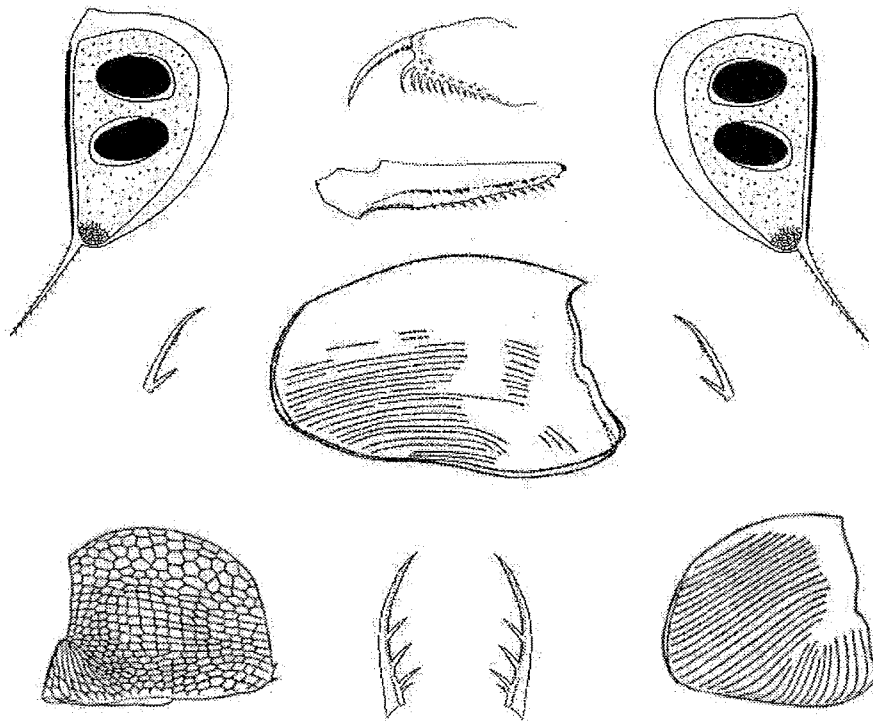


Subfossile rester av
vannlopper (*Cladocera*)
i sedimenter fra seks
innsjøer i ytre Sogn og
Sunnfjord



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

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Subfossile rester av vannlopper (Cladocera) i sedimenter fra seks innsjøer i ytre Sogn og Sunnfjord	Løpenr. (for bestilling)	Dato	
	4297	2000-10-20	
Forfatter(e) Hobæk, Anders	Prosjektnr. Undernr.	Sider	Pris
	O-98219 E- 20439	26	kr 75,-
Fagområde Biologisk mangfold	Distribusjon		
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA	

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, Miljøvernavdelinga	Oppdragsreferanse 390/98
-------------------------------------------------------------------------	-----------------------------

Sammendrag Sedimenter fra seks innsjøer i ytre Sogn og Sunnfjord er undersøkt for subfossile rester av vannlopper (Cladocera). Hensikten var å avklare om forsuringsfølsomme arter har forekommet før forsuringsproblemet satte inn, med spesiell fokus på slekten <i>Daphnia</i> . Flere av innsjøene blir i dag kalket. Bare i Storavatn (Solund) kunne rester av <i>Daphnia</i> påvises i eldre sedimenter. I denne innsjøen forekommer <i>D. longispina</i> fåtallig også i dag, men bestanden synes å ha vært tettere tidligere. I Ynnesdalsvatn (Gulen) ble rester av <i>Daphnia</i> påvist i de yngste sedimenter, og <i>Daphnia cristata</i> har her etablert bestand etter at innsjøalkalitet kom igang. Arten er dermed et nytt (kanskje introdusert) element i faunaen. Hypotesen om at det generelt finnes få bestander av <i>Daphnia</i> i de ytre deler av fylket som følge av forsurening er svekket av disse resultatene. En rekke andre arter vannlopper (både pelagiske og litorale) ble påvist i sedimentene, inklusive enkelte arter som er antatt å være forsuringsfølsomme. Blant disse var <i>Camptocercus rectirostris</i> som ble påvist i sediment fra alle seks innsjøer. Arten er ikke tidligere funnet i Sogn og Fjordane.

Fire norske emneord 1. Innsjøer 2. Biologisk mangfold 3. Dyreplankton 4. Forsuring	Fire engelske emneord 1. Inland lakes 2. Biodiversity 3. Zooplankton 4. Acidification
------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------


Anders Hobæk
Prosjektleder


Anne Lyche Solheim
Forskningsleder


Nils Roar Sælthun
Forskningsjef

**Subfossile rester av vannlopper (Cladocera)
i sedimenter fra seks innsjøer
i ytre Sogn og Sunnfjord**

Forord

Utgangspunktet for dette prosjektet var usikkerhet om årsakene til sjelden forekomst av slekten *Daphnia* i dyreplanktonsamfunn i innsjøer i ytre Sogn og Sunnfjord, og om dette kan tolkes som et resultat av forsurings-effekter. Spørsmålet søkes besvart ved å undersøke subfossile rester av vannlopper i innsjøsedimenter. I sedimentene finnes også en rekke andre arter både fra de åpne vannmasser og fra strandsonen, og flere av disse har potensiell indikatorverdi med hensyn til forsurings-effekter (og andre påvirkninger). Derfor er også andre arter identifisert i prøvene så langt dette har vært praktisk mulig. Denne delen av prosjektet har vært metodisk utprøvende, for å teste muligheter for å rasjonalisere tid-krevende opparbeidelse av prøver.

Feltarbeidet har vært utført av Camilla Grimsby og Arild Sunnfjord ved NIVA Vestlandsavdelingen, mens Merete Farstad har vært kontaktperson ved Fylkesmannen i Sogn og Fordane, Miljøvernavdelinga. Takk til alle for godt samarbeid, og til velvillige grunneiere for bistand ved feltarbeidet.

Bergen, 20. november 2000

Anders Hobæk

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Materiale og metoder	9
2.1 Utvalg av innsjøer	9
2.2 Prøvetaking av sedimenter	10
2.3 Analyse av sedimenter	10
2.4 Subfossile rester av vannlopper	11
3. Resultater	12
3.1 <i>Daphnia</i> -rester i sedimenter	12
3.2 Andre arter	13
4. Diskusjon	15
5. Henvisninger	18
Vedlegg A. Tabeller	20

Sammendrag

Sedimentprøver fra seks innsjøer i ytre Sogn og Sunnfjord ble undersøkt for forekomst av subfossile rester av vannlopper (Cladocera). Hovedmålsettingen var å dokumentere om slekten *Daphnia* tidligere har forekommet i disse innsjøene. Tre av innsjøene blir i dag kalket. Rester av *Daphnia longispina*-gruppen kunne bare påvises i Storavatn i Solund og i Ynnesdalsvatn i Gulen. I Storavatn finnes en tynn bestand av *D. longispina* i dag, og rester ble påvist i lavt antall gjennom det meste av sedimentproppen. Tettheten av rester var imidlertid vesentlig høyere i de eldste delene av sedimentet. I Ynnesdalsvatn forekom rester av *Daphnia* bare i det øverste laget av sedimentene, og dette henger høyst sannsynlig sammen med etablering av *D. cristata* i innsjøen etter at kalking ble iverksatt. Slekten har imidlertid ikke forekommet her tidligere. I de øvrige fire innsjøer forekom ingen *Daphnia*-rester. Det synes derfor klart at sjelden forekomst av *Daphnia* i denne gruppen i de ytre deler av Sogn og Fjordane ikke nødvendigvis har sammenheng med forurening av området.

Det ble totalt registrert 24 arter vannlopper i innsjøsedimentene. Svardalsvatn i Gulen skilte seg ut med relativt høy artsrikdom. Blant artene var flere som ansees forureningsfølsomme. En art (*Camptocercus rectirostris*) er ikke tidligere registrert i Sogn og Fjordane, men ble her registrert i alle seks innsjøer.

Summary

Title: Subfossil Cladoceran remains in lake sediments from six localities in outer Sogn and Sunnfjord, Western Norway

Year: 2000

Author: Hobæk, A.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3928-6.

