophila nubila</i>	20	36	19	15	2	10	12	9	17	4	1	8	2	9	9	4	6	21
Limnephilidae indet.			4				2				2	1	2					2
Polycentropodidae indet.													1	1				
Diptera																		
Chironomidae indet.	153	128	288	215	281	97	96	216	228	226	209	208	280	306	105	138	168	304
Empididae indet.	1	6	5	3	4	2		12	2	1	1	2	3	6	7	3	6	6
Limonidae indet.							2											
Psycodidae indet.		2	1										1		1		3	1
Simuliidae indet.	51	32	49	15	64	56	14	14	61	14	4	10	1	10	61	7	15	24
<i>Dicranota</i> sp.	14	23	2		10	4	6	1	2		3	1	3	3	1	3	2	5
<i>Tipula</i> sp.			1															
Antall individ	432	480	573	385	563	207	395	384	650	528	648	551	600	808	815	694	705	724
Antall arter / taxa	21	22	17	20	21	13	21	18	22	18	26	20	26	27	16	22	22	17
Forsuringsindeks 1	1	1	0,5	1	1	0,5	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Forsuringsindeks 2	0,52	1	0,5	1	0,53	0,5	0,56	0,5	0,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Vedlegg 6. Arter / taxa funnet i rotepøver i Lærdalselva 1 måned etter høst-behandlingen, 22.-23.11.2005. Behandlede lokaliteter er skyggelagt. *** svært følsom for forsurening ** moderat følsom * litt følsom

Art \ Stasjon	1	2	3	4	5	6	7	16	20	9	10	11	12	13	14	15	18	19
Turbellaria																		
<i>Crenobia alpina</i> **	2				1													1
Nematoda	2	2		3		1	4	3		2	1	3	1	1	1			
Oligochaeta	266	62	149	23	10	43	36	19	3	4	6	1	5		1	1	2	
Crustacea																		
Ostracoda indet.	1			2	13	12	2	1					4	14	9	8	9	
Crustacea indet.	12	3		11	16	4	6											
Acari	2	2	6	1	51	3	3	3	5	3	3	3	5	1	1	2	3	2
Ephemeroptera																		
<i>Ameletus inopinatus</i> **	2		3	5	32	15	1	2	5		12	4	1	1		16	6	2
<i>Baetis rhodani</i> ***			6		7		2	12	25	138	254	402	137	104	555	238	373	128
<i>Ephemerella aurivilli</i> ***									1	11	9	4	2	6		8		
<i>Heptagenia dalecarlica</i>				1						1	5	1	2			2		
Plecoptera																		
<i>Amphinemura borealis</i>	211	151	10	191	38	18	52	48	131	26	80	80	83	66	132	104	36	
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	20	29		26	3	7	20	24	26	30	40	40	62	76	39	32	24	
<i>Brachyptera risi</i>	22	17	198	3		5	3							1	5	10	8	58
<i>Capnia</i> sp. **	86	21	50	66	53	6	31	3	39	2	7	20			10	80	9	23
<i>Diura nanseni</i> **		1		1			1	1	5	2	5	5	7	4	4	8	1	2
<i>Isoperla</i> sp. **	1	7	5	6	1	1	1	3	4	4	4	3	20	17	11	4	8	9
<i>Leuctra hippopus</i>	14	7	17	9	2	7	1	2	2		3	3	4	3	4	15	13	25
<i>Leuctra</i> sp.	3					1	1	2	3		2				2			
<i>Protonemura meyeri</i>		4	20		1	1	2	6	7	1			1	5	8	3	13	21
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	2	1										1						
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>													2			1		
Nemouridae indet.			4												3			
Coleoptera																		
<i>Elmis aenea</i>	1	1		1	4	4	4	3	4	5	8		6	1	1	6		
Trichoptera																		
<i>Apatania</i> sp. **										1	5	1		1				
<i>Halesus</i> sp.				1														1
<i>Oxyethira</i> sp.								2			8							
<i>Plectrocnemia conspersa</i>								1										
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>					1						7	1	1					
<i>Potamophylax</i> sp.	1	1	1		6	5	2	1	1			1			2		1	
<i>Rhyacophila nubila</i>	5	15	15	12	7	11	11	9	14	5	3	3	2		7		7	15
Limnephilidae indet.		1	2		4				1	1	4		1		1		3	8
Polycentropodidae indet.											2	1						
Diptera																		
Chironomidae indet.	86	265	125	143	262	160	179	242	284	285	166	110	244	283	50	110	95	97
Diptera indet.											1							
Empididae indet.	1	6	5		5	4	2	12	8	3	2	3	9	15	8	2	6	
Psycodidae indet.		1											1	1			3	1
Simuliidae indet.	58	25	79	56	73	141	31	12	86	3	5	6	2	8	22	40	17	81
<i>Dicranota</i> sp.	9	4	6	4	4	7	8	1	1		6	3	6	3	2	6	2	2
<i>Tipula</i> sp.		1												1				
Antall individ	807	627	701	564	595	456	403	412	655	527	648	699	608	612	878	696	639	476
Antall arter / taxa	21	22	16	19	22	20	22	22	19	18	23	22	24	21	20	21	20	16
Forsuringsindeks 1	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Forsuringsindeks 2	0,5	0,5	0,52	0,5	0,67	0,5	0,53	0,65	0,65	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Vedlegg 7. Arter / taxa funnet i rotepøver i Lærdalselva før vår-behandlingen, 21.-22.03.2006.
Behandlede lokaliteter er skyggelagt. *** svært følsom for forsurening ** moderat følsom * litt følsom

