

335

OPPDRAKSMELDING

Krepsdyr og bunndyr i sure vann
i Østfold

Bjørn Walseng
Heidi Hansen



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Krepsdyr og bunndyr i sure vann i Østfold

Bjørn Walseng
Heidi Hansen

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befariingsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvernavdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Walseng, B. & Hansen, H. 1994. Krepssdyr og bunndyr i sure vann i Østfold. NINA Oppdragsmelding 335: 1-29

Oslo, mars 1995

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-0552-1

Klassifisering av publikasjonen:

Norsk: Forurensning og miljøovervåking i limnisk miljø - Evertebrater

Engelsk: Pollution and monitoring of fresh water ecosystems - Invertebrates

Rettighetshaver:

© NINA Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Lars Erikstad

NINA, Oslo

Design og layout:

Klaus Brinkmann

NINA, Ås

Sats / originaler: NINA

Kopi: Kopsentralen AVS, Fredrikstad

Opplag: 150

Kopiert på miljøpapir!

Kontaktadresse:

NINA

Boks 1037 Blindern

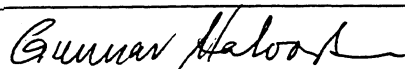
N-0315 Oslo

Tel. 22 85 46 84

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 5599

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Fylkesmannen i Østfold, miljøvernavdeling

Referat

Walseng, B. & Hansen, H. 1994. Krepssdyr og bunndyr i sure vann i Østfold. - NINA Oppdragsmelding 335: 1-29.

Tilsammen 22 vann i den sørøstlige delen av Østfold er undersøkt, hvorav Ravnsjøen, Isebakktjern, Holvatn og Breidtjern er med i NIVA's overvåkingsprogram for sure vann i fylket. Klimaet er kontinentalt og bergrunnen består av tungt forvitrelige bergarter. I utgangspunktet har alle vannene hatt lav pH, mens sur nedbør har resultert i en ennå lavere pH. Mange fiskebestander er gått tapt. I dag blir 10 av vannene kalket, og pH varierer i disse mellom 6,2 og 7,1. I vannene som ikke blir kalket, varierer pH mellom 4,5 og 5,6. Rødvatn og Krokvatn hadde henholdsvis pH 4,8 og pH 5,3 før kalking og respektive pH 6,8 og pH 6,2 etter kalking høsten 1994. Med noen få unntak ble det funnet større artsrikdom av krepssdyr i de kalkede enn i de ikke kalkede vannene. Flest arter ble funnet i Nordre Boksjø (28 arter). I 1974, dvs før kalking, ble det kun funnet fem arter her. I vannene som blir kalket, ble det funnet flere arter som kan karakteriseres som følsomme overfor lav pH. *Daphnia longispina* og *D. galeata* er eksempler på slike arter. Også med hensyn til bunndyr er det skjedd forandringer etter kalking. I Nordre Boksjø ble det funnet snegl og muslinger som begge er pH-følsomme grupper. Gråsugge har økt i antall. Døgnflueartene *Cloeon simile* og *Caenis luctuosa* ble funnet i Søre Boksjø. Disse tilhører slekter som har pH 6,0 som nedre grense. Kalking av vann i Østfold har allerede resultert i at fiskebestander har tatt seg opp. Denne undersøkelsen bekrefter at det samme også er tilfelle med andre ferskvannnsorganismer.

Emneord: Sur nedbør - Kalking - Ferskvann - Krepssdyr - Bunndyr - Østfold.

Bjørn Walseng, NINA, Boks 1037 Blindern, N-0315 Oslo.
Heidi Hansen, Fylkesmannen i Østfold, miljøvernnavdeling, Dronningensgate 1, 1530 Moss.

Abstract

Walseng, B. & Hansen, H. 1994. Crustaceans and bottomdwelling animal in acid waters in Østfold county. - NINA Oppdragsmelding 335: 1-29.

Alltogether 22 lakes are included in this survey which includes the Lakes Ravnsjøen, Isebakktjern, Holvatn and Breidtjern that are among the lakes that Norwegian Institute for Water Research (NIVA) monitors in their program for acidified lakes in Østfold. This area has a continental climate, and belongs to the Precambrian rock province of southeastern Norway. pH in these lakes has always been low, but acid rain have made the situation worse. In 1994 ten out of the locations are treated with lime, and pH in these lakes now varies between 6.2 and 7.1. In the waters that were not treated with lime stone the pH varies between 4.5 and 5.6. Lake Rødvatn and Lake Krokvatn, which both were limed in the autumn 1994, had pH 4.8 and pH 5.3 before and pH 6.8 and pH 6.2 after the treatment. With few exceptions there are more species of crustaceans in treated than in untreated lakes. The highest number of species were recorded from Lake Nordre Boksjø (28 species). In 1974, prior to liming when the lake still was acid, the number of species were five. In the limed lakes, there are now species that are sensitive towards low pH. *Daphnia longispina* and *D. galeata* are such examples. Also with respect to bottomdwelling animals there have been changes in the composition of the fauna. In the Lake Nordre Boksjø snail and mussels, which both are acidsensitive, were found. The number of water lice (*Asellus aquaticus*) has increased in numbers. The two mayflies *Cloeon simile* and *Caenis luctuosa* were found in Lake Søre Boksjø. Those two species are normally found in waters where pH is above 6.0. The lime treatment of lakes in Østfold county has so far improved that fish populations which have been mostly restored. This investigation has shown that the same is true for other freshwater organisms like crustaceans and bottomdwelling animals.

Key words: Acid rain - Liming - Freshwater - Crustacean - Bottomdwelling animals - Østfold.

Bjørn Walseng, NINA, PO Box 1037 Blindern, N-0315 Oslo, Norway
Heidi Hansen, Fylkesmannen i Østfold, miljøvernnavdeling, Dronningensgate 1, N-1530 Moss, Norway.

Forord

I forbindelse med planlagt kalking av forsurede vann i Østfold er det utført forundersøkelser mht på vannkjemi og krepsdyr. Rapporten vurderer også lokaliteter som er kalket samt et utvalg referanselokaliteter som ikke skal kalkes. Prosjektet er utført på oppdrag fra Fylkesmannen i Østfold og Direktoratet for naturforvaltning.

Vi vil få takke Lars Walseng, som assisterte under feltarbeidet i september samt John Brittain som har artsbestemt døgnfluer, steinfluer og vårfluer.

Oslo, desember 1994

Bjørn Walseng

Innhold

	side
Referat	3
Abstract	3
Forord	4
1 Innledning	5
2 Områdebeskrivelse	6
2.1 Beliggenhet	6
2.3 Klima	8
2.4 Berggrunn og løsmasser	9
2.5 Vegetasjon	9
3 Materiale og metoder	10
4 Resultater og diskusjon	10
4.1 Vannkjemi	10
4.1.1 pH	10
4.1.2 Kalsium.....	10
4.1.3 Fargetall.....	11
4.2 Krepsdyr	11
4.2.1 Registrerte arter	11
4.2.2 Artsantall	13
4.2.3 Planktoniske krepsdyr og deres toleranse mht pH..	14
4.2.4 Litorale krepsdyr og deres toleranse mht pH.....	17
4.2.5 Faunamessig likhet.....	19
4.3 Bunndyr	19
4.3.1 Døgnfluer	20
4.3.2 Steinfluer	20
5 En vurdering av de enkelte lokaliteter	22
6 Konklusjon	26
7 Sammendrag	27
8 Litteratur	28

Vedlegg

1 Innledning

Formålet med denne undersøkelsen er å gi en statusoversikt over krepsdyrfaunaen i forsurrede områder i Østfold. Rapporten omfatter undersøkelser av både lokaliteter som skal kalkes og som allerede er kalket. Nordre og Søre Boksjø er eksempler på det siste. Her ble det også tatt bunndyrprøver i 1994. I tillegg til vann som er eller vil bli kalket, inkluderer undersøkelsen også lokaliteter som ikke skal kalkes og som derfor skal fungere som referanselokaliteter.

Ved kalking forbedres vannkvaliteten betydelig og lokalitetene åpnes igjen for nye arter, mens andre får vanskeligere konkurranseforhold. I Sverige er det observert forskjeller i artsammensetning mellom kalkede og ikke kalkede innsjøer (Appelberg & Aldén 1992). I Rorevassdraget, som er blitt kalket siden ca 1990, er det dukket opp ca 15 nye krepsdyrarter. Også kalkingen av Store Hovvatn, Tovdalsvassdraget, i 1981 ga endringer i zooplanktonsamfunnet (Brettum & Hindar 1985). Mulige endringer av zooplanktonsamfunnet ved en eventuell kalking av Hagavatnet i Rogaland er blitt vurdert (Langeland et al. 1993).

Det er viktig å være oppmerksom på hvilke endringer som er en direkte følge av kalkingen og hvilke som indirekte kan skyldes endringer i fiskefaunaen (Appelberg & Aldén 1992). Toleranse overfor lav pH hos forskjellige bunndyrgrupper er blitt beskrevet av Johnson et al. (1993) og Raddum & Fjellheim (1984a). Endringer i bunndyrfaunaen som følge av kalking er studert i flere norske vassdrag (f.eks. Hegna 1992).

Nordre og Søre Boksjø ble undersøkt så tidlig som i 1918 (Huitfeldt-Kaas 1918) mht til fisk, og det ble den gang registrert en rik fauna i disse vannene. På begynnelsen av 50-tallet ble ca 150 fiskevann i Østfold undersøkt og beskrevet (Vasshaug 1990). Det ble registrert en rekke sure vann og i enkelte var det klart at fiskebestanden var utdødd. Det er blitt kalket i lengre tid, både av privatpersoner og av lokale fiskeforeninger. Først på 80-tallet ble kalking startet i regi av Fylkesmannen og Direktoratet for naturforvaltning. Som en følge av dette, ble det i perioden 1988-90 drevet overvåking mht vannkjemi samt fiskebiologiske undersøkelser for å framskaffe et grunnlag for eventuelle korrigeringer av tiltakene (Kristiansen 1991). Ørsjøen, Langevann, Østre og Vestre Rømmungen, Lysevassdraget samt Rømsjøen inngikk i dette prosjektet.