Sediment cores taken from six lakes in outer Sogn and Sunnfjord (Western Norway) were screened for subfossil remains of Cladocera. The primary goal of this investigation was to establish whether *Daphnia* spp. had lived in these lakes prior to acidification. Three of these lakes are presently being limed. Remains belonging to the *Daphnia longispina* group were found in two lakes: Storavatn in Solund and Ynnesdalsvatn in Gulen. The former lake presently harbours a meagre population of *D. longispina*, and remains were found through most of the core. Density was much higher, however, in the oldest sediments examined. In the latter lake (limed since 1991), *Daphnia* remains only occurred in recent sediments, corresponding to a recent invasion or introduction of *D. cristata*. In this lake, as well as four others, the absence of the *D. longispina* group cannot be explained by acidification alone.

A total of 24 cladoceran taxa were recorded from the sediment samples. Lake Svardalsvatn in Gulen had the highest species richness. Among the recorded taxa several are considered sensitive to acidification (alkaliphilous). The Chydorid *Camptocercus rectirostris* has not previously been recorded from Sogn and Fjordane County, but in the present study occurred in all six lakes.

1. Innledning

Forsuring har regionalt hatt en omfattende effekt på vassdrag i Norge (Kroglund m.fl. 1994). Fokus har i første rekke vært rettet mot skadelige effekter på fiskebestander, men det har lenge vært akseptert at både direkte (fysiologiske) effekter og sekundære (økologiske) effekter på mange organismer medvirker til endringer i biologisk mangfold. Det viktigste tiltaket mot forsuring har vært og vil fortsatt være kalking. I de senere år har målsetningen for kalkingsvirksomheten blitt utvidet fra å trygge vannkvalitet for fiskebestandene til også å skulle opprettholde biologisk mangfold. Med dette utvidete fokus har det også naturlig fulgt økende interesse for tilstand og eventuelle endringer i biologisk mangfold i forsurede og kalkede vassdrag (Walseng m.fl. 1995; Forseth m.fl. 1997, Brandrud m.fl. 1999). Dagens overvåking av vassdragene omfatter derfor en rekke biosamfunn, inklusive invertebrater og planteliv (jfr. DN 2000).

I motsetning til fiskebestandene kjenner vi lite til status for biologisk mangfold fra før forsuringen satte inn. Når 'naturtilstanden' ikke er kjent, er det også vanskelig å sette realistiske mål for kalkingsvirksomheten, bortsett fra å anta at vannkvalitet som er god nok for laks vil være tilstrekkelig også for de aller fleste andre akvatiske organismer. Det ligger imidlertid en usikkerhet i dette. Mange norske vassdrag hatt alltid hatt en svært ionefattig vannkvalitet med lave konsentrasjoner av kalsium, som for en del organismer trolig har vært marginal. Kalking kan medføre at vannkvaliteten blir så god at organismer som ikke tidligere har hatt livsgrunnlag i et vassdrag kan etablere seg. Slike spørsmål må reises etter hvert som biosamfunn endres i kalkede vassdrag. En diskusjon rundt kalkingsmål for å gjenopprette en antatt naturtilstand for biologisk mangfold av bunndyr og plankton finnes i Aagaard & Fremstad (1997). Her presenteres også et forsøk på å etablere en forventning om utviklingen av biologisk mangfold som respons på kalking for ulike grupper invertebrater (se Schartau m. fl. [1997] for vurderinger av dyreplankton og krepsdyr).

En tilnærming til å karakterisere 'naturtilstand' er å studere subfossilt materiale. I innsjøsedimenter akkumuleres rester av en lang rekke akvatiske organismer. Dette er selvsagt avhengig av at organismene har strukturer som ikke raskt brytes ned, og at disse restene lar seg identifisere. Etter som sedimentene bygges opp over tid danner de et arkiv over endringer både i innsjøens organisme-samfunn og i nedbørfeltet omkring. For ulike typer subfossile rester er teknikkene for opparbeidelse og identifikasjon utviklet i varierende grad. Pollenanalyser er vel kjent, og for akvatiske organismer er analyse av kiselalger vel etablert. Sedimentene inneholder imidlertid en lang rekke rester av andre akvatiske organismer, som insekter og krepsdyr foruten andre algegrupper. For eksempel benyttet EU-prosjektet MOLAR subfossile rester av kiselalger, chrysophyceer ("gullalger"), vannlopper og fjærmygg til å karakterisere forsurings-utviklingen i et utvalg Europeiske alpine og arktiske innsjøer (Wathne 1999). Endringer i artsutvalg og dominans av vannlopper er også studert i andre markert forsurete områder (Nilssen & Sandøy 1990).

I enkelte kalkede vassdrag på Vestlandet har vi eksempler på at *Daphnia* har etablert seg i de siste årene, f. eks. i flere innsjøer i Ynnesdalsvassdraget (G.G. Raddum pers. medd.) og i Espelandsvatnet i Bøfjordelva (Brekke pers. medd.). I begge tilfeller dreier dette seg om *Daphnia cristata*, som ikke er kjent fra denne landsdelen tidligere. Hvorfor akkurat denne arten har etablert seg er ukjent. Slike etableringer fører også naturlig til spørsmålet om hva som levde i innsjøene før forsuringen satte inn.

Hobæk (1998) påpekte at vannkjemisk sett var de antatte forsuringsskadene i mange av innsjøene i ytre Sogn og Sunnfjord små. Sammenholdt med en referansegruppe bestående av regulerte innsjøer viste en cluster-analyse at vannkjemiske parametre ikke kunne skille klart mellom innsjøgruppene. Derimot viste en tilsvarende analyse basert på dyreplanktonets sammensetning at samfunnene langt bedre differensierte mellom forsurete innsjøer og referansegruppen. Et tydelig mønster var mangelen på slekten *Daphnia* i innsjøer i de ytre deler av fylket. Siden denne økologisk sett viktige slekten er direkte følsom for forsuring, kan manglende forekomst indikere forsuringsskader, og dette vil i så fall være et viktig signal om økologiske endringer. Både vannkjemiske forhold og forekomst av andre

arter som også er følsomme for forsurening gir imidlertid grunnlag for å tvile på om forsurening faktisk er årsaken til at *Daphnia* mangler i disse innsjøene. Det foreliggende prosjektet kom i stand som et forsøk på å besvare dette spørsmålet, ved å søke etter rester av *Daphnia* i sedimenter som har akkumulert før forsurening ble et problem.

Imidlertid finnes det tallrike rester av andre arter vannlopper i sedimentene, og målsettingen med dette prosjektet har derfor vært dels å slå fast om *Daphnia* har vært en del av planktonsamfunnene før forsurening, og dels metodisk for å teste enklere metoder til opparbeidelse av sedimenter med tanke på rester av vannlopper generelt. Disse utgjør viktige elementer i både bunndyr- og planktonsamfunnene i innsjøer, og en rekke arter ansees for å ha indikatorverdi blant annet i forhold til forsurening (Krause-Dellin & Steinberg 1986).

2. Materiale og metoder

2.1 Utvalg av innsjøer

Innsjøene ble valgt ut basert på resultater fra undersøkelser av planktonsamfunn i en rekke innsjøer i Sogn og Fjordane (Hobæk m.fl. 1996; Hobæk 1998), samt data fra andre overvåkingsprogram. Seks innsjøer var med i undersøkelsen (Tabell 1). Tre av disse blir kalket. Innsjøene i Ynnesdalsvassdraget ansees som markert forsuret før kalking, mens de øvrige lokalitetene synes forholdsvis mindre påvirket. I Storavatn i Solund finnes i dag en tynn bestand av *Daphnia longispina* (E. Brekke pers. medd.), og innsjøen ble inkludert i prosjektet dels for å ha med en lokalitet der vi var sikre på å finne rester i sedimentene, og dels for å se om det kunne dokumenteres endringer i dominansforhold over tid.

Tabell 1. Undersøkte lokaliteter i Sogn og Fjordane.