Art \ Stasjon	1	2	3	4	5	6	7	16	20	9	10	11	12	13	14	15	18	19
Nematoda	1					1	2	2	2			1						
Gastropoda																		
<i>Lymnaea peregra</i> ***		1																
Oligochaeta	39	52	199	9	16	34	40	6	3	20	8	6	3		1	1		
Crustacea																		
Ostracoda indet.			1		4	5						1	5	4		1		
Crustacea indet.		1		1	5	20	4	1										
Acari		6	1		14	4	1	4	2	1	3	6	5		2	2	5	
Ephemeroptera																		
<i>Ameletus inopinatus</i> **		1	1	3	36	15	2	7	12	46	7	8	10				18	4
<i>Baetis rhodani</i> ***		1	18	1	8	2	13	61	71	372	333	311	321		440	311	344	
<i>Baetis</i> sp. ***								1										
<i>Ephemerella aurivilli</i> ***						1		6				7	3	2				
<i>Heptagenia dalecarlica</i>		1		3						3	2	3				1		
Plecoptera																		
<i>Amphinemura borealis</i>	167	214	15	196	74	9	94	54	44	17	111	88	76		74	134	4	
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	25	40	5	59	74	3	17	24	24	16	35	18	24		18	17	5	
<i>Brachyptera risi</i>	126	58	268	12	2	11		3	9		1	1			1	35	132	
<i>Capnia</i> sp. **	8	9	5	22	30		18	4	56	24					2	4	7	
<i>Diura nanseni</i> **	1	1		3		1		3	7	19	4	4	4		4	5	3	
<i>Isoperla</i> sp. **	1	6	4	5		2	1	6	3	5	12	56	26		9	20	7	
<i>Leuctra hippopus</i>	14	1	6	10		7	2	3	8	2	2		1			11	13	
<i>Leuctra</i> sp.	6	3	2	1		14	6		1	7	3	8	4		5			
<i>Nemoura cinerea</i>	1		3															
<i>Nemurella pictetii</i>			1				1											
<i>Protonemura meyeri</i>		5	5	4	1			4	2		1	1	2			13	4	
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>										3		1	1			1		
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>												1						
Nemouridae indet.				1														
Coleoptera																		
<i>Elmis aenea</i>	1	3		1	19		2	8	3	3	1	2	2		1	1		
Trichoptera																		
<i>Apatania</i> sp.	1	1				1			1	4	1		2					
<i>Glossosoma</i> sp.							1											
<i>Oxyethira</i> sp.														1				
<i>Plectrocnemia conspersa</i>								1										
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>										1	2		1					
<i>Potamophylax</i> sp.				2	2	1	1	1										
<i>Rhyacophila nubila</i>	6	13	8	14	6	17	14	3	13	3	9	5	8		11	15	20	
Limnephilidae indet.					10													
Polycentropodidae indet.														1				
Diptera																		
Chironomidae indet.	271	355	305	265	334	401	265	216	339	126	253	303	556		241	131	241	
Empididae indet.	2	10	6	6	6	8		11	2		8	8	5		6	6	10	
Limonidae indet.																	1	
Psycodidae indet.	2		3			1											9	2
Simuliidae indet.	78	47	18	53	26	21	33	7	53	10	1	13	3		11	5	28	
<i>Dicranota</i> sp.	5	5	3	3	10	11	1	1	6	15	2	2	1			5	1	
<i>Tipula</i> sp.			1															
Antall individ	755	834	878	674	677	590	518	437	661	697	808	853	1063		828	745	830	
Antall arter / taxa	18	22	21	20	18	22	19	23	20	19	23	22	22		17	21	17	
Forsuringsindeks 1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	
Forsuringsindeks 2	0,5	1	0,56	0,5	0,55	0,55	0,61	1	1	1	1	1	1		1	1	1	