Det foreligger imidlertid dårlig dokumentasjon av krepsdyr og bunndyr i sure lokaliteter i Østfold. I 1974 ble det gjort inventeringer i verneverdige områder i fylket som blant annet omfattet Boksjøområdet som allerede den gang var rammet av forsuring (Borgstrøm et al. 1974). Evertebratfaunaen i Søre Boksjø ble fulgt de første årene etter kalking med tanke på mulige endringer (Raddum et al. 1984). En undersøkelse av krepsdyrfaunaen i et utvalg ferskvannslokaliteter innen Vansjø/Hobøl- og Haldenvassdraget ble foretatt i 1993 i forbindelse med verneplanarbeidet (Walseng 1994). Fra Vansjø foreligger det dessuten undersøkelser som delvis er knyttet opp mot eutrofieringen av innsjøen (Bjørndalen & Warendorph 1982, NIVA 1977, 1984). Også i Haldenvassdraget har det foregått overvåkingsundersøkelser i forbindelse med blant annet forurensningssituasjonen (Walseng 1994). I til-

legg har det vært foretatt undersøkelser av Femsjøen og Lille Ertevann i forbindelse med bruken av disse lokalitetene som drikkevannskilder for Halden vannverk (NIVA 1967). En rapport om de naturfaglige og naturvernmessige forhold i Haldenvassdraget og de tilgrensende områder på norsk side av Stora Le omhandler blant annet også krepsdyr (Hardeng 1982).

2 Områdebeskrivelse

2.1 Beliggenhet

Beliggenheten til de undersøkte lokalitetene er vist i **figur 1** og er dekket av kartbladene Vansjø 1913 IV, Aspern 2013 III og Kornsjø 2012 IV (M 711-serien). Med unntak av Ravnsjøen (lok. 18) og Isebakkjern (lok. 19) som ligger vest for Vansjø, ligger de øvrige i den sørøstlige delen av fylket. Undersøkelsesområdet ligger innenfor kommunene Råde, Våler, Sarpsborg, Aremark og Halden.

Ravnsjøen, Isebakkjern, Holvatn og Breidtjern er med i NIVA's overvåkingsprogram av sure vann i Østfold. Ravnsjøen renner til Sæbyvatnet som tilhører Vansjø/Hobølvassdraget, mens Isebakkjern renner til Glomma. Holvatn og Breidtjern ligger på sørsida av henholdsvis Femsjøen og Aspern. Begge tilhører Haldenvassdraget.

Rødvatn (lok. 1), Krokvatn (lok. 2), Langtjern (lok. 3) og Lindtjern (lok. 4) tilhører et sidevassdrag til Haldenvassdraget med utløp i den nordøstre delen av Femsjøen. I nord ligger Rødvatn med en uregelmessig strandlinje og med et areal på i underkant av 20 ha. Fra utløpet i sørenden renner Rødvassbekken sørover til samløp med elva fra Krokvatn. Dette vannet har omtrent samme areal som Rødvatn og har også en uregelmessig form, herav navnet. Etter samløp tar hovedelva navnet Fisma som før utløp i Femsjøen skifter navn til Rødelva. Langevatn tilhører en sidegren på sørøstsida av hovedelva, mens Lindtjern, som mangler utløp, ligger sørøst for Krokvatn.

Store Erte har et areal på 4800 ha og renner til Femsjøen. Kuletjern ligger sør for Store Erte og mangler avløp, mens Folkevatn drenerer sørover med utløp innerst i Iddefjorden ved Folkå.

De resterende lokalitetene tilhører Enningdalselva som renner til Iddefjorden. Nordre Boksjø ligger i øvre deler av dette vassdraget. Vannet har et areal på 2,1 km². Den sørligste delen av vannet, som delvis er avsnørt fra den nordlige delen, kalles Skogfjorden. En kort elvestrekning skiller Nordre Boksjø fra Søre Boksjø som har et areal på 8,4 km² der den sørøstlige delen tilhører Sverige. Haugåstjern og Krokjern er to små myr vann på vestsiden av de to Boksjøene.

Søre Boksjø drenerer via Hallerødelva til Kornsjø og derfra til Bullaresjøen. Fra nordenden av dette vannet renner Enningdalselva nordover gjennom Kirkevatnet og Rødsvatnet til utløp i sørenden av Iddefjorden. Fem av de undersøkte lokalitetene ligger på vestsiden av Enningdalselva. Bortsett fra Årbutjern, som drenerer til Sverige, renner de øvrige til Enningdalselva. Langevatn blir ikke kalket.

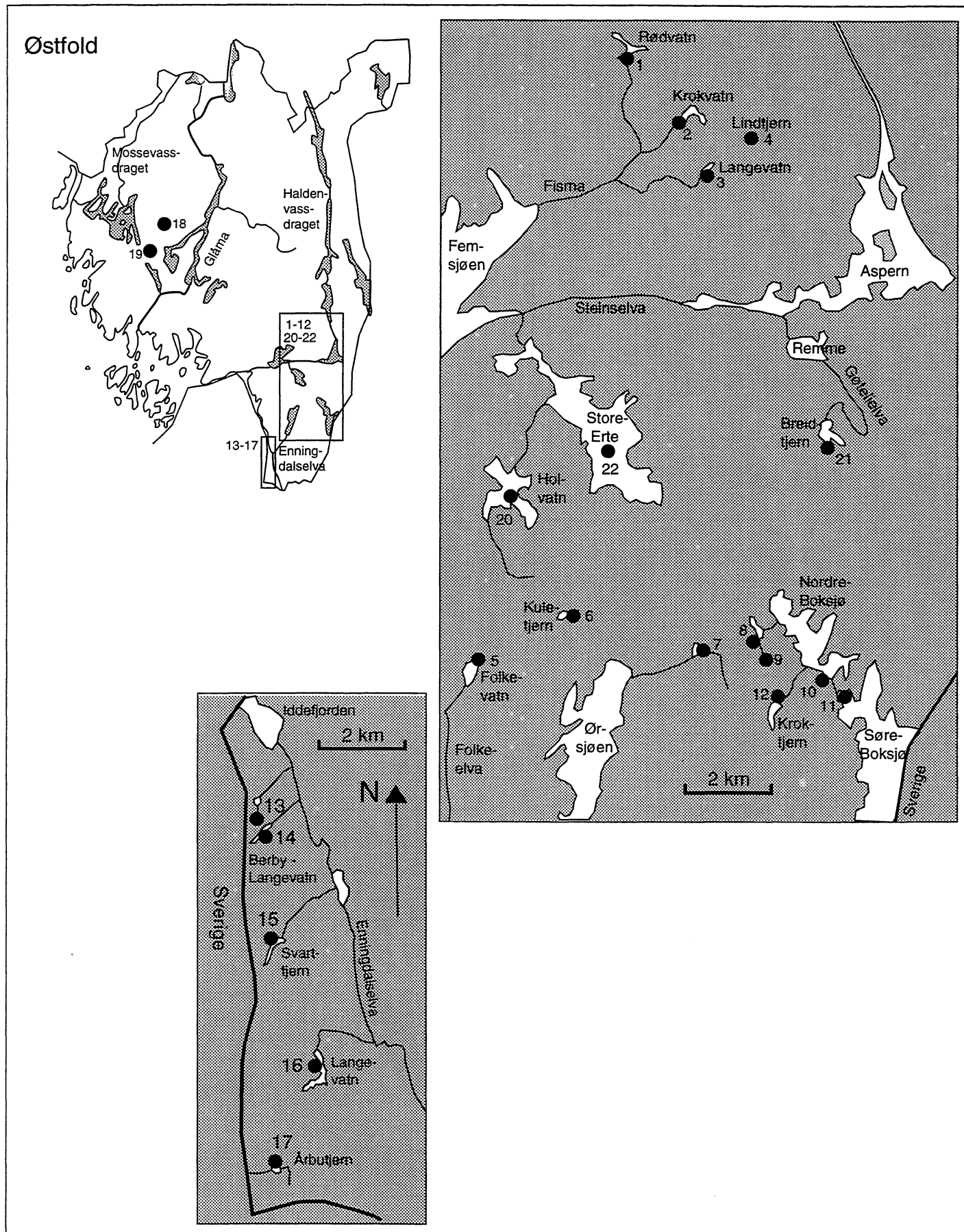
Et lite tjern i Steinbruddalen (lok. 7) renner til Ørsjøen. Elva fra dette vannet renner sørvestover og møter Enningdalselva ca 1 km før utløp i Iddefjorden.

Ravnsjøen og Isebakkjern ligger begge under 100 m o.h., mens de øvrige fordeler seg opp til 230 m o.h. med Krokjern (lok. 12) som den høyest beliggende lokaliteten (**tabell 1**). Elvelokalitetene lå henholdsvis 172 m o.h. (Elva mellom N. og S. Boksjø) og 93 m o.h. (Fisma).