Innsjø	Kommune	Innsjø nr.	UTM ØV	UTM NS	Hoh (m)	Kalket fra
Ynnesdalsvatn	Gulen	2131	303000	6761300	103	1991
Svardalsvatn	Gulen	25912	287500	6758200	29	1994
Storavatn	Solund	28851	279300	6784700	2	-
Langesjøen	Fjaler	1643	294550	6800200	24	-
Vardevatn	Fjaler	28607	315200	6798900	577	1991
Viksdalsvatn	Gaular	1648	340300	6802600	146	-

Kalking har vært aktuelt i alle områdene som er undersøkt. I Gaularvassdraget ovenfor Viksdalvatnet overvåkes Sæta-grenen av vassdraget pga. nokså sur vannkvalitet, og dette finner man også i flere mindre delfelt ved innsjøen. Kalkingsplaner er ikke satt i verk. Den andre hovedgrenen ovenfor innsjøen har god vannkvalitet. Storavatn og Langesjøen har også vært vurdert som kalkingsobjekter i kommunale kalkingsplaner, men hittil har kalking ikke blitt iverksatt. Vannkjemiske data fra innsjøene er kort sammenfattet i Tabell 2.

Tabell 2. Vannkjemiske data fra de undersøkte innsjøer. For kalkete innsjøer er det også gitt data fra perioden før kalking. Data for Ynnesdalsvatn er fra Raddum (1980) og fra DN's kalkingsrapporter 1991-1999. Data for Viksdalsvatn er fra utløpet av innsjøen (Hindar et al. 2000). For de øvrige innsjøer er data oppgitt fra MVA Sogn og Fjordane. Antall prøver er oppgitt for pH-målinger, mens for andre parametre var antallet målinger oftest lavere.

Innsjø	Periode	Antall prøver	pH	Kond mS/m	Ca mg/l	Cl mg/l	L Al µg/l	TOC mg/l	ANC µekv/l
Ynnesdalsvatn	1977-1991	8	4,8-5,4	2,0-3,1	0,3-0,4	2,7-5,3	39	1,2-2,7	-14 - 21
	1991-1999	141	5,7-7,6	1,4-4,7	0,6-4,7	2,0-9,6	0-42	1,0-2,4	4 - 219
Svardalsvatn	1988-1991	3	4,7-4,8	3,4-4,9	0,3-0,5	-	-	-	-39 - -17
	1995-1997	5	6,1-6,5	3,4-4,5	1,5-2,2	7,0-9,9	2-5	1,7	21 - 69
Storavatn	1998-1999	7	5,4-6,2	2,6-5,0	0,4-1,3	5,0-12,6	3-13	-	8 - 35
Langesjøen	1993-1999	6	5,1-5,4	2,8-5,8	0,4-0,6	6,1-11,5	13-35	-	-54 - 6
Vardevatn	1989	8	5,4-5,8	-	-	-	-	-	-
	1991-1998	12	5,3-6,8	1,1-2,4	0,2-2,0	1,9-3,3	1-10	1,1-1,9	-9 - 87
Viksdalsvatn	1999	7	5,8-6,0	1,2-1,6	0,5-0,7	1,7-2,6	3-8	0,9-1,2	13-20

Tabell 3. Morfometriske data for de undersøkte innsjøer, og data for prøvetaking av sedimenter. Alle prøver er tatt i tidsrommet 21-23 juni 1999.

Innsjø	Hoh (m)	Areal (km ²)	Volum (mill. m ³)	Middel dyp (m)	Max dyp (m)	Dyp for prøvetaking (m)	Lengde av sedimentpropp (cm)
Ynnesdalsvatn	103	1,86	110	62,4	116	115	32
Svardalsvatn	29	0,760	9,121	11,8	49	44	34
Storavatn	24	0,225	-	-	-	20	24
Langesjøen	18	0,118	-	-	-	29	25
Vardevatn	577	0,222	2,517	11	38	36	27
Viksdalsvatn	146	8,21	-	-	88	57	27

2.2 Prøvetaking av sedimenter

I juni 1999 ble det i hver innsjø tatt opp sedimentpropper fra det dypeste området i innsjøene (Tabell 3). Det er her sedimentert materiale endelig akkumuleres og her man finner den mest representative sammensetning av arter, inklusive de strandlevende formene. For flere av innsjøene forelå det ikke noe dybdekart, og det ble da brukt en del tid i felt på å lete seg fram til det dypeste området. Viksdalsvatnet er så stort at det ikke var mulig å søke i mer enn en del av bassenget (den midterste delen).

Prøvene ble tatt med en vanlig gravitasjonscorer med utskiftbare plexiglassrør. Disse hadde en indre diameter på 63 mm. Etter at vannet over sedimentet i coreren var tappet forsiktig av med en tynn slange, ble sedimentet skjøvet varsomt gjennom coreren med et stempel og snittet i 2 cm tykke seksjoner. Sedimentproppenes lengde varierte mellom 24 og 34 cm. Materialet består dermed av fra 12-16 snitt fra hver innsjø. Det ble tatt to propper fra hver innsjø, slik at prøver foreligger i duplikat. Hvert snitt ble lagt i en plastpose, og senere oppbevart mørkt og kjølig.

2.3 Analyse av sedimenter

”Normal” sedimentanalyse (Frey 1986) for mikrofossiler er tidkrevende. Dessuten kan fåtallige rester lett oversees, fordi mengden sediment som kan gjennomgås blir begrenset. For makrofossiler som ephippier er det ønskelig å gå gjennom større mengder av sedimentet. Under opparbeidelsen av materialet fra Sogn og Fjordane ble det eksperimentert med ulike teknikker for å finne fram til en mest mulig rasjonell bearbeidelse. Det foreliggende materialet er bearbeidet på følgende måte:

En oppveid mengde sediment (3 – 10 g, avhengig av sedimentets vanninnhold) ble slemmet opp i vann, og filtrert gjennom en relativt grov planktonduk (250 µm masker) i små porsjoner. Filtringen ble gjort svært skånsomt. Det gjenværende materialet ble så gjennomløst under lupe (6-50 X forstørrelse). Det ble her benyttet dels gjennomlysning og dels mørkefelt for å se skallrestene av vannlopper best mulig. Skallrester som ikke kunne bestemmes direkte i lupen ble overført til objektglass og undersøkt i mikroskop. Fra de fleste prøver ble det dessuten tatt ut små ufiltrerte delprøver for direkte undersøkelse i mikroskop.

For å sammenligne med tradisjonell metodikk, ble prøver fra enkelte sjikt også behandlet etter ”normal” metode. En oppveid mengde sediment (ca. 3 g) ble behandlet med 100 ml varm (ca. 70 °C) 10% KOH i 15 – 20 min. Prøven ble så avkjølt og filtrert gjennom en planktonduk (maskevidde 40 µm) og luten vasket ut. Deretter ble materialet resuspendert i 20 ml vann. Etter farging med metylfiolet (for å gjøre skallrestene mer synlige) ble 4 delprøver fordelt på objektglass (125 µl på hver), og deretter ble disse gjennomgått under mikroskop inntil rester av minst 200 dyr (eksklusive *Bosmina*) var identifisert.

Taxonomien følger Flössner (2000), som er den nyeste mer omfattende revisjon av gruppen. Familien Bosminidae er ikke med i denne revisjonen, og for denne gruppen følges Flössner (1972). Systematikken innen flere familier har de siste årene vært atskillig debattert, og det må fortsatt ventes betydelige endringer spesielt innen familiene Daphnidae og Bosminidae. Innen Chydoridae (som er den mest artsrike gruppen) er det mindre endringer.

Disse usikkerhetene har imidlertid liten betydning for resultatene presentert her. Rester av *Daphnia* er bare bestemt til gruppe, og det er ingen usikkerhet om tilhørigheten til gruppene. Innen slekten *Chydorus* er det uenighet om arten *Ch. latus* er en selvstendig art (Flössner 2000) eller en underart av *Ch. sphaericus* (Smirnov 1996). I dette materialet er det ikke skilt mellom disse, og alle observasjoner er ført til *Ch. cf. sphaericus*. Dette skyldes at flere viktige karakterer ikke kunne registreres på skallrestene. Videre er det uenighet om *Ch. piger* skal føres til en egen slekt, *Paralona* (Smirnov 1996), men det er ingen usikkerhet knyttet til identifikasjonen. En problematisk gruppe er også de små artene i slekten *Alona*. I mange tilfeller forelå det her bare kroppskjold. Disse er vanskelige eller umulige å skille fra hverandre for de aktuelle artene. I noen tilfeller tyder skulptureringen av skallene på *A. guttata*, men i mangel av andre fossilrester har jeg ikke ansett dette som tilstrekkelig identifikasjon. Vi kan heller ikke se bort fra at flere arter innen slekten enn de som er oppført kan ha vært representert. Det trengs imidlertid rester av andre kroppsdeler for å kunne identifisere disse, og med den grove teknikken brukt her ble det funnet få av disse.