Vedlegg 8. Arter / taxa funnet i rotepøver i Lærdalselva etter 14 dagers behandling, 4.-5.04.2006.
Behandlede lokaliteter er skyggelagt. *** svært følsom for forsurening ** moderat følsom * litt følsom

Art \ Stasjon	1	2	3	4	5	6	7	16	20	9	10	11	12	13	14	15	18	19
Turbellaria																		
<i>Crenobia alpina</i> **											1							4
Nematoda																		
	2		1	2	2		2	5		2	2		1					
Oligochaeta																		
	69	94	73	11	30	21	47	9	3	19	18	12					8	1
Crustacea																		
Ostracoda indet.					10	2								6			13	1
Crustacea indet.	5	2		2		11	2			1								
Acari																		
	3	15	1		21	4	1	5	1	3	5	1	7			2	11	2
Ephemeroptera																		
<i>Ameletus inopinatus</i> **		9	5	2	29	2	3	1	1	78	16	6	8			2	33	5
<i>Baetis rhodani</i> ***							1		21	398	353	360	351			338	378	259
<i>Ephemerella aurivilli</i> ***		3							1	2	6	3	24			1		
<i>Heptagenia dalecarlica</i>					2					1	5	2	2					
Plecoptera																		
<i>Amphinemura borealis</i>	74	26	17	272	36	7	113	56	242	41	34	75	21		134	72	7	
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	8	13	6	38	31	3	12	29	42	15	23	23	34		19	31		
<i>Brachyptera risi</i>	66	67	317	10		27	5	2	5	2		6			2	38	217	
<i>Capnia</i> sp. **	3	31	15	16	29		21	4	28	2		1			1	7	2	
<i>Diura nanseni</i> **	1	1				1	2	1	3	16	10	3	5		5	2	1	
<i>Isoperla</i> sp. **	4	12	4	2	5	3	1	6	7	12	16	28	17		2	32	17	
<i>Leuctra hippopus</i>			3	12	1	3	2		6		2		2		2	27	11	
<i>Leuctra</i> sp.	14	1		3		8	7	1	12	7	2	3			13	2	4	
<i>Protonemura meyeri</i>	1	4	23	5	4		4	7	3				2	1		18	2	
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	1									11	9	2	1					
Coleoptera																		
<i>Elmis aenea</i>	1	12		1	18	1	2	5		4	7	1					2	
Trichoptera																		
<i>Apatania</i> sp. **		6		1			1	2			2							
<i>Glossosoma</i> sp.		13																
<i>Halesus</i> sp.											1		1					
<i>Oxyethira</i> sp.					1					1								
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>					2			1			1	2						
<i>Potamophylax</i> sp.		2		1	1											1		
<i>Rhyacophila nubila</i>	21	23	21	15	10	12	18	13		3	8	11	18		18	25	28	
Limnephilidae indet.	1																	
Diptera																		
Chironomidae indet.	353	326	205	369	311	609	408	358	286	189	242	318	428		282	183	256	
Empididae indet.	4	6	4	6		5	2	14	5		4	7	2		7	4	4	
Psycodidae indet.								1								34	3	
Simuliidae indet.	36	63	166	94	3	53	49	9	25	18	3	9	19		31	27	10	
<i>Dicranota</i> sp.	3	7	2	2	3	6	2	3	1	23	5	2	2		1	9		
Limoniidae indet.													1					
<i>Tipula</i> sp.			1															1
Antall individ	670	736	864	864	549	778	705	534	692	849	774	878	950		861	956	835	
Antall arter / taxa	20	22	17	19	20	18	21	22	17	23	22	23	20		17	20	19	
Forsuringsindeks 1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	
Forsuringsindeks 2	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,51	0,5	0,57	1	1	1	1		1	1	1	