Tabell 1

Noen karakteristiske data for de undersøkte lokalitetene.
Some characteristic data for the investigated lakes.

nr no	navn name	kommune municipality	UTM	h o.h. (m) m. a.s.l	areal ha	dato
1	Rødvatn	Aremark/Halden	PL 480 665	206	18	29-06-94/08-09-94
2	Krokvatn	Aremark	PL 497 648	161	18	29-06-94/08-09-94
3	Langtjern	Aremark	PL 500 632	150	7	28-09-94
4	Lindtjern	Aremark	PL 512 642	174	2	28-09-94
5	Folkevatn	Halden	PL 437 494	162	20	28-09-94
6	Kuletjern	Halden	PL 464 508	195	8	28-09-94
7	Tjern Steinbrudalen	Halden	PL 499 498	222	3	28-09-94
8	Haugåstjern	Halden	PL 517 504	182	10	28-09-94
9	Tjern v Haugåstjern	Halden	PL 517 499	185	0,3	28-09-94
10	Nordre Boksjø	Aremark/Halden	PL 530 500	173	2100	28-09-94/27-10-94
11	Søre Boksjø	Aremark/Halden	PL 550 475	166	8400	28-09-94/27-10-94
12	Krokjern	Halden	PL 520 484	230	12	28-09-94
13	søndre Svartholstjern	Halden	PL 419 391	170	1	29-09-94
14	Berby-Langvatn	Halden	PL 420 388	170	4	29-09-94
15	Svartjern	Halden	PL 423 365	130	3	29-09-94
16	Langevatn	Halden	PL 433 334	168	15	29-09-94
17	Årbutjern	Halden	PL 422 314	132	4	29-09-94
18	Ravnsjøen	Våler/Sarpsborg	PL 137 868	82	35	27-10-94
19	Isebakkjern	Råde/Sarpsborg	PL 120 805	60	30	27-10-94
20	Holvatn	Halden	PL 447 543	161	140	27-10-94
21	Breidtjern	Aremark	PL 525 560	190	30	27-10-94
22	Store Erte	Halden	PL 470 560	109	4800	30-06-93/11-05-94
Elv 1	mellom N. og S. Boksjø	Aremark/Halden	PL 537 491	172		28-09-94
Elv 2	Fisma	Halden	PL 468 626	93		28-09-94

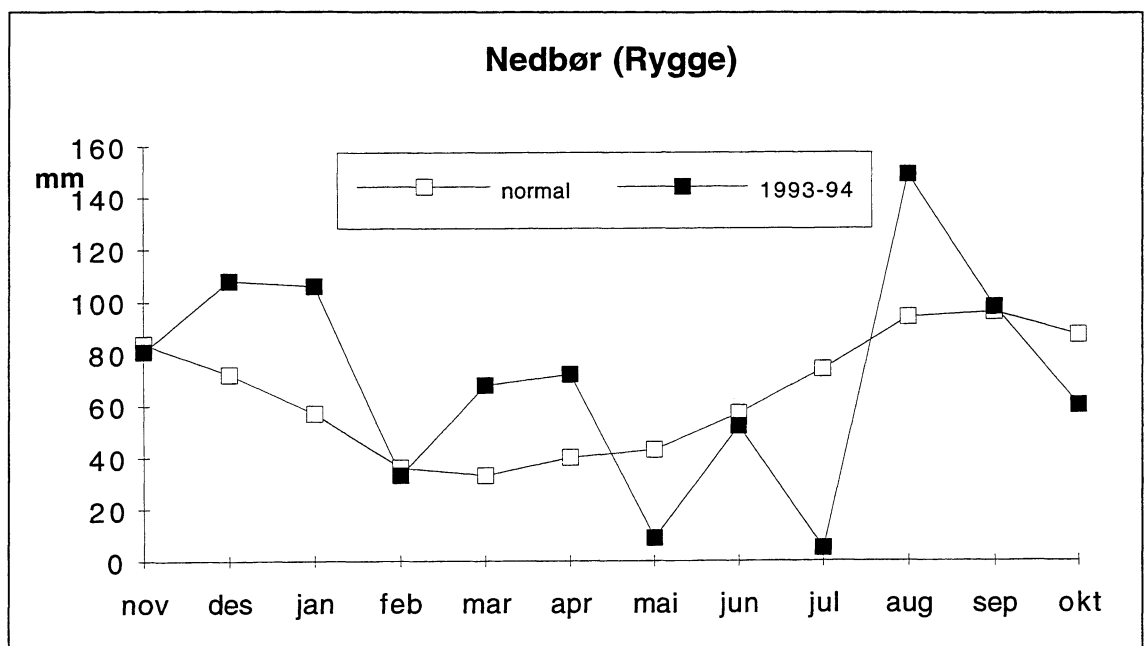
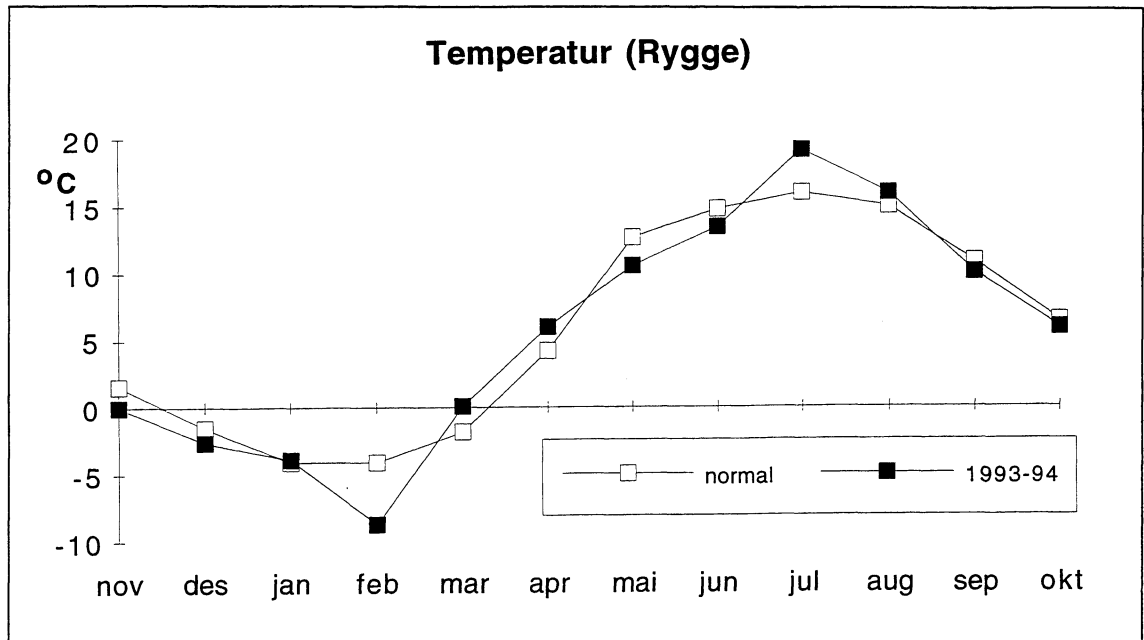


Figur 1
Undersøkelsesområdet.
The study area.

Figur 2 a

Månedlige gjennomsnittstemperaturer og månedlig nedbør (1993-94) for Rygge (1715) samt 30-års normalene for den samme stasjonen.

Monthly mean temperatures and monthly precipitation values (1993-94) from Rygge (1715) and the 30-year normals for the same station.

**Figur 2 b**

Undersøkelsen innbefatter mange små lokaliteter og nærmere halvparten har et areal på 10 ha eller mindre. Nordre Boksjø (2,1 km²), Søre Boksjø (8,4 km²) og Store Erte (4,8 km²) er de tre største vannene.

2.3 Klima

Nedbørdata og temperaturer fra Rygge i perioden november 1993 til og med oktober 1994, samt normalen for de siste 30 år, er vist i **figur 2 a,b**. Stasjonen ligger lengst sør i Vansjø/Hobølvassdragets nedbørfelt dvs nordvest for de fleste lokalitetene i denne undersøkelsen. Variasjon i topografien og avstandene er likevel ikke større enn at klimastasjonen skulle være noenlunde representativ for undersøkelsesområdet. Temperaturene indikerer et kontinentalt klima

med en forskjell på 22 °C mellom varmeste og kaldeste måned, som er henholdsvis juli og februar. Gjennomsnittstemperaturen for juli er 15,9 °C, mens normalen for februar er - 4,2 °C. Indre og høyereliggende trakter har noe lavere temperaturer og derfor et noe mer utpreget kontinentalt klima.

Februar 1994 var ca 5 °C kaldere i forhold til gjennomsnittstemperaturen, mens resten av vinteren hadde temperaturer rundt det normale. Mens forsommeren hadde noe lavere temperaturer enn det som er vanlig, ble det varmt i juli og august. I juli var temperaturene i gjennomsnitt ca 4 °C høyere enn normalt. Høsten har forløpt normalt med hensyn til temperatur.

Den gjennomsnittlige årlige nedbøren ved Rygge er 773 mm (Det norske meteorologiske institutt 1985). Nedbøren er relativt jevnt

fordelt over året, men med mest nedbør om høsten. September er vanligvis den mest nedbørrike måneden med 94 mm i gjennomsnitt. Minst nedbør kommer det vanligvis i februar og mars med gjennomsnitt på respektive 36 og 33 mm.

Nedbøren kom meget ujevnt i perioden november 1993 til og med oktober 1994. I vinterhalvåret kom det gjennomgående mer nedbør enn normalt. I perioden mai-oktober kom det mest nedbør i august, mens mai og juni hadde minimalt med nedbør.

2.4 Berggrunn og løsmasser

Undersøkellesområdet ligger i sin helhet innefor et område der berggrunnen hovedsakelig består av gneiser samt noe granitt.

Under isavsmeltingstiden var det markerte framstøt og det ble avsatt et mektig endemorenekompleks (Raet) som demmer opp Vansjø samt flere vann østover til Halden. Raet og tilsvarende, men mindre morenetrinn lenger nord (Ås/Ski-trinnet), ble avsatt i marint miljø og består hovedsakelig av steinblokker, grus og sand. Området forøvrig domineres av marin leire under marin grense.

2.5 Vegetasjon

Generelt er vegetasjonen innen undersøkelsesområdet fattig med bjørk og furu som domirende treslag oppe på fjellryggene mens den er rik og variert på de marine avsetningene. Vedrørende informasjon om vegetasjon og flora henvises til andre arbeider, bl a Halvorsen (1978).

3 Materiale og metoder

Med unntak av Store Erte, hvor det foreligger prøver også fra 1993 (3. juni), er alt materialet innsamlet i 1994. I Rødvatn og Krokvatn ble det tatt prøver henholdsvis 29. juni og 8. september 1994, dvs før påbegynt kalking. I tillegg ble det tatt vannprøver etter kalking. Også fra Nordre og Søre Boksjø foreligger det materiale fra to besøk, henholdsvis 28. september og 27. oktober 1994. Foruten krepsdyr- og vannprøver, ble det i Krokjern, Nordre og Søre Boksjø også tatt bunndyrprøver. Det foreligger også bunndyrprøver fra elva som forbinder Nordre og Søre Boksjø, samt fra Fisma som renner til Femsjøen.