2.4 Subfossile rester av vannlopper

Restene av vannlopper omfatter flere ulike kroppsdeler. Som oftest finnes disse hver for seg. De viktigste er dyrenes skall (kroppskjold og hodeskjold) og "hale" (postabdomen). I noen tilfeller er klørne som sitter ytterst på postabdomen tilstrekkelig for sikker identifikasjon, og disse finnes også ofte separat. Artene *Polyphemus pediculus* og *Bythotrephes longimanus* har redusert skall, men har til gjengjeld karakteristiske mandibler. Begge artene har også en spina som ofte tillater sikker identifikasjon. Endelig finnes ofte hvileegg innkapslet i en del av morens kroppskjold (et ephippium). Ephipper er sterkest utviklet utviklet i familien Daphnidae. Disse kan enkelt bestemmes til slekt, men karakterer tilstrekkelige for artsbestemmelse er ikke kjent. For *Daphnia* kan imidlertid ephippiene føres til grupper som tilsvarer tre underslekter (*Ctenodaphnia*, *Daphnia* og *Hyalodaphnia*). Den siste er her også omtalt som *Daphnia longispina*-gruppen.

3. Resultater

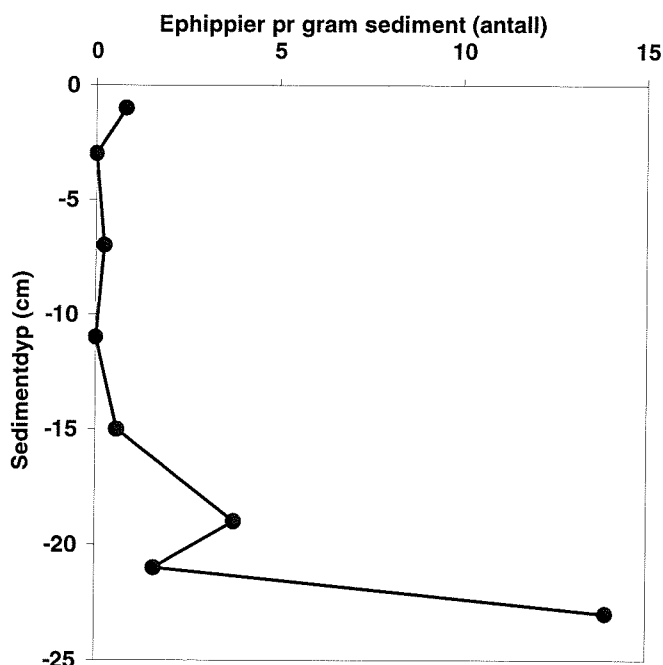
Sedimentene bestod i alt vesentlig av organisk materiale. I de fleste lokaliteter var det et merkbart økende innslag av uorganiske partikler (sand) i de dypere deler av proppene. Et unntak fra dette mønsteret var Vardevatnet, der det forekom mye uorganisk materiale i sjiktene 10-12 cm (finkornet sand) og 18-20 cm (sand og mer grovkornet grus).

Sedimentene inneholdt ofte mye grovpartikulært materiale, f. eks. rester av moser. Rester av insekter var vanlige, f. eks. hodekapsler av fjærmygg. Statoblaster av mosdyr ble funnet i alle innsjøer unntatt Viksdalsvatn og Svardalsvatn. Mosdyret *Cristatella mucedo* Cuvier har karakteristiske statoblaster, som forekom i Storavatn (0-2 cm), Langesjøen (12-14 cm), og Vardevatn (24-26 cm).

3.1 *Daphnia*-rester i sedimenter

I Ynnesdalsvatn i Gulen ble det funnet ett enkelt ehippium tilhørende *Daphnia pulex*-gruppen i sjiktet 24-26 cm dyp i sedimentet. Siden denne arten bare opptrer i små dammer og mindre innsjøer uten fisk, antas dette funnet å representere et ehippium transportert inn i bassenget utenfra. For øvrig ble det bare funnet fåtallige skallrester og ett ehippium tilhørende *Daphnia longispina*-gruppen i det øverste sedimentlaget i denne innsjøen.

I Storavatn i Solund ble det påvist ehipprier av *Daphnia longispina*-gruppen i de fleste sjikt av sedimenter (Figur 1). I denne innsjøen fantes *D. longispina* meget sparsomt i 1998. Den ble bare påvist i litorale prøver og manglet i planktonprøver (E. Brekke pers. medd.). Tettheten av ehipprier i sedimentene var lav ned til sjiktet 18-20 cm. Det høyeste antallet ble påvist i det dypeste sjiktet i prøven (22-24 cm). Foruten ehipprier ble det også funnet andre rester av *Daphnia*, som postabdomen og deler av kroppskjoldet. Mest iøynefallende var imidlertid tallrike rester av kroppskjoldets spina som hang sammen med de ventrale listene fra kroppskjoldet. Disse forekom i vesentlig høyere frekvens enn ehippiene, og var godt bevart i denne lokaliteten.



Figur 1. Tetthet av ehipprier tilhørende *Daphnia longispina* – gruppen i sedimenter fra Storavatn i Solund. Tetthetene er angitt som antall pr. gram sediment (våtvekt).

For de øvrige innsjøene ble det ikke påvist noen rester av *Daphnia* i sedimentene, og det er derfor ingen data som tyder på at de har hatt populasjoner av *Daphnia* gjennom de siste 100 år eller mer.

3.2 Andre arter

Resultater for de enkelte innsjøer er sammenfattet i vedleggstabellene 1- 6. Total ble det påvist rester av minst 24 arter vannlopper i sedimentene fra de 6 innsjøene (Tabell 4). Dette er et beskjedent tall, og forsterker inntrykket av at regionen er artsfattig for denne gruppen. I følge Walseng & Halvorsen (1996) er det kjent 32 arter fra fylket, og av disse hører 16 arter til fam. Chydoridae. I det foreliggende materialet fra ytre Sogn og Sunnfjord er det påvist 15 arter innen Chydoridae, inklusive to arter som ikke tidligere er kjent fra fylket (*Alona intermedia* og *Camptocercus rectirostris*). Artene *Alona quadrangularis*, *Alonella exigua*, *Pleuroxus (Peracantha) truncatus* og *Chydorus ovalis* ble ikke påvist, men er tidligere registrert i fylket (Walseng & Halvorsen 1996).

Tabell 4. Vannlopper påvist i sedimenter i 6 innsjøer i ytre Sogn og Sunnfjord. Påviste arter fra alle undersøkte sedimentsjikt er med. Sedimentproppenes lengde varierte mellom 24 og 32 cm.

Art	Ynnesdals- vatn	Svardals- vatn	Stora- vatn	Lange- sjøen	Varde- vatn	Viksdals- vatn
Sididae						
<i>Sida crystallina</i>	x		x		x	
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>		x				
Holopedidae						
<i>Holopedium gibberum</i>	x	x				
Daphnidae						
<i>Daphnia longispina</i> -gr.	x		x			
<i>Daphnia pulex</i> -gr.	x					
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	x	x	x		x	x
Bosminidae						
<i>Bosmina longispina</i>	x	x	x	x	x	x
Chydoridae						
<i>Eurycercus lamellatus</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Chydorus</i> cf. <i>sphaericus</i>	x	x	x		x	x
<i>Chydorus piger</i>		x	x	x	x	x
<i>Alonella exisa</i>		x		x	x	x
<i>Alonella nana</i>	x	x	x	x	x	
<i>Alona affinis</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Alona rustica</i>	x	x	x	x	x	
<i>Alona</i> cf. <i>guttata</i>		x				x
<i>Alona intermedia</i>		x				
<i>Alona</i> sp.	x	x	x	x	x	x
<i>Rhynchotalona falcata</i>		x		x		
<i>Graptoleberis testudinaria</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Monospilus dispar</i>	x	x		x		
<i>Camptocercus rectirostris</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Acroperus harpae</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Alonopsis elongata</i>	x	x	x	x	x	x
Polyphemidae						
<i>Polyphemus pediculus</i>	x	x		x		
Cercopagidae						
<i>Bythotrephes longimanus</i>	x	x		x	x	x
Antall arter Chydoridae	11	15	10	12	11	10
Antall arter totalt	19	21	14	15	15	13

Rester av *Bosmina longispina* var totalt dominerende i alle sedimentsjikt fra alle innsjøer. I grovfiltrerte prøver var hodeskjold og kroppskjold hyppige, og i mikroskopet kunne det påvises postabdomen og postabdominale klør. Blant chydoridene ble følgende arter påvist i de fleste sedimentsjikt i alle innsjøer: *Eurycercus lamellatus* (linsekreps), *Alona affinis*, *Acroperus harpae* og *Alonopsis elongata*. Dette er alle meget vanlige arter, som ikke synes å affiseres av forsurening. I de grovfiltrerte prøvene forekom kroppskjold, hodeskjold og postabdomen av de to førstnevnte artene vanlig, mens de to sistnevnte vesentlig ble påvist som kroppskjold. Mikroskopiske undersøkelser viste at postabdomen og klør tilhørende disse også var vanlige, mens hodeskjold ikke forekom så hyppig.