Vedlegg 9. Arter / taxa funnet i rotepøver i Lærdalselva ca. 6 måneder etter siste vår-behandling, 17.-18.10.2006. Behandlede lokaliteter er skyggelagt. *** svært følsom for forsurening ** moderat følsom * litt følsom

Art \ Stasjon	1	2	3	4	5	6	7	16	20	9	10	11	12	13	14	15	18	19
Turbellaria																		
<i>Crenobia alpina</i> **			3							1								
Nematoda																		
	3	1		2	7	2	3	2	1	1	4	3		2		1	1	
Oligochaeta																		
	72	48	91	10	1	59	30	7	9	26	9	11	16	3		24	28	
Crustacea																		
Ostracoda indet.	8				5	14							2	15	6		7	4
Crustacea indet.	3	1		5	2	4		2	1					2				
Acari																		
	4	2	1	1	16	3	21	5	3	13	3	4	2	6	3	8	8	
Ephemeroptera																		
<i>Ameletus inopinatus</i> **	2		1	2	19		18	3	9	5	32	12	7	21	8	10	29	3
<i>Baetis rhodani</i> ***	26	48	136	34	14	47	49	55	185	63	193	339	102	172	192	246	144	175
<i>Ephemerella aurivilli</i> ***					2					10	14	5	7	7		6		
<i>Heptagenia dalecarlica</i>										8	5					1		
<i>Leptophlebia marginata</i>					2													
Plecoptera																		
<i>Amphinemura borealis</i>	17	130	17	105	14	13	41	37	124	7		61	31	63	76	25	4	9
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	9	26		17	5	14	8	10	14	19	12	24	35	26	22	19	14	5
<i>Brachyptera risi</i>	2	2	14														13	132
<i>Capnia</i> sp. **	12	14	26	27	32	4	21	2	41	4	16	9	4	6	18	46	18	10
<i>Diura nanseni</i> **	1							1	2	5		5	9	3		6		
<i>Isoperla</i> sp. **	2	2	2	2		1	2		1		2		3	5	6	3	8	5
<i>Leuctra hippopus</i>	5	5	13	1		21	5	1	1	1	2	4		1	2		12	6
<i>Leuctra</i> sp.								1	3								1	
<i>Nemoura</i> sp.			1															
<i>Protonemura meyeri</i>	1	5	13	8		5	3	6	2			1			1	1	13	18
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	1						1		1		4	5	1			2	1	
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>		1		1									1	2		1	1	
Coleoptera																		
<i>Elmis aenea</i>	7	5		6	16	2	14	6	1	22	6	1	7	2		4		
Coleoptera indet.																		1
Trichoptera																		
<i>Apatania</i> sp. **		1		2	19		9	1		11	7		1			1		
<i>Glossosoma</i> sp. **	2	4							1									
<i>Hydroptila</i> sp.											1							
<i>Oxyethira</i> sp.							1			7	11					2		
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>					11		5			5	27		8					
<i>Potamophylax</i> sp.			4		1				1				1	1				
<i>Rhyacophila nubila</i>	23	7	25	18	3	22	29	11	33	9			9	8	28	23	20	18
Limnephilidae indet.	1	1					1	1					1		1		3	
Polycentropodidae indet.														1				
Diptera																		
Chironomidae indet.	297	402	85	509	364	335	319	315	203	173	206	290	270	247	136	179	72	190
Dixidae indet.																		2
Empididae indet.	1	2		2	3	8	4	11	3	4		1	3	6	10	2	14	8
Psycodidae indet.																	8	3
Simuliidae indet.		55	94	47	5	44	36	26	76	18	5	18	5	6	68	86	32	48
<i>Dicranota</i> sp.	2	3	11	1		3	4	1	2		1	2	4	2	4	3	5	2
<i>Tipula</i> sp.		1	2								1							1
Antall individ	501	766	539	800	541	601	624	504	717	412	561	795	529	607	581	700	456	639
Antall arter / taxa	23	22	18	20	20	18	21	19	22	21	21	18	22	23	16	24	23	18
Forsuringsindeks 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Forsuringsindeks 2	1	0,78	1	0,76	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Vedlegg 10. 'Species score' for artene i PRC analysen av hele perioden. Positive verdier angir økning i relativ abundans, negative verdier angir minkende abundans. Farge indikerer arter med 'species score' med tallverdi > 0,5, dvs. de arter som har størst innvirkning på ordinasjonsanalysen.