Vannprøver

I samtlige lokaliteter er det tatt vannprøver. Disse er tatt nær overflaten, eller i utløpet der dette var mulig. Alle vannprøvene er målt med hensyn på pH og kalsium (mg/l). pH er målt potensiometrisk på laboratoriet etter at prøvene hadde vært oppbevart på et mørkt kjølerom. Fargetall (Pt/l) foreligger for de fleste lokaliteter, mens alkalitet og total nitrogen er målt i ca halvparten. I noen tilfeller er også ledningsevne, total fosfor og aluminium blitt målt.

Krepsdyr

Det er kun tatt kvalitative prøver med planktonhåv med maskevidde 90 µm, diameter 30 cm og dybde 57 cm. I noen lokaliteter er det tatt planktontrekk fra bunn opp til overflate. Litoralprøvene er tatt med håvkast like over bunnen, med kast fra og langs land. Det er tatt prøver i forskjellige typer vegetasjon der dette fantes. I mangel av båt ble det, der det var mulig, tatt prøver ved å kaste håven rett ut fra land på et dypt, eksponert sted. På denne måten vil en også få informasjon om artene i planktonsamfunnet.

Vannloppene (cladocerene) er bestemt ved hjelp av Smirnov (1971), Flössner (1972) og Herbst (1976), mens hoppekrepsene (copepodene) er bestemt ved hjelp av Sars (1903,1918), Rylov (1948) og Kiefer (1973,1978). Nauplier og copepoditter er ikke artsbestemt.

For sammenligning av krepsdyrsamfunnene er samfunnsindeksen (CC) beregnet etter følgende formel (Jaccard 1932).

$$CC = 100c / (a+b-c)$$

hvor a og b er antall arter i hvert av samfunnene, mens c er antall arter felles for begge. CC gir et mål for likhet mellom lokalitetene med hensyn til artssammensetningen. I lokaliteter med samme artssammensetning vil CC være lik 100. Ved beregning av CC vil alle artene telle likt uansett om de er vanlige eller sjeldne, og sjeldne arter vil derfor i stor grad bestemme forskjellen mellom samfunnene.

Bunndyr

Sparkeprøvene er hentet fra dominerende substrat, men det ble lagt vekt på at også andre substrattyper ble representert i prøvene. I Krokjern ble materialet innsamlet ved at hoven ble ført langs vegetasjonsskanten som omgir vannet samt ved å skrape hoven mot fjell. Sparketiden er notert og antall dyr pr minutt sparkeprøve er beregnet.

Det ble brukt en kvadratisk sparkehåv, 24,3 cm x 24,3 cm, og med en maskevidde på 500 µm ved innsamling av bunndyrmaterialet, og det ble sparket 2-3 minutter på hver lokalitet avhengig av mengde materiale og individtetthet. Alle prøvene ble fiksert i felt og senere plukket på laboratoriet under lupe. Døgnfluer og steinfluer er bestemt til art.

4 Resultater og diskusjon

4.1 Vannkjemi

Resultatene er gitt i **tabell 2**.

4.1.1 pH

Lavest pH, 4,5, ble målt både i tjernet i Steinbruddalen (lok. 7), tjernet ved Haugåstjern (lok. 9) og i Breidjern (lok. 21). Høyest pH (7,1) hadde Berby-Langevatn.

Rødvatn og Krokvatn hadde henholdsvis pH 4,8 og pH 5,3 før kalking. Målinger gjort i november, dvs etter kalking, viste at pH hadde økt til respektive 6,8 og 6,2. Gunstigere pH i Krokvatn enn i Rødvatn før kalking, skyldes bl a kalking av det ovenforliggende Holvatn.

I Nordre og Søre Boksjø ble det i 1973 målt henholdsvis pH 5,0 og pH 4,8. I 1994 hadde de to innsjøene respektive pH 6,6 og 6,5. I Krokjern var pH økt fra 4,3 i 1973 til 4,6 i 1994. Det skyldes å gjøre oppmerksom på at pH ble målt i begynnelsen av juni i 1973 og i slutten av september i 1994.

I de fire referansevannene Ravnsjøen, Isebakktjern, Holvatn og Breidjern, varierte pH fra 4,5 til 5,1 (Leif Lien, NIVA pers. medd.).

Blant de fem vannene øst for Enningdalselva nær grensen til Sverige, skilte Langevatn seg ut med lavere pH enn de andre. Her var pH 5,1, mens pH i de øvrige varierte mellom 6,5 (Årbutjern) og 7,1 (Berby-Langevatn). Langevatn er det eneste av disse vannene som ikke blir kalket.

I Fisma ble pH målt til 6,2. Dette vassdraget som bl a drenerer de sure lokalitetene Rødvatnet og Krokvatnet må derfor få tilførsel av vann med gunstigere pH i nedre del.

4.1.2 Kalsium

Lavest kalsiuminnhold ble målt i Rødvatn før kalking med 0,8 mg/l mens høyest kalsiuminnhold hadde Folkevatn med 10,3 mg/l. I Rødvatnet steg kalsiuminnholdet til 5,6 mg/l i november dvs etter kalking. Tilsvarende tall for Krokvatn var 1,5 mg/l før kalking og 3,3 mg/l etter kalking.

I Nordre og Søre Boksjø var kalsiuminnholdet henholdsvis 3,8 mg/l og 3,7 mg/l i 1994, mens tilvarende tall i 1973 var 1,3 mg/l og 1,0 mg/l. I Krokjern har det skjedd enn svak økning fra 1,0 mg/l til 1,3 mg/l i samme periode.

I tillegg til Folkevatn var det også relativt høyt kalsiuminnhold i søndre Svartholstjern (7,2 mg/l), Berby-Langevatn (8,7 mg/l) og i Svarttjern (9,1 mg/l). I Langevatn, som ikke blir kalket, var kalsiuminnholdet 1,4 mg/l, som må anses å være representativt for området før det ble kalket.

Blant NIVA's referansevann hadde Isebakktjern (2,2-2,4 mg/l) noe høyere innhold av kalsium enn de øvrige der laveste kalsiuminnhold ble målt i Breidjern med 0,9 mg/l i 1993.

Tabell 2

Vannkjemiske data for de undersøkte lokalitetene.
Chemical data for the investigated lakes.

nr	navn			Farge ledn evne mg/l Pt mS/m	pH	Alk. mmol/l	Fosf tot µg/l N	Nitr tot µg/l P	Ca mg/l	Al µg/l Al	
1	Rødvatn	1994	sept.	21	4,8	0,02	6,2	400	0,8	281	
-	-	1994	nov.	52	6,8	0,23			5,6		
2	Krokvatn	1994	sept.	26	5,3	0,04	7,3	300	1,5	245	
-	-	1994	nov.	58	6,2	0,11			3,3		
3	Langtjern	1994	sept.	96	5,3				2,9		
4	Lindtjern	1994	sept.	131	4,6				1,1		
5	Folkevatn	1994	sept.	200	6,5				10,3		
6	Kuletjern	1994	sept.	9	5,6				2,2		
7	Tjern Steinbrudalen	1994	sept.	115	4,5				1,6		
8	Haugåstjern	1994	sept.	76	4,6				1,4		
9	Tjern v Haugåstjern	1994	sept.	133	4,5				1,7		
10	Nordre Boksjø	1994	sept.	26	6,6				3,8		
11	Søre Boksjø	1994	sept.	27	6,5				3,7		
12	Kroktjern	1994	sept.	120	4,6				1,3		
13	søndre Svartholstjern	1994	sept.	149	6,6	0,29			7,2		
14	Berby-Langvatn	1994	sept.	76	7,1	0,33			8,7		
15	Svartjern	1994	sept.	148	8,2	7,0	0,36	6,2	458	9,1	450
16	Langevatn	1994	sept.	55	4,7	5,1	0,003	8,6	446	1,4	320
17	Årbuttjern	1994	sept.	59		6,5	0,15		4,3		
18	Ravnsjøen	1992			5,1			245	1,6		
-	-	1993			5,1			260	1,4		
19	Isebakkjern	1992			5,1			490	2,4		
-	-	1993			4,8			595	2,2		
20	Holvatn	1992			4,7			335	1,3		
-	-	1993			4,7			395	1,3		
21	Breidtjern	1992			4,5			400	1,0		
-	-	1993			4,6			410	0,9		
22	Store Erte	1994	mai	24	5,6	0,06			1,7		
-	-	1994	sept.	15	5,3	6,2	0,06	7,3	345	2,3	169
Elv 1	mellom N. og S. Boksjø	1994	sept.	26		6,5			3,8		
Elv 2	Fisma	1994	sept.	73		6,2			4,2		

4.1.3 Fargetall

Fargetallet varierte fra 9 mg/l Pt i Kuletjern til 200 mg/l Pt i Folkevatn. Kuletjern har et minimalt nedbørfelt og ligger på vannskillet mot Store Erte og Folkeelva.

Begge hovedtilførselselvene til Folkevatn drenerer myrrike områder, og særlig Gulundmosen, med sine ca 2 km² med myrareal i nord, gir et viktig bidrag til at fargetallet her er høyt.

Rødvatn og Krokvatn drenerer henholdsvis ca 3 km² og 8 km² med en relativt lite myr. Fargetallene før kalking var 21 mg/l Pt i Rødvatn og 26 mg/l Pt i Krokvatn, men økte til henholdsvis 52 mg/l Pt og 58 mg/l Pt etter kalking.

Lindtjern hadde et fargetall på 131 Pmg/l Pt. Vannet har et minimalt nedbørfelt og er omgitt av myr.

Kroktjern (120 mg/l Pt) som er omgitt av myr skiller seg klart fra Nordre (26 mg/l Pt) og Søre Boksjø (27 mg/l Pt) med et høyere fargetall.

Blant vannene på vestsiden av Enningdalselva skiller Søndre Svartholstjern og Svarttjern seg fra de øvrige ved høyere fargetall, respektive 149 Pmg/l Pt og 148 mg/l Pt. Begge er typiske myrtjern.

4.2 Krepssdyr

4.2.1 Registrerte arter

Det er påvist tilsammen 54 arter krepssdyr, henholdsvis 35 arter vannlopper og 19 arter hoppekreps (**tabell 3**). Alle er påvist i Norge, og de aller fleste er meget vanlige og har vid utbredelse. Til sammenligning ble det i undersøkelsen fra Vansjø/Hobøl- og

Tabell 3a

Vannlopper og hoppekreps funnet i de undersøkte lokaliteter.
Cladocerans and copepods found in the investigated localities.