Ytterligere to arter av fam. Chydoridae ble påvist i alle innsjøer, men ikke med samme regularitet som artene nevnt ovenfor. Dette gjaldt *Camptocercus rectirostris* og *Graptoleberis testudinaria*. Den første av disse er ikke tidligere registrert i fylket, mens den andre forekommer ganske vanlig. En rekke arter ble funnet i fem av de seks innsjøene: *Ceriodaphnia* sp., *Chydorus* cf. *sphaericus*, *Chydorus piger*, *Alonella nana*, *Alona rustica* og *Bythotrephes longimanus*. Av *Ceriodaphnia* ble det bare påvist ephippier. Disse er karakteristiske for slekten, men kan ikke artsbestemmes. Det er imidlertid svært sannsynlig at alle forekomstene dreier seg om *C. quadrangula*, som er den vanligste arten på Vestlandet. *Ch.* cf. *sphaericus* (inklusive *Ch. latus*) forekommer høyst sannsynlig i alle innsjøene, selv om den ikke ble påvist i Langesjøen. *C. sphaericus* er en av de vanligste artene av vannlopper. *Ch. piger* kan artsbestemmes basert bare på hodeskjold eller bare på kroppskjold. Den synes også å være vanlig i hele området, selv om antall tidligere registreringer i fylket ikke er så mange. *A. nana* og *A. rustica* er også svært vanlige, og forekommer trolig i alle de undersøkte innsjøer. Det var imidlertid en klar tendens til at *A. nana* (som er svært liten) ble vasket ut av sedimentet under grovfiltrering, og den ble ofte bare påvist i ufiltrerte prøver. For *A. rustica* gjelder at en stor del av de ubestemte kroppskjoldene (anført under *Alona* sp.) med stor sannsynlighet hører til her. For sikker identifikasjon behøves imidlertid hodeskjold og/eller postabdomen, som var klart underrepresentert i de filtrerte sedimentene. *Alonella excisa* ble påvist i fire av innsjøene. *Bythotrephes longimanus* ble påvist dels som mandibler, og dels som spina (denne bærer karakteristiske klør proksimalt). Arten synes å være lite affisert av forsurening, men forekommer hyppigst i innsjøer med moderat fiskepredasjon (bare aure eller aure og røye). *Polyphemus pediculus* er også en meget vanlig art i hele landet, og synes ikke affisert av forsurening. Den ble bare påvist i tre innsjøer i dette materialet som mandibler og spina.

Alona guttata ble påvist med sikkerhet i to innsjøer. Denne arten er ganske vanlig, og det er sannsynlig at mange av kroppskjoldene ført under *Alona* sp. kan tilhøre denne arten. *Monospilus dispar*, som regnes som følsom for forsurening, ble funnet i tre innsjøer. I alle innsjøene der arten ble påvist (Ynnesdalsvatn, Svardalsvatn og Langesjøen) forekom den bare i de øverste sedimentlagene. Den er bare registrert i et fåtall lokaliteter i Hordaland og Sogn og Fjordane, og må regnes som forholdsvis sjelden. *Alona intermedia* ble bare påvist i Svardalsvatn. Denne arten er utbredt over det meste av landet, men er nesten alltid fåtallig. I følge Walseng & Karlsen (1997) er også denne arten forsuringsfølsom.

De subfossile restene av *Sida crystallina*, *Diaphanosoma brachyurum* og gelékrepsen *Holopedium gibberum* består i vesentlig grad av små deler av postabdomen, ofte bare av klørne på denne. Disse delene er små og blir derfor lett oversett i de filtrerte sedimentene. *H. gibberum* forekommer med sikkerhet i flere av innsjøene. Disse artene viser liten eller ingen sammenheng med forsurening.

Svardalsvatn skilte seg ut som den mest artsrike lokaliteten. Her ble det funnet 21 arter vannlopper i sedimentene, og 15 av disse var chydorider. I Viksdalsvatn ble det registrert færrest arter totalt (13 arter).

4. Diskusjon

Sedimentproppene som her er analysert er ikke daterte, og vi kan derfor ikke med sikkerhet si at de dypeste sjiktene representerer en naturtilstand i forhold til forurening. Det ligger imidlertid en betydelig empirisk erfaring bak denne antagelsen. En diskusjon av sedimentasjonsrater og alder av sedimenter prøvetatt på tilsvarende måte finnes i Rognerud og Fjeld (1990). Basert på normale tilvekstrater for sediment på $0,5-2,5 \text{ mm}\cdot\text{år}^{-1}$ vil 25 cm dype sedimenter være avsatt for 100 - 500 år siden. Alle de undersøkte innsjøene er næringsfattige med lav egenproduksjon, og sedimentenes akkumulasjonsrate vil derfor i betydelig grad avhenge av tilførsler av organisk og uorganisk (som i Vardevatn) materiale fra nedbørfeltet. Det er imidlertid all grunn til å tro at alle disse innsjøene har forholdsvis lave akkumulasjonsrater av sediment, siden de er lite produktive og lite påvirket av lokal aktivitet.

Mangelen på *Daphnia*-rester i eldre sedimenter fra alle innsjøer unntatt Storavatn gir et ganske entydig svar på spørsmålet som var utgangspunkt for dette prosjektet. At slekten mangler i mange innsjøer som er undersøkt i fylkets ytre deler kan ikke generelt tilskrives forurening i nyere tid. Dette er overraskende. I Gaularvassdraget forekommer *D. galeata* i Lauvavatn like ovenfor Viksdalsvatn (Sægrov & Brekke 2000), og transport av hvileegg til Viksdalsvatnet synes svært sannsynlig. Likevel er det klart at arten ikke har klart å etablere en bestand her over lang tid. Dette kan heller ikke forklares med fiskepredasjon, som synes å være vel så sterk i Lauvavatn som i Viksdalsvatn (H. Sægrov pers. medd.). Kanskje er vannkvaliteten i de aktuelle innsjøene marginal også fra naturens side for disse artene. Dette impliserer i så fall at kalking som fører til så god vannkvalitet at arter innen denne gruppen kan etablere seg, kan bety en forandring som "overskyter" naturtilstanden. Det biologiske mangfoldet kan dermed bli betydelig forandret som følge av kalking, siden *Daphnia*-artene på langt nær er de eneste som er følsomme for vannkvaliteten. Dette er åpenbart problematisk i forhold til aktuelle målsettinger for kalkingsvirksomheten. Generelt sett peker resultatet på et klart behov for dokumentasjon av naturtilstand og på behov for presisering av den biologiske målsetting for kalkingsprosjekter.

I Storavatn var mengden *Daphnia*-ephipprier var klart høyest i de dypeste sedimentlagene som er undersøkt. Dette kan ha sammenheng med forureningseffekter. Hyppige svingninger i vannkvalitet som følge av episodisk forurening og/eller sjøsaltepisoder kan ha hindret populasjonen i å bygge opp høye tettheter på 1900-tallet. Imidlertid kan variasjon i mengden ehipprier også reflektere andre faktorer som tetthetsvariasjon i aure-bestanden i Storavatn, siden fiskepredasjon også kan holde slike populasjoner på et lavt nivå. Produksjon av ehipprier avhenger heller ikke bare av populasjonstetthet. Det kan derfor ikke entydig slås fast at mønsteret vi fant i Storavatnet skyldes forurening, men dette må likevel vurderes som sannsynlig.