* litt følsom for forsurening ** moderat følsom *** svært følsom

Oligochaeta indet.	0,6910
<i>Rhyacophila nubila</i>	0,6470
Simuliidae indet.	0,6220
<i>Brachyptera risi</i>	0,5320
<i>Leuctra hippopus</i>	0,3370
<i>Protonemura meyeri</i>	0,2960
<i>Potamophylax</i> sp.	0,2910
<i>Capnia</i> sp. **	0,2870
<i>Nemoura cinerea</i>	0,2000
Chironomidae indet.	0,1820
<i>Dicranota</i> sp.	0,1690
<i>Glossosoma</i> sp.	0,1510
<i>Lymnaea peregra</i> ***	0,1430
Psycodidae indet.	0,1360
<i>Nemurella pictetii</i>	0,1210
<i>Amphinemura borealis</i>	0,1070
Limonidae indet.	0,0990
<i>Crenobia alpina</i> **	0,0790
Nematoda indet.	0,0590
<i>Baetis fuscatus/scambus</i> ***	0,0510
<i>Philopotamus montanus</i> **	0,0510
<i>Tipula</i> sp.	0,0500
Acari indet.	0,0240
Empididae indet.	-0,0020
<i>Amphinemura standfussi</i>	-0,0510
<i>Leptophlebia</i> sp.	-0,0510
<i>Hydroptila</i> sp.	-0,0700
<i>Baetis subalpinus</i> ***	-0,0870
Ostracoda indet.	-0,0980
<i>Elmis aenea</i>	-0,1160
<i>Lepidostoma hirtum</i> **	-0,1220
<i>Leuctra fusca</i>	-0,1240
<i>Pisidium</i> sp. *	-0,1700
<i>Apatania</i> sp. **	-0,2070
<i>Halesus</i> sp.	-0,2240
<i>Ameletus inopinatus</i> **	-0,2650
<i>Oxyethira</i> sp.	-0,2720
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	-0,2900
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	-0,3030
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	-0,3070
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>	-0,3320
<i>Isoperla</i> sp. **	-0,4320
<i>Heptagenia dalecarlica</i> **	-0,5320
<i>Ephemerella aurivilli</i> ***	-0,5360
<i>Diura nanseni</i> **	-0,6270
<i>Baetis rhodani</i> ***	-0,8510



FERSKVANNSØKOLOGI - LAKSEFISK - BUNNDYR

LFI ble opprettet i 1969, og er nå en avdeling ved Senter for Anvendt Miljøforskning hos Universitetsforskning Bergen (Unifob). Unifob er Universitetet i Bergen sitt forskningsselskap. LFI-Unifob tar oppdrag som omfatter forskning, overvåking, tiltak og utredninger innen ferskvannsekologi. Vi har spesiell kompetanse på laksefisk (laks, sjøaure, innlandsaure) og bunndyr, og på hvilke miljøbetingelser som skal være tilstede for at disse artene skal ha livskraftige bestander. Sentrale tema er:

- Bestandsregulerende faktorer
- Gytebiologi hos laksefisk
- Biologisk mangfold basert på bunndyrsamfunn i ferskvann
- Effekter av vassdragsreguleringer
- Forsuring og kalking
- Biotopjusteringer
- Effekter av klimaendringer

Oppdragsgivere er offentlig forvaltning (direktorater, fylkesmenn), kraftselskap, forskningsråd og andre. Viktige samarbeidspartnere er andre forskningsinstitusjoner (herunder NIVA, NINA, HI, og VESO) og FoU miljø hos oppdragsgivere.

Våre internettsider finnes på <http://lfi-unifob.uib.no>