Lokalitet nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vannlopper												
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)			x				x			x	x	
Sida crystallina (O.F.M.)	x	x	x	x	x		x			x	x	x
Holopedium gibberum Zaddach		x	x	x		x			x		x	
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)			x		x			x	x			
Scapholeberis mucronata (O.F.M.)	x			x	x			x				x
Simocephalus vetula (O.F.M.)										x		
Bosmina longispina Leydig	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Acantholeberis curvirostris (O.F.M.)	x	x	x	x			x			x		x
Drepanothrix dentata (Eurén)						x						
Ophryoxus gracilis Sars					x	x				x	x	
Streblocerus serricaudatus (Fisch.)				x			x	x	x			
Acroperus harpae (Baird)	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x
Alona affinis (Leydig)	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Alona guttata Sars	x			x		x	x	x	x		x	x
Alona intermedia Sars										x		
Alona rustica Scott	x						x					
Alonella excisa (Fischer)	x			x	x	x	x		x	x	x	x
Alonella nana (Baird)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Alonopsis elongata Sars	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Camptocercus rectirostris Schoedler					x					x		
Chydorus latus Sars										x		
Chydorus sphaericus (O.F.M.)	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x
Eurycerus lamellatus (A.F.M.)		x	x		x		x			x		x
Graptoleberis testudinaria (Fischer)			x	x	x							x
Monospilus dispar					x							
Pleuroxus truncatus (O.F.M.)			x	x	x		x	x	x	x		x
Pseudochydorus globosus (Baird)					x					x	x	
Rhynchotalona falcata Sars											x	
Polyphemus pediculus (Leuck.)	x	x	x		x			x		x	x	
Bythotrephes longimanus Leydig											x	
Leptodora kindti (Focke)											x	
antall vannlopper	13	12	14	14	17	11	14	11	11	19	16	14
Hoppekreps												
calanoida												
Eudiaptomus gracilis Sars			x	x		x	x		x	x	x	
Acanthodiaptomus denticornis (Wierz.)	x	x										
Heterocope appendiculata Sars						x						
Heterocope saliens (Lillj.)	x											
cyclopoida												
Macrocyclus albidus (Jur.)	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Macrocyclus fuscus (Jur.)	x		x	x		x	x			x		
Eucyclops denticulatus (A. Graet.)		x										
Eucyclops macrurus (Sars)						x				x		
Eucyclops serrulatus (Fisch.)		x	x		x	x				x	x	
Eucyclops speratus (Lillj.)						x				x	x	
Paracyclops affinis Sars				x				x				
Paracyclops fimbriatus (Fish.)											x	
Cyclops scutifer Sars		x								x	x	
Megacyclops gigas (Claus)										x		
Acanthocyclus robustus Sars					x					x		
Acanthocyclus vernalis (Fish.)	x			x			x		x			x
Diacyclops nanus (Sars)	x						x				x	
Mesocyclops leuckarti (Claus)					x							
Thermocyclops oithonoides (Sars)		x	x									
antall hoppekreps	6	7	5	4	4	7	5	2	3	9	7	2
totalt antall krepssdyr	19	19	19	18	21	18	19	13	14	28	23	16

Tabell 3b

Vannlopper og hoppekreps funnet i de undersøkte lokaliteter.
Cladocerans and copepods found in the investigated localities.

Lokalitet nr	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	22
Vannlopper											
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)				x							x
Sida crystallina (O.F.M.)	x	x	x	x			x			x	x
Holopedium gibberum Zaddach			x	x		x					
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)	x	x	x	x	x	x	x		x		
Daphnia galeata Sars		x									
Daphnia longispina (O.F.M.)		x			x						
Simocephalus vetula (O.F.M.)						x					
Bosmina longispina Leydig	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Acantholeberis curvirostris (O.F.M.)				x					x	x	
Streblocerus serricaudatus (Fisch.)				x							
Acroperus harpae (Baird)	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Alona affinis (Leydig)		x		x		x			x		
Alona guttata Sars	x	x				x	x		x		x
Alona rustica Scott										x	x
Alonella excisa (Fischer)		x							x		
Alonella nana (Baird)		x		x	x	x	x	x	x	x	x
Alonopsis elongata Sars	x			x		x		x	x	x	x
Chydorus ovalis Kurtz									x		
Chydorus piger Sars					x		x			x	x
Chydorus sphaericus (O.F.M.)	x	x			x			x	x	x	x
Eurycerus lamellatus (A.F.M.)	x				x		x				
Graptoleberis testudinaria (Fischer)		x									
Monospilus dispar										x	
Pleuroxus truncatus (O.F.M.)		x			x		x				
Rhynchotalona falcata Sars										x	
Polyphemus pediculus (Leuck.)	x	x	x	x	x		x	x		x	x
Leptodora kindti (Focke)										x	
antall vannlopper	9	14	6	11	10	9	10	6	11	13	11
Hoppekreps											
calanoida											
Eudiaptomus gracilis Sars	x	x	x	x	x			x	x	x	
cyclopoida											
Macrocyclops albidus (Jur.)	x	x		x	x	x	x			x	
Macrocyclops fuscus (Jur.)						x	x		x	x	
Eucyclops macrurus (Sars)							x				
Eucyclops serrulatus (Fisch.)	x	x			x	x	x		x		
Eucyclops speratus (Lillj.)		x									
Cyclops scutifer Sars						x	x			x	
Diacyclops nanus (Sars)									x	x	
Mesocyclops leuckarti (Claus)		x									
Thermocyclops oithonoides (Sars)										x	
antall hoppekreps	3	5	1	2	3	4	5	1	4	6	
tatait antall krepdyr	12	19	7	13	13	13	15	7	15	19	11

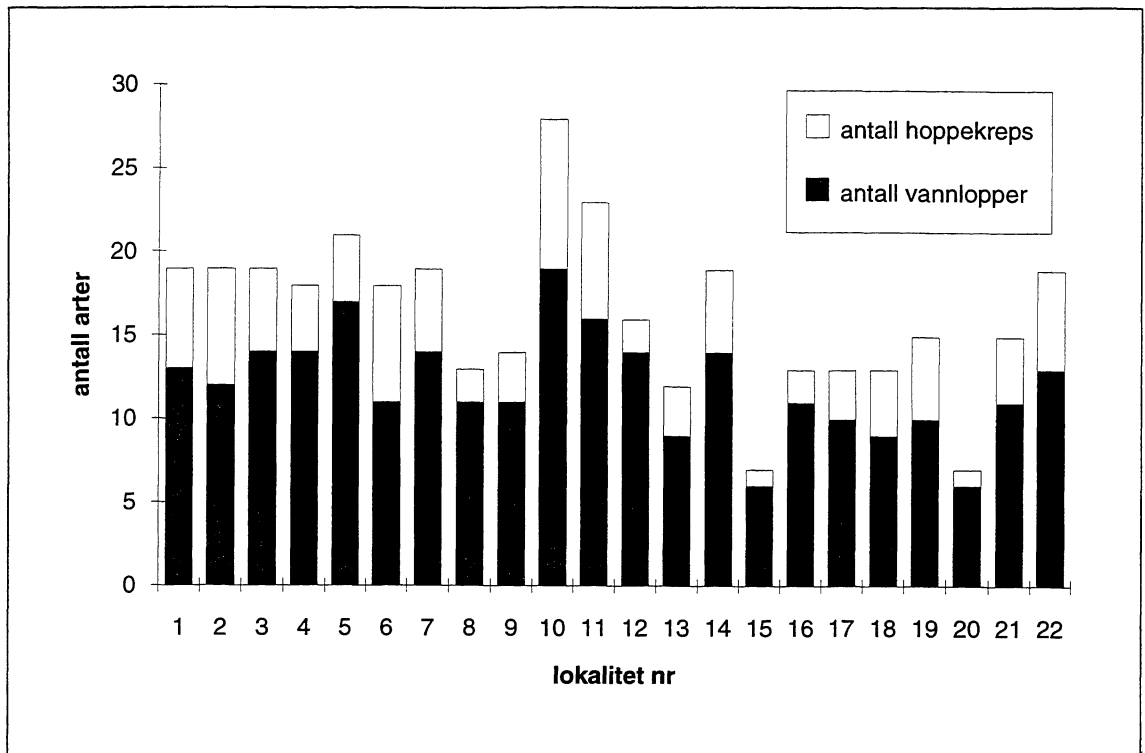
Haldenvassdraget i 1993 (Walseng 1994) funnet 52 arter vannlopper og 23 arter hoppekreps. Den undersøkelsen omfattet imidlertid mange næringsrike lokaliteter og det ble funnet en rekke sjeldne arter.