I Ynnesdalsvatn ble det påvist flere skall og ett ehippium tilhørende *D. longispina*-gruppen i det øverste sedimentlaget. Så vidt vites er *Daphnia* ikke påvist i planktonprøver fra denne innsjøen, men *D. cristata* er funnet i roteprøver tatt nær utløpet, i elven nedenfor, og i innsjøer lengre nede i vassdraget (G.G. Raddum pers. medd.). Alle disse observasjonene er gjort de senere årene (etter at kalkingsprosjektet startet). Restene som ble påvist omfattet 10 kroppskjold og ett ehippium i en sedimentmengde på 5 g. Kroppskjoldene så ut som om de skriver seg fra skallskifter, og var svært små (ca 0,6 mm uten spina). Ehippriet var litt større (0,84 mm uten spina). Disse dimensjonene er konsistente med *D. cristata*. Etableringen av *D. cristata* i vassdraget er uventet og overraskende, siden arten knapt er kjent på Vestlandet nord for Jæren. Samme art har også etablert seg i Espelandsvatnet i Hyllestad etter 1995 (Hobæk m. fl. 1996; E. Brekke pers. medd.). Denne innsjøen er også blitt kalket. At disse etableringene representerer en naturlig spredning virker lite sannsynlig. En mulig forklaring kan være introduksjon f. eks. med spredebåt eller annet utstyr som benyttes i kalkingsprosjektene. Hvileeggene er svært motstandsdyktige for både tørke, frost, og fordøyelse gjennom fisk eller fugl. Det er derfor sannsynlig at de kan overleve vanlige desinfeksjonsmidler, dessuten syrer og oksidasjonsmidler.

Arten *Monospilus dispar* regnes som alkalifil (dvs. at den forekommer vanligst ved pH >7,0; Krause-Dellin & Steinberg 1986), og forekomsten i tre av innsjøene var derfor uventet. I alle tilfeller ble arten bare påvist i de øverste sedimentlag (0-4 cm). I Svardalsvatn og Ynnesdalsvatn kan artens forekomst settes i forbindelse med kalking, mens dette ikke er tilfelle i Langesjøen. Mest overraskende var likevel påvisningen av *Camptocercus rectirostris* i alle seks innsjøer, med forekomst i både i resent og eldre sediment i flere av dem. Denne arten regnes også som alkalifil. Den er ikke tidligere registrert i Sogn og Fjordane, og påvises generelt forholdsvis sjelden i håvtrekk tatt i litoralsonen. Arten er sterkt knyttet til makrovegetasjon. I overvåkingsprogrammene for kalkede vassdrag blir påvisning av disse artene tolket som tegn på bedret vannkvalitet (jfr. DN 2000). At *C. rectirostris* finnes såpass hyppig i sedimentene kan tyde på en markert under-representasjon i ordinære litoralprøver, men dette forklarer ikke at arten her synes å opptre i nokså sure vannkvaliteter.

Flössner (2000) har gjenopptatt et gammelt taxon (*Camptocercus biserratus* Schoedler 1862) som en egen art. Denne har tidligere (Flössner 1972) vært synonymisert med *C. rectirostris*. *C. biserratus* er ikke kjent fra Norge, men er oppgitt å ha andre habitatkrav enn *C. rectirostris*. Blant annet skal den opptre hyppig i kalkfattige og sure myrvann ned til pH 4,2 (Flössner 2000). Morfologisk er arten ganske lik *C. rectirostris*. Skillet mellom dem går blant annet på kroppsstørrelse og på antall langsgående striper på kroppskjoldet. Andre karakterer gjelder formen på hodeskjold og detaljer i urforming av postabdomen og dennes klør. Materialet fra innsjøene i ytre Sogn og Sunnfjord kan ikke entydig fastslås å tilhøre bare *C. rectirostris*, men de fleste individer synes å ha mest felles med denne i formen på kroppskjoldet. Mange individer er også klart større enn det er oppgitt for *C. biserratus*. Samtidig har de fleste individer færre striper langs kroppskjoldet enn *C. rectirostris* forventes å ha, og ligner i denne karakteren mer på *C. biserratus*. Siden de fleste karakterer ligger nærmest *C. rectirostris*, og bare denne arten er kjent hos oss, er registreringene ført til denne arten. Den uventede forekomsten i ionefattige og sure innsjøer i Sogn og Fjordane kan imidlertid tyde på at vi står overfor en art som har vært oversett i Norge. Siden *C. rectirostris* ansees å ha indikatorverdi i forhold til vannkvalitet vil det også ha anvendt interesse å undersøke nærmere om det kan dreie seg om to arter med ulike økologiske krav.

Undersøkelsen som er presentert her må betraktes som innledende og ganske grov. Dette gjelder spesielt omfanget av sedimentanalyser. Ideelt sett burde oppløsningen være bedre både med hensyn til antall sjikt i sedimentet som ble analysert, og ved at fossile rester av mindre størrelse ble tillagt større vekt. Dette ville med sikkerhet føre til at flere arter ble registrert i flere sjikt av sedimentene. Sedimentanalysene har altså ikke fanget opp alle arter av vannlopper som lever eller har levd i innsjøene. Mengden materiale som er bearbeidet er heller ikke sammenlignbar for alle innsjøene. Mest omfattende analyser er gjort på Ynnesdalsvatnet, og det er sannsynlig at artslisten er mer fullstendig for denne innsjøen enn for de øvrige. Imidlertid var det også en del av målsettingen å teste forenklete prosedyrer som tillot undersøkelse av større sedimentvolum, og dette synes å ha vært formålstjenlig i forhold til problemstillingen.

For å kunne trekke sikrere konklusjoner om endringer i faunaen er det nødvendig å datere sedimentene. Likedan ville lengre sedimentpropper åpenbart gi informasjon over lengre tidsrom. For problemstillingene som er behandlet her, vurderes imidlertid materialet som adekvat, fordi selv de korteste proppene med stor sannsynlighet er eldre enn forsuringsproblemet.

Antallet taxa som ble påvist i det filtrerte materialet var forbausende høyt i forhold til forventningen. Noen eksempler på dette er vist i vedleggstabellene. I Ynnesdalsvatn (28-30 cm) ble rester av *Sida crystallina*, *Holopedium gibberum* og *Graptoleberis testudinaria* bare funnet ved en fullstendig analyse, men langt de fleste taxa ble påvist også i det filtrerte materialet. Tilsvarende gjelder for Svardalsvatn (32-34 cm), der *Diaphanosoma brachyurum*, *Chydorus piger*, *Alonella exisa* og *Alona guttata* bare kunne påvises i ufiltrert sediment. Selv om mikroskopiske undersøkelser av ufiltrert sediment som oftest medførte at flere arter ble påvist, var den viktigste forskjellen faktisk at slike analyser tillot større presisjon i identifikasjonen av rester for en del grupper. Spesielt gjelder dette slekten *Alona*, der kroppskjoldene alene i mange tilfeller ikke gir holdepunkt for å skille mellom arter. Det er derfor klart at en forenklet metode ikke kan erstatte en fullstendig analyse. Samtidig er det klart

at den forenklete metoden gir en betydelig informasjonsmengde, og for store og fåtallige fossiler (som *Daphnia-ephippior*) vil den ofte være et nødvendig supplement for å fange opp forekomsten av dem. For andre store arter (inklusive *Camptocercus rectirostris*) var filtreringen også en vesentlig sikrere metode enn den tradisjonelle til å påvise restene.

Databearbeidelsen av artsforekomster kan trekkes betydelig lenger enn det er gjort her dersom fossilene i sedimentet kvantifiseres. Krause-Dellin & Steinberg (1986) karakteriserte mange chydorider i forhold til en pH-skala som acidobionter (maksimal tetthet ved $\text{pH} < 5,5$), acidofile (maksimal tetthet ved $\text{pH} < 7$), sirkumnøytrale (maksimal tetthet ved $\text{pH} \approx 7$), alkalifile (maksimal tetthet ved $\text{pH} > 7$), og indifferente (ingen klar preferanse). Dette var basert på en litteraturgjennomgang av registrerte forekomster i Europa. Basert på prosent forekomst av arter med ulik preferanse etter dette systemet, kan en estimator av pH ved et gitt dyp i sedimentet beregnes. Metodikken tilsvarer bruken av kiselalger som indikatorer, og i dag er det vanlig å konstruere mer avanserte uttrykk (såkalte "transfer functions") basert på et resent datasett for å kunne rekonstruere abiotiske parametre som temperatur, pH og trofegrad bakover i tid ut fra sammensetningen av subfossile rester i sedimentene. Det er interessant å legge merke til at *Camptocercus rectirostris* og *Monospilus dispar* klassifiseres som alkalifile i systemet til Krause-Dellin & Steinberg (1986), og begge forekom dermed nokså uventet i dette materialet. Artene *Alona affinis*, *Eurycercus lamellatus*, *Graptoleberis testudinaria* og *Chydorus piger* hører til gruppen sirkumnøytrale, og var alle svært vanlige i disse innsjøene. Det synes klart at artenes miljøkrav hos oss ikke nødvendigvis er de samme som på kontinentet, og i noen tilfeller kan taksonomiske uklarheter tenkes å forstyrre klassifiseringen (jfr. diskusjonen rundt *Camptocercus* ovenfor). Det er likevel ingen tvil om at vannloppene har et betydelig potensiale som verktøy for rekonstruksjon av tidligere miljøforhold i innsjøene. I tillegg kan de gi vesentlig informasjon om innsjøenes 'naturtilstand' med tanke på artssammensetning og økologisk tilstand, og slik kunnskap vil få større forvaltningsmessig betydning etter hvert som EUs Vannrammedirektiv blir implementert også i Norge.

5. Henvisninger

- Brandrud, T.E., G. Halvorsen, E-A. Lindstrøm, G.G. Raddum, P. Brettum, D. Dolmen, G.A. Halvorsen, Ø.A. Schnell, S.-E. Storeid & B. Walseng. 1999. Effekter av kalking på biologisk mangfold. Basisundersøkelser i Tovdalsvassdraget. Utredning for DN 1999-9. 126 s.
- Direktoratet for naturforvaltning. 2000. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1999. DN-notat 2000-2. 536 s.
- Forseth, T., G.A. Halvorsen, O. Ugedal, I. Fleming, A.K.L. Schartau, T. Nøst, R. Hartvigsen, G. Raddum, W. Mooij & E. Kleiven. 1997. Biologisk status i kalka innsjøer. NINA Oppdragsmelding 508: 1-52.
- Flössner, D. 1972. Krebstiere, Crustacea. Kiemen- und Blattfüsser, Branchiopoda. Fischläuse, Branchiura. Tierwelt Deutschlands 60. Jena. 501 pp.
- Flössner, D. 2000. Die Haplopoda und Cladocera (ohne Bosminidae) Mitteleuropas. Backhuys Publishers, Leiden. 428 pp.
- Frey D., 1986: Cladocera Analysis.- p. 227 - 257 in: Berglund B.E. (ed.). Palaeohydrological changes in the temperate zone in the last 15 000 years. Subproject B. Lake and mire environments. Volume II. Specific methods. International Geological Correlation Programme, Project 158.
- Hindar, A., Å. Åtland, H.C. Teien, B. Salbu, M.-B. Johansen, G.G. Raddum, V. Bjercknes & L.B. Skancke. 2000. Vannkjemiske og biologiske undersøkelser for å studere mulige forureningsproblemer i vassdrag i Sogn og Fjordane under flomepisoder i 1999. NIVA rapport Lnr. 4256-2000. 88 s.
- Hobæk, A. 1998. Dyreplankton fra 38 innsjøer i Sogn og Fjordane. NIVA-rapport Lnr. 3871-98. 34 s.
- Hobæk, A., V. Bjercknes, T.E. Brandrud & T. Bækken. 1996. Evaluering av fullkalkete innsjøer i Sogn og Fjordane: Fiskebestander, makrovegetasjon, bunndyr og dyreplankton. NIVA-rapport Lnr. 3385-96. 81 s.
- Krause-Dellin, D. & C. Steinberg. 1986. Cladoceran remains as indicators of acidification. *Hydrobiologia* 143: 129-134.
- Kroglund, F., T. Hesthagen, A. Hindar, G.G. Raddum, M. Staurnes, D. Gausen & S. Sandøy. 1994. Sur nedbør i Norge. Status, utviklingstendenser og tiltak. Utredning for DN 1994-10. 98 s.
- Nilssen, J.P. & S. Sandøy. 1990. Recent lake acidification and cladoceran dynamics: surface sediment and core analyses from lakes in Norway, Scotland and Sweden. *Philos. Trans. Royal Soc.* 327 B: 299-309.
- Raddum, G.G. 1980. Fysisk-kjemiske data fra utvalgte sjøer i Sør-Norge (Integrerte innsjøundersøkelser, del 3). SNSF-prosjektet, TN 55/80. 46 s.
- Rognerud, S. & E. Fjeld. 1990. Landsomfattende undersøkelse av tungmetaller i innsjøsedimenter og kvikksølv i fisk. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT. Rapport 426/90 TA nr. 714/1990.
- Schartau, A.K.L., A. Hobæk & B. Walseng. 1997. Forventede effekter av kalking på planktoniske og litorale krepsdyr. S. 77-85 i: Aagaard, K. & E. Fremstad (red.). Forventede effekter av kalking på det biologiske mangfoldet. Bunndyr og plankton. Utredning for DN 1997-5. 90 s.
- Smirnov, N. N. 1996. Cladocera: The Chydorinae and Saycinae (Chydoridae) of the World. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world, Vol. 11. SPB Academic Publishing bv. 197 pp.
- Sægvog, H. & E. Brekke. 2000. Fiske- og planktonundersøkingar i Viksdalvatnet, Hestadfjorden og Lauvatnet i 1999. Rådgivende Biologer Rapport 452. 19 s.

Walseng, B., G.G. Raddum & F. Kroglund. 1995. Kalking i Norge. Invertebrater. Utredning for DN 1995-6. 58 s.

Walseng, B. & G. Halvorsen. 1996. Cladocera, Vannlopper. Side 95-99 i: Aagard, K. & D. Dolmen (red.). Limnofauna Norvegica. Katalog over norsk ferskvannsfæuna. Tapir Forlag. 310 s.

Walseng, B. & L.R. Karlsen. 1997. Reetablering av forsuringsfølsomme invertebrater etter kalking av ferskvann i Østfold. NINA Oppdragsmelding 490. 32 s.

Wathne, B. 1999. MOLAR Progress Report 3/1999. March 1998 - March 1999. Measuring and modelling the dynamic response of remote mountain lake ecosystems to environmental change: A programme of Mountain Lake Research – MOLAR. NIVA rapport Lnr. 4070-99. 126 s.

Aagaard, K. & E. Fremstad (red.). Forventede effekter av kalking på det biologiske mangfoldet. Bunndyr og plankton. Utredning for DN 1997-5. 90 s.

Vedlegg A. Tabeller

Vedleggstabell 1-6 lister alle subfossile rester påvist i ulike sedimentsjikt i de seks undersøkte innsjøene. Det er også angitt hvilke rester som er påvist for de enkelte artene:

S	kroppskjold
HS	hodeskjold
PA	postabdomen
PAK	postabdominale klør alene
E	ephippier
M	mandibler
Sp	spina.

Rester som er listet med kursiv er bare påvist i ufiltrede prøver undersøkt i mikroskop.