4.2.2 Artsantall

Det ble registrert fra syv til 28 arter med et gjennomsnitt på i overkant av 16 arter pr lokalitet (**figur 3**). Færrest arter hadde Holvatn (7 arter) og Svarttjern (7 arter), mens Nordre Boksjø (28 arter) hadde flest etterfulgt av Søre Boksjø (23 arter). I 1974 før

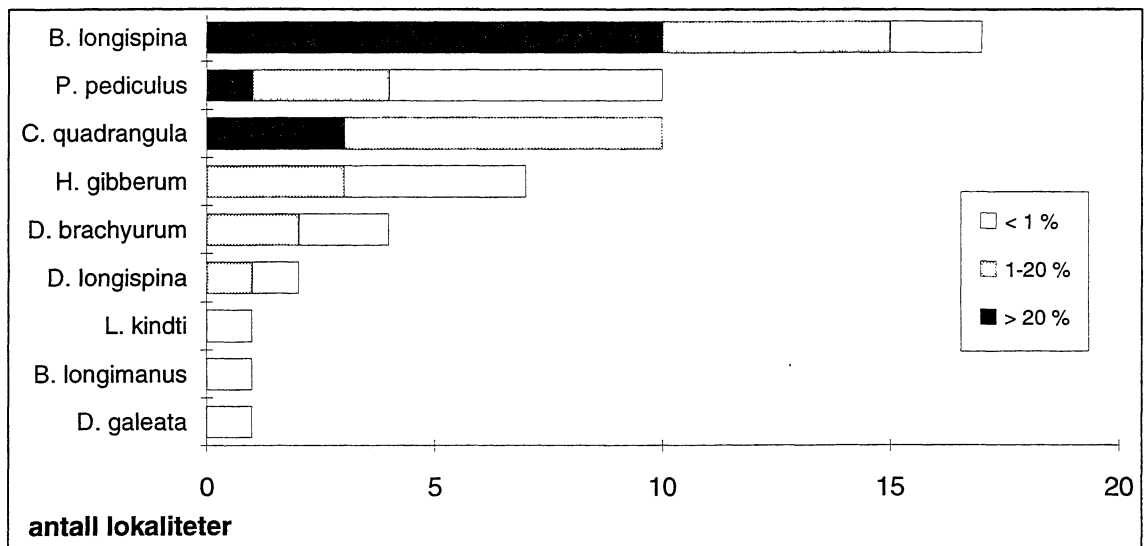
kalking ble det kun påvist fem arter i Nordre Boksjø og ni arter i Søre Boksjø (Borgstrøm et al. 1974). Denne undersøkelsen kan imidlertid ikke sammenlignes med vår da den ble utført på et annet tidspunkt. Gjennomsnittlig artsrikdom i undersøkelsen fra Vansjø/Hobøl- og Haldenvassdraget (Walseng 1994), som også omfattet noen næringsfattige humustjern, var 31,6 arter. Næringsrike lokaliteter som Sæbyvatnet og Vansjø med henholdsvis 45 og 47 arter, trekker opp gjennomsnittet i den undersøkelsen.

Forholdet mellom vannlopper og hoppekreps var ca 3:1 dvs om-

**Figur 3**

Antall arter i de forskjellige lokaliteter.

Number of species in the different localities.

**Figur 4**

Forekomsten av de vanligste planktoniske vannloppene.

Occurrence of the most common planktonic cladocerans.

trentlig det samme som i Vansjø/Hobøl- og Haldensvassdraget. Tilsvarende forhold i Dokkadeltaet (Halvorsen unpubl.) var 2:1 og i Gardermoområdet 2,5:1 (Halvorsen et al. 1994). Antall arter hoppekreps er sannsynligvis noe høyere i vår undersøkelse da arter som kun var tilstede som nauplier og små copepoditter ikke ble registrert. Erfaringene fra Dokkadeltaet, som pågikk over fire år, viser at undersøkelser gjennom hele året gir flere arter hoppekreps.

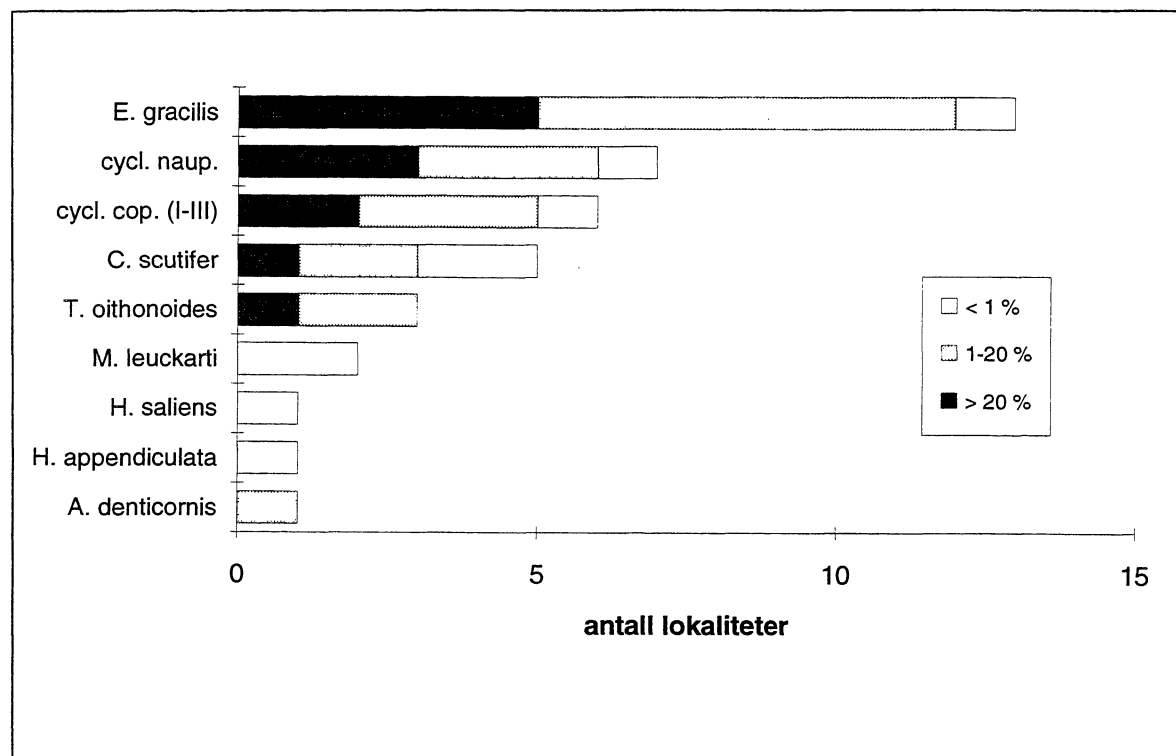
4.2.3 Planktoniske arter og deres toleranse mht pH

Tilsammen ble det påvist ni arter vannlopper og syv arter hoppekreps som er planktoniske (vedlegg 1 a, b og c). Dette er mini-

mumstall da det i de fleste lokalitetene kun er tatt prøver fra land, noe som utelukker arter som står dypt. Det er også kun unntaksvis at det foreligger prøver fra mer enn en dato.

I hovedsak er det vannloppene *Bosmina longispina* og *Ceriodaphnia quadrangula* (figur 4) samt calanoiden *Eudiaptomus gracilis* (figur 5) som dominerer samfunnene. Vannloppen *Polyphemus pediculus* er også vanlig i flere av lokalitetene. Dette er imidlertid en planktonlitoral form som høyst sannsynlig er overrepresentert i prøvene som er tatt fra land. Cyclopoideene *C. scutifer* og *T. oithonoides* var også dominante.

Fire arter *Ceriodaphnia* var relativt vanlige i Vansjø/Hobøl- og Haldensvassdraget (Walseng 1994). I denne undersøkelse ble imidlertid



Figur 5

Forekomsten av de vanligste planktoniske hoppekrepsene. Occurrence of the most common planktonic copepods.

kun *C. quadrangula* funnet. Den var vanligst vest for Enningdalselva der den dominerte i tre av lokalitetene.

C. quadrangula er den vanligste *Ceriodaphnia*-arten i Norge. Den fins i 14 % av norske ferskvannslokaliteter og er utbredt over hele landet (Walseng unpubl.). Den er vanligst i vann med areal mindre enn 10 ha. Den er funnet i nærmere halvparten av lokaliteter med pH lavere enn 5,0 og var blant annet vanlig i Nordmarka/Kroksgogen i vann med pH under 4,0 (Jørgensen 1972). Den synes imidlertid også å være tolerant overfor høy pH og er funnet i Transjøen på Gardemoen ved pH 8,0 (Halvorsen et al. 1994).

Daphnia galeata ble funnet i Berby-Langevatn (lok. 14), mens *D. longispina* ble funnet både i Berby-Langevatn og Årbutjern (lok. 17). Ellers var ikke slekten representert med andre arter. Slekten *Daphnia* er generelt følsomme for forurening. *D. longispina* er den vanligste arten i Norge og er registrert i 32 % av lokalitetene. Sjansen for at *D. longispina* er tilstede øker med lokalitetens størrelse. Forekomsten er også klart korrelert med pH ved at sannsynligheten for at arten er tilstede øker med økende pH. Den er riktignok funnet ved pH 4,2 i Nordmarka/Kroksgogen (Jørgensen 1972).

D. galeata er funnet i nesten 300 lokaliteter i Norge, og av disse har kun syv pH lavere enn 6,0. Lavest pH er registrert i Krokavatnet på Sotra (upublisert) med pH 4,9, mens det både i Storgårningen i Høylandsvassdraget (Nøst 1982) og Barstadvatnet i Sokndalsvassdraget ble målt pH 5,0 (Spikkeland 1983).

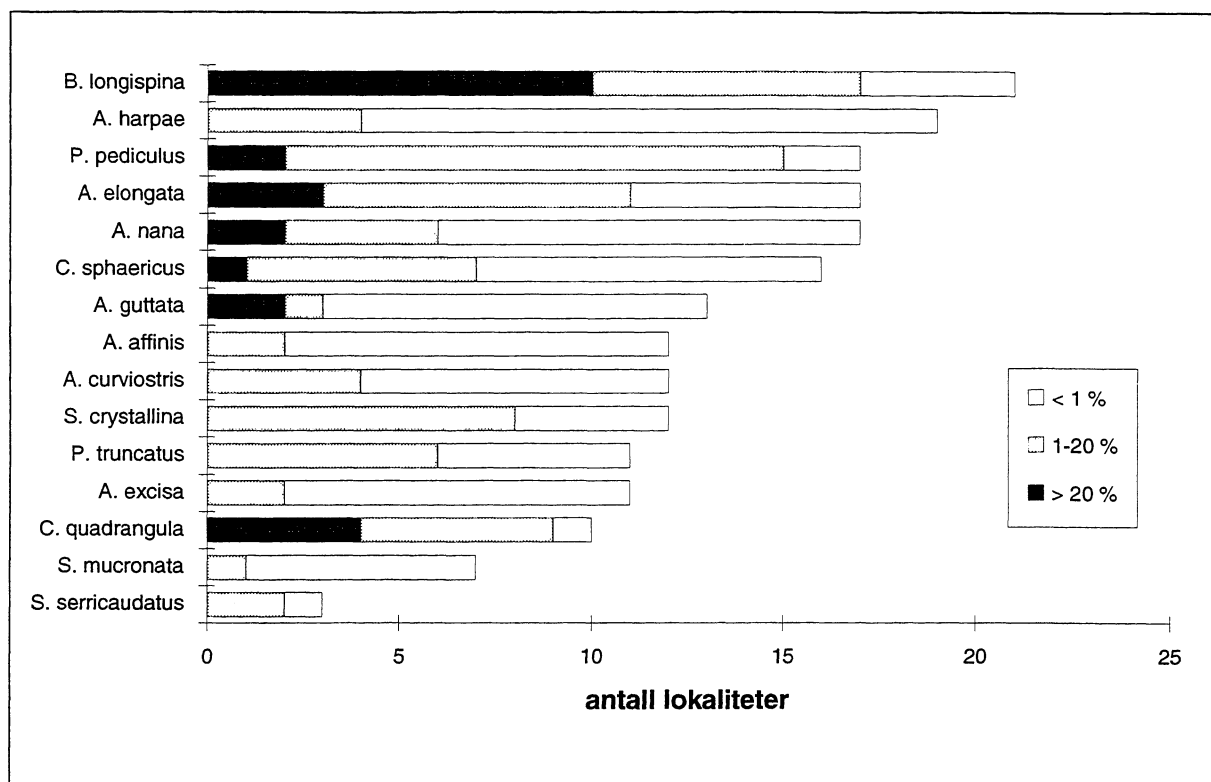
Bosmina longispina dominerer i planktonet, og total dominans var ofte tilfelle. Både i Haugåstjern og Kulestjern utgjorde den 98 % av individene. Den er svært tolerant overfor ekstreme miljøer, og er i Nord-Sverige funnet ved pH 3,3 (Vallin 1953). I Norge er den funnet ved pH 3,9 i Nordmarka/Kroksgogen (Jørgensen 1972). Arten