SVARDALSVATN	0-2	12-14	28-30	32-34
Sedimentdyp (cm)	0-2	12-14	28-30	32-34
Mengde sediment (g)	10,3	5,1	6,3	8,3
<i>Sida crystallina</i>				PAK
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>				
<i>Holopedium gibberum</i>	PA			
<i>Daphnia longispina</i> -gr.				
<i>Daphnia pulex</i> -gr.				
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	E	E	E	E
<i>Bosmina longispina</i>	S, E, HS	S, E, HS	S, E, HS	S, E, HS, PA
<i>Eurycerus lamellatus</i>	S, HS, PA	S, HS, PA	S, HS, PA	S, HS, PA
<i>Chydorus</i> cf. <i>sphaericus</i>	S, HS	S	S	S, HS
<i>Chydorus piger</i>	S, HS	S, HS	S, HS, PA	HS
<i>Alonella exisa</i>		S		S
<i>Alonella nana</i>	S	S, HS	HS	S, HS
<i>Alona affinis</i>	S, E, HS, PA	S, E, HS, PA	S, E, HS, PA	S, E, HS, PA
<i>Alona rustica</i>	S, HS, PA	S, HS, PA	S, E, HS, PA	S, E, HS, PA
<i>Alona</i> cf. <i>guttata</i>				S, HS
<i>Alona intermedia</i>		S, HS		
<i>Alona</i> sp.	S			S
<i>Rhynchotalona falcata</i>				S, HS, PA
<i>Graptoleberis testudinaria</i>	S	S	S	S
<i>Monospilus dispar</i>	S, HS, PA			
<i>Campiocercus rectirostris</i>	S, E, HS, PA	S, PA	S, E, HS	S, HS, PA
<i>Acroperus harpae</i>	S, HS	S	S, HS	S, HS, PA
<i>Alonopsis elongata</i>	S, HS	S, E	S	S, HS, PA
<i>Polyphemus pediculus</i>				Sp
<i>Bythotrephes longimanus</i>	M, Sp	M, Sp	Sp	M, Sp

STORAVATN	0-2	2-4	6-8	10-12	14-16	18-20	20-22	22-24
Sedimentdyp (cm)	0-2	2-4	6-8	10-12	14-16	18-20	20-22	22-24
Mengde sediment (g)	12,4	5,7	4,3	3,8	3,4	3,7	3,1	4,1
<i>Sida crystallina</i>		PAK						PAK
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>								
<i>Holopedium gibberum</i>	E		E		E	E	E	E
<i>Daphnia longispina</i> -gr.								
<i>Daphnia pulex</i> -gr.								
<i>Ceriodaphnia</i> sp.								
<i>Bosmina longispina</i>	S, HS	S, HS	S, HS	S, HS	S, HS	S, HS	S, HS	S, HS
<i>Eurycerus lamellatus</i>	S, HS, PA	S, HS, PA	S, HS	S	S, HS	S, HS	PA	PA
<i>Chydorus cf. sphaericus</i>	S, HS	S, HS	S	S	S, HS			S
<i>Chydorus piger</i>	HS					S		
<i>Alonella exisa</i>								
<i>Alonella nana</i>	S	S		S	S	S		S
<i>Alona affinis</i>	S, HS, PA	S, HS, PA	S, HS	HS	HS, PA	S, SH	S, HS	S, HS
<i>Alona rustica</i>	S, HS, PA	S, HS, PA	S, HS, PA		S, HS			
<i>Alona cf. guttata</i>								
<i>Alona intermedia</i>								
<i>Alona</i> sp.	S	S		S		S		
<i>Rhynchotalona falcata</i>								
<i>Graptoleberis testudinaria</i>	S, HS	S	S		S			S
<i>Monopilus dispar</i>								
<i>Campocercus rectirostris</i>	S	S						
<i>Acroperus harpae</i>	S, PA	S, HS	S, HS			S, HS		S, HS
<i>Alonopsis elongata</i>	S	S				S, HS		S, HS
<i>Polyphemus pediculus</i>								
<i>Bythotrephes longimanus</i>								

LANGESJØEN				
Sedimentdyp (cm)	0-2	12-14	22-24	24-25
Mengde sediment (g)	10,1	7,3	6,3	8,5
<i>Sida crystallina</i>				
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>				
<i>Holopedium gibberum</i>				
<i>Daphnia longispina</i> -gr.				
<i>Daphnia pulex</i> -gr.				
<i>Ceriodaphnia</i> sp.				
<i>Bosmina longispina</i>	S, E, HS	S, E, HS	S, E, HS	S, E, HS
<i>Eurycercus lamellatus</i>	S, E, HS, PA	S, PA	S, HS, PA	S, HS, PA
<i>Chydorus</i> cf. <i>sphaericus</i>				
<i>Chydorus piger</i>	S, HS, PA	S, HS	S, HS	S, HS
<i>Alonella exisa</i>	S		S	
<i>Alonella nana</i>	S, HS		S	
<i>Alona affinis</i>	S, HS, PA	S, E, HS, PA	S, E, HS, PA	S, E, HS, PA
<i>Alona rustica</i>	S, HS		S, HS, PA	
<i>Alona</i> cf. <i>guttata</i>				
<i>Alona intermedia</i>				
<i>Alona</i> sp.		S, E		S
<i>Rhychoatalona falcata</i>	HS		PA	S, HS
<i>Graptoleberis testudinaria</i>	S	S, HS	S	S
<i>Monospilus dispar</i>	S, PA			
<i>Camptocercus rectirostris</i>	S, HS	S	S, HS	S
<i>Acroperus harpae</i>	S, HS	S, PA	S, HS, PA	S, HS
<i>Alonopsis elongata</i>			S	S
<i>Polyphemus pediculus</i>	Sp			
<i>Bythotrephes longimanus</i>	Sp	M, Sp	M	M, Sp

VARDEVATN					
Sedimenttyp (cm)	2-4	10-12	18-20	24-26	26-27
Mengde sediment (g)	7,3	6,9	9,7	10,7	7,9
<i>Sida crystallina</i>			PAK		
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>					
<i>Holopedium gibberum</i>					
<i>Daphnia longispina</i> -gr.					
<i>Daphnia pulex</i> -gr.					
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	E				
<i>Bosmina longispina</i>	S, E, HS	S, E, HS	S, E, HS	S, HS	S, E, HS
<i>Eurycerus lamellatus</i>	S, HS, PA	S, HS	S, HS, PA	S, HS	S, HS, PA
<i>Chydorus</i> cf. <i>sphaericus</i>	S, HS	S	S, HS	S	S, E, HS
<i>Chydorus piger</i>	S	S	S		
<i>Alonella exisa</i>					
<i>Alonella nana</i>	S	S	S		
<i>Alona affinis</i>	S, HS, PA	S, E, HS, PA	S, HS, PA		S, HS, PA
<i>Alona rustica</i>		S, PA	S, PA		S, HS
<i>Alona</i> cf. <i>guttata</i>					
<i>Alona intermedia</i>					
<i>Alona</i> sp.	S	S	S	S	S
<i>Rhynchotalona falcata</i>					
<i>Graptoleberis testudinaria</i>					
<i>Monospilus dispar</i>					
<i>Camptocercus rectirostris</i>	S, HS				S
<i>Acroperus harpae</i>	S	S, HS	S, E, HS		S, HS
<i>Alonopsis elongata</i>	S	S	S	S	
<i>Polyphemus pediculus</i>					
<i>Bythotrephes longimanus</i>	M, Sp				

VIKSDALSVATN				
Sedimentdyp (cm)	0-2	12-14	24-26	26-27
Mengde sediment (g)	20,7	5,6	5,2	7,0
<i>Sida crystallina</i>				
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>				
<i>Holopedium gibberum</i>				
<i>Daphnia longispina</i> -gr.				
<i>Daphnia pulex</i> -gr.				
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	E	E	E	E
<i>Bosmina longispina</i>	S, E, HS	S, E, HS	S, E, HS	S, E, HS
<i>Eurycerus lamellatus</i>	S, E, HS	S, HS, PA	S, HS, PA	S, HS, PA
<i>Chydorus cf. sphaericus</i>		S, HS	S, HS	S
<i>Chydorus piger</i>	S			
<i>Alonella exisa</i>		S	S	
<i>Alonella nana</i>				
<i>Alona affinis</i>	S, E, HS	S, HS	S, E, HS, PA	S, HS, PA
<i>Alona rustica</i>				
<i>Alona cf. guttata</i>		S, E		
<i>Alona intermedia</i>				
<i>Alona</i> sp.	S	S, E	S	S
<i>Rhynchotalona falcata</i>				
<i>Graptoleberis testudinaria</i>				
<i>Monospilus dispar</i>			S, HS	HS
<i>Campocercus rectirostris</i>	S, HS	S, PAK	S, HS	S, HS
<i>Acroperus harpae</i>	S, HS	S	S	S
<i>Alonopsis elongata</i>	S, HS	S, E	S, PA	S
<i>Polyphemus pediculus</i>				
<i>Bythotrephes longimanus</i>	Sp			