opptrer med høy frekvens ved alle pH verdier, men med størst andel når pH ligger mellom 4,5 og 5,0 (92,6 %). Ved pH lavere enn 4,5 avtar frekvensen til ca 60 %.

Med få unntak er *E. gracilis* dominerende hoppekreps i "planktontrekkene". Den er dominerende calanoide på Sørlandet og i Sørøst-Norge og fins nord til Elverumstraktene. På Nordvestlandet og nordover til og med Troms er den ikke funnet. Den dukker imidlertid opp igjen i de østlige deler av Finnmark både i Tana og Pasvik (Walseng & Halvorsen 1993).

E. gracilis er et av de vanligste krepsdyrene i europeiske innsjøer (Hutchinson 1967). Den har stor økologisk toleranse og fins i ferskvannslokaliteter med forskjellig vannkvalitet (Ponyi 1956). Den er vanligst i vann med pH fra 4,5 til 5,0 hvor den er funnet i overkant av halvparten av lokalitetene. Frekvensen avtar med økende pH. Høyest pH, 7,97, er registrert i Transjøen på Gardemoen (Halvorsen et al. 1994). Interessant er det imidlertid at 4,5 ser ut til å være en nedre grense for *E. gracilis*. Et unntak er Krokstjern der pH i juni 1973 var 4,3 i overflaten og 4,45 på 5 og 7 meters dyp (Borgstrøm et al. 1974).

Heterocope saliens ble funnet i en av prøvene fra Rødvatn. Dette er en av våre vanligste calanoider og er utbredt nord til Åndervatnet på Senja (Walseng & Halvorsen 1993) og fins fra havnivå (Jensen 1968) og helt opp til høyfjellet (Halvorsen 1982). Den er imidlertid ikke funnet i Østfold tidligere. Slektingen *H. appendiculata* synes å overta i lavereliggende deler av Østlandet inklusive Østfold. Dette har sannsynligvis sammenheng med at sistnevnte er noe mindre og derfor kanskje mindre ettertraktet som føde for planktonspisende fisk. *H. saliens* er også funnet i Flatnertjern, som er ett av til sammen 28 undersøkte lokaliteter i Gardermoområdet (Halvorsen et al. 1994). Dette er fisketomt med pH 4,8.

**Figur 6**

Forekomsten av de vanligste littorale vannlopperne.

Occurrence of the most common littoral cladocerans.

H. saliens har klart høyest frekvens i sure lokaliteter. Den er funnet i ca 70 % av vannforekomster med pH mellom 4,5 og 5,0. Frekvensen avtar med økende pH og ved pH høyere enn 7,0 er den funnet i mindre enn 20 % av lokalitetene.

Acanthodiptomus denticornis ble funnet i Rødvatn og Krokvatnet. Liksom *H. saliens* er også denne relativt sjelden for landsdelen og i Østfold er den kun funnet i et par små dammer på Hvalerøyene (Walseng publ.) *A. denticornis* har sin hovedutbredelse i Midt-Norge, mens *E. gracilis* dominerer i Sør-Norge og *E. graciloides* i Nord-Norge. *A. denticornis* er større enn de to *Eudiptomus*-artene og er sannsynligvis et mer ettertraktet byttedyr for fisk. I Gardermoområdet ble det konkludert med at tilstedeværelsen av planktonspisende fisk avgjør hvorvidt den forekommer eller ikke. Interessant er det at kombinasjonen *H. saliens* og *A. denticornis* ble funnet i både Rødvatnet og i Flatnertjern på Gardermoen. Begge vannene er sure og fisketomme.

Cyclopoide copepoder forekom sparsomt i prøvene som ble tatt fra land. Lindtjern og Krokstjern var unntak der nauplier og små copepoditter av en liten cyclopoid art dominerte. Det var imidlertid lave tettheter begge steder.

Cyclops scutifer, som er vår vanligste cyclopoide hoppekreps, ble funnet i seks lokaliteter, og det var kun i Store Erte at den forekom i særlig antall. *C. scutifer* er også tilsynelatende tolerant overfor lav pH. I Napetjernområdet nordvest for Fyresvatn er den funnet i seks vann med pH 4,4 eller lavere (Walseng & Halvorsen 1989), men den er aldri funnet ved pH lavere enn 4,0. I vann med pH fra 4,5 til 5,0 er den funnet i 35 % av lokalitetene mens den ved pH mellom 5,0 og 7,0 er funnet i nesten 60 %.

Cyclopoidene *Mesocyclops leuckarti* og *Thermocyclops oithonoides* ble funnet i et fåtall lokaliteter og kun sistnevnte art ble funnet i større antall, i henholdsvis Krokvatn og Langtjern. I Vansjø/Hobøl- og Haldenvassdraget var *M. leuckarti* og *T. oithonoides* de to vanligste cyclopide copepodene (Walseng 1994). Begge er ofte tilstede samtidig og dominansforholdet mellom dem er vanskelig å vurdere da de er problematisk å skille som nauplier og små copepoditter.

I Norge er *T. oithonoides* sjeldnere enn *M. leuckarti*. Det foreligger flest funn fra Østlandet, men den er også funnet på vestsiden av Oslofjorden så langt sør som til Kvernvatnet ved Risør (J.P. Nilssen upubl.). Med unntak av to sure lokaliteter, ble *T. oithonoides* funnet i alle de undersøkte lokalitetene innen Vansjø/Hobøl- og Haldenvassdraget (Walseng 1994). Breidmosetjernet, som var en av lokalitetene der *T. oithonoides* ble funnet, hadde pH 5,6. Denne lokaliteten ligger nær Krokvatnet (lok. 2) i vår undersøkelse. *T. oithonoides* er kjent fra oligotrofe (Sarvala 1979), mesotrofe (Faafeng & Nilssen 1981, Patalas 1954) og eutrofe lokaliteter (Gliwicz 1969, Karabin 1978, Patalas 1954). Den er funnet ved pH 5,0 i Gjerstadvatn (Wærvågen 1985) og i flere vann i Kynnavassdraget der pH var like i overkant av 5,0 (Sandlund & Halvorsen 1980).

M. leuckarti har en noe videre utbredelse enn *T. oithonoides*, og mens sistnevnte synes å være knyttet til lavlandet er *M. leuckarti* funnet over 900 m o.h. (Halvorsen 1980). Den synes dessuten å være mer tolerant overfor lav pH og forekommer med høyere frekvens når pH er lavere enn 6,0 (15 % av lokalitetene) enn ved høyere pH (9 % av lokalitetene). I Nordmarka/Krokskoggen er den funnet i flere vann med pH 4,2 (Jørgensen 1972). Høyest pH (8,0) er registrert i Transjøen ved Gardermoen (Halvorsen et al. 1994).

4.2.4 Litorale arter og deres toleranse mht pH.

Vannlopper

Forekomsten av de 15 vanligste vannloppene er vist i **figur 6**, mens grunnlagstallene framgår av **vedlegg 2a, b og c**. Liksom i prøvene som ble tatt fra land, dominerer *B. longispina* også inne i strandsonen. Dette er ikke uventet da dette er vår vanligste vannloppe som kan være like vanlig i pelagialsonen som i strandsonen. *Polyphemus pediculus*, som også er karakterisert som en planktonlitoral form, utgjør også en betydelig del av krepsdyrene i mange av vannene. Foruten disse to artene er de øvrige først og fremst litorale former. De vanligste artene som ble funnet (**figur 6**) er tolerante overfor lav pH, og med unntak for *Alona affinis*, *Peracantha truncatus* og *P. pediculus* er de i Norge også vanligst i vann med pH 5,0 eller lavere. *Alona affinis* er en euryøk art som har vid toleranse for pH, fra 3,9 i Nordmarka/Kroksgogen (Jørgensen 1972) til 9,1 på Værøy (Walseng et al. 1991). Selv om den forekommer noe oftere ved høy enn ved lav pH, er den ved pH lavere enn 4,5 funnet i 36 % av lokalitetene.

Polyphemus pediculus forekommer med høyest frekvens når pH er mellom 6,0 og 6,9 (65,8 %). Den synes imidlertid også å trives godt i sure vann og er funnet i 60 % av lokalitetene ved pH lavere enn 4,5.

Forekomsten til *P. truncatus* synes å avta noe mer med synkende pH enn hva som er tilfelle med *A. affinis* og *P. pediculus*. Den er funnet i lokaliteter med pH varierende fra 4,3 i Nordmarka/Kroksgogen (Jørgensen 1972) til 8,0 i Transjøen ved Gardermoen (Halvorsen et al. 1994).

Fleire vannlopper ble funnet i en eller kun noen få lokaliteter (**tabell 3a og b**). Fleire av disse er også typiske for sure vann, eksempelvis *Alona rustica* og *Chydorus ovalis*. *A. rustica* tilhører slekten *Alona* med ni arter i Norge. Den fins i hele landet, men er nesten utelukkende funnet i sure lokaliteter. I lokaliteter med pH mellom 4,5 og 4,9 forekommer den med en frekvens på 40 %. Den synes også å være tolerant mot høy pH og er bl a funnet i Tellenesvann i Vest-Agder (Halvorsen & Pedersen 1988) der pH var 9,9. De tre funnene fra Rødvatn, tjernet i Steinbruddalen og Store Erte er de første fra Østfold. Den ble heller ikke funnet i de relativt omfattende undersøkelserne fra Gardermoområdet (Halvorsen et al. 1994).

Chydorus ovalis er også en typisk art for humøse, sure vann (Dui-gan 1992). De fleste funnene i Norge stammer fra myrvann i Nordmarka/Kroksgogenområdet (Jørgensen 1972). Hunnen er til forveksling lik *C. sphaericus* og kan derfor lett forveksles med denne. Hannene, som hovedsakelig er tilstede om høsten, er imidlertid lette å artsbestemme. Funnet i Breidtjern er i overensstemmelse med at arten er vanlig i sure lokaliteter.

Det ble også funnet noen arter som vanligvis er assosiert med lokaliteter med relativt gunstig pH. *Chydorus piger*, som ble funnet i Årbutjern og Isebakkjern, er eksempel på en slik art. Med unntak av Flaksvatn i Tovdalsvassdraget som hadde pH 4,8 (Spikkeland 1979), er den funnet i lokaliteter med pH varierende fra 5,6 til 7,8. Den er mest vanlig i lokaliteter med pH mellom 6,0 og 6,9 der den fins i underkant av 5 % av vannene. Funnet i Isebakkjern bekrefter imidlertid at arten kan forekomme ved relativ lav pH. Også *Alona intermedia* har en tilsvarende forekomst.

Pseudochydorus globosus er tidligere funnet i 54 lokaliteter i Norge, hvorav kun en gang ved pH lavere enn 5,0. Denne arten, som ble funnet i tre lokaliteter i den sørøstlige delen av Østfold, ble også funnet i flere lokaliteter i Vansjø/Hobøl- og Haldenvassdraget.

Simocephalus vetula, som ble funnet i Nordre Boksjø og Ravnsjøen, er en av våre aller største vannlopper. Forekomsten øker med økende pH og ved pH høyere enn 7,0 er den funnet i 16,7 % av lokalitetene. Den er imidlertid også funnet ved pH ned til 4,4 i Nordmarka/Kroksgogen (Jørgensen 1972). Frekvensen er imidlertid lav (2-3 %) ved pH lavere enn 5 %.

En annen av våre store vannlopper, *Eurycercus lammelatus*, er i Norge funnet i 30-40 % av ferskvannslokalitetene med pH over 4,5. Ved lavere pH synker frekvensen til ca 7 %, med laveste pH registrert i Napertjernområdet i Telemark med pH 4,1 (Walseng & Halvorsen 1989). I Østfold, som omfatter lokaliteter med pH høyere enn 4,5, var forekomsten av *E. lamellatus* som forventet.

Chydoridene *Monospilus dispar* og *Chydorus latus* er sjeldne i Norge og forekomsten deres i forhold til pH er derfor vanskelig å vurdere. For begge arter øker imidlertid den prosentvise forekomsten med økende pH. Begge er imidlertid funnet ved pH lavere enn 5,0. *M. dispar* ble funnet i Folkevattn og Store Erte, begge med forholdsvis gunstig pH. Det samme var tilfelle med *C. latus* som ble funnet i Nordre Boksjø.

I Norge fins både *Camtocercus rectirostris* og *Ophryoxus gracilis* i lokaliteter med svært forskjellig pH og forekomsten av disse artene er derfor vanskelig å tolke i forhold til denne parameteren. De ble ikke funnet i de sureste lokalitetene i Østfold.

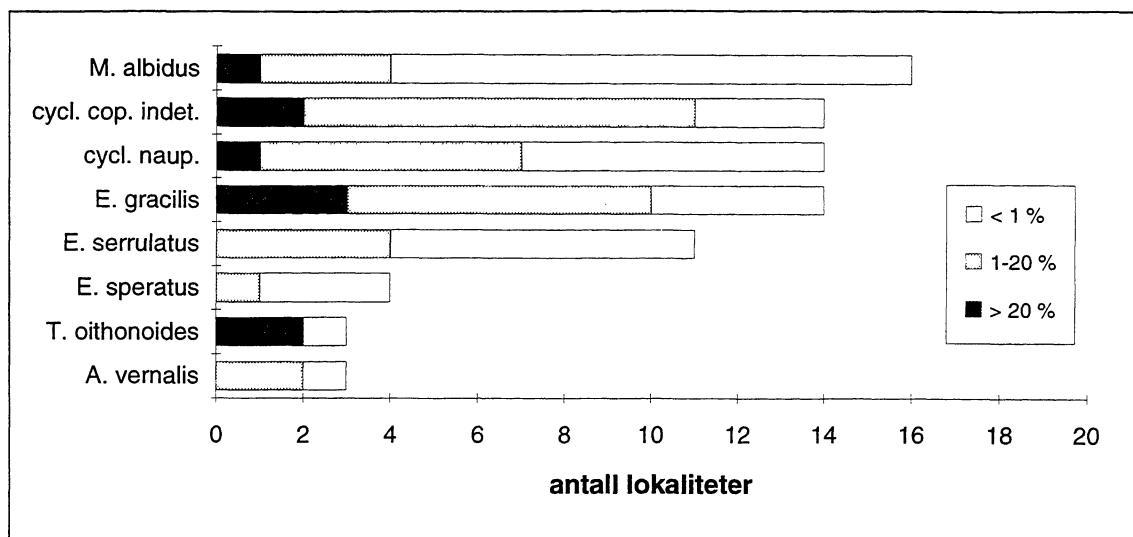
Hoppekreps

Den prosentvise forekomsten av de viktigste hoppekrepsartene i litoralsonen framgår av **figur 7** og **vedlegg 2a, b og c**. Calanoiden *Eudiaptomus gracilis*, som ofte var dominerende i planktonet, dominerte også inne i litoralsonen. Dette er ikke uvanlig. Cyclopoiden *Macrocyclus albidus*, var riktignok tilstede i flere lokaliteter men da i mindre antall enn *E. gracilis*. *M. albidus* er en av våre vanligste litorale copepoder og synes svært tolerant over for lav pH selv om forekomsten er lavere ved lav enn ved høy pH. Ved pH over 7,0 fins den i nær halvparten av lokalitetene, mens den forekommer i kun 6 % av lokalitetene ved pH lavere enn 4,5.

Macrocyclus fuscus ble funnet i mer enn halvparten av lokalitetene. På landsbasis er den funnet med størst frekvens ved lav pH og ved pH 4,5-4,9 fins den i nær halvparten av lokalitetene.

Eucyclops serrulatus er vår vanligste litorale copepode. Ved pH over 5,0 forekommer den i overkant av 49 % av undersøkte lokaliteter, mens den ved pH under 4,5 forekommer kun i 2 %. Den var vanlig i denne undersøkelsen.

Slektingen *E. speratus* er sjeldnere enn *E. serrulatus*, men har en tilsvarende forekomst i forhold til pH. Den er ikke funnet ved pH lavere enn 4,7 (Halvorsen 1981). Det er imidlertid knyttet noe usikkerhet til tidligere bestemmelser vedrørende *E. serrulatus* og *E. speratus* da de er svært like og lett kan forveksles. *E. speratus* ble funnet i Kulejern, Boksjøene og Berby-Langevatn.



Figur 7

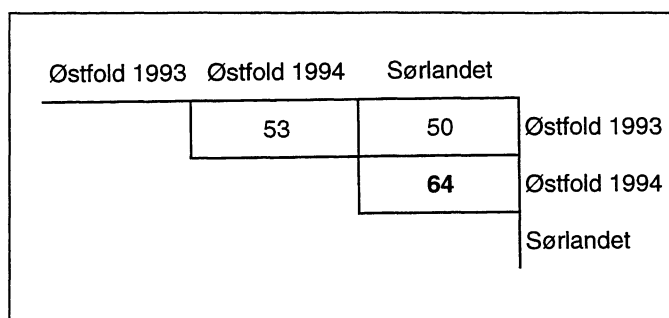
Forekomsten av de vanligste littorale hoppekrepsene.

Occurrence of the most common littoral copepods.

Figur 8

Krepsdyrfaunen sammenlignet med andre områder ved hjelp av samfunnsindeksen (CC).

A comparison of the crustacean fauna in different areas using the community index (CC)



De to siste *Eucyclops*-artene, *E. denticulata* og *E. macrurus*, er begge arter som synes å trives best ved noe høyere pH. Dette er særlig tilfelle for *E. macrurus* som ikke er funnet ved pH lavere enn 5,0 og som ved høyere pH er funnet i mer enn 1/4 av de undersøkte vannene. *E. denticulata* er noe sjeldnere enn *E. macrurus* og er i et par tilfeller funnet ved pH i underkant av 5,0. Ved høyere pH forekommer den i ca 6-8 % av lokalitetene. *E. denticulatus* ble kun funnet i Kulejern, mens *E. macrurus* i tillegg til dette vannet, også ble funnet i Nordre Boksjø og Isebakkjern.

De to *Paracyclops*-artene, *P. affinis* og *P. fimbriatus*, er ikke funnet ved pH lavere enn 4,5. Forekomsten av *P. affinis* i Norge øker fra 2,7 % i vann med pH 4,5-4,9 til ca 6-7 % ved høyere pH. Den ble i denne undersøkelsen funnet i to relativt sure vann, Lindtjern og Haugåstjern. *P. fimbriatus* er mer sjelden og har en noe mer uregelmessig forekomst i forhold til pH. Denne ble funnet i Søre Boksjø.

Acanthocyclops-artene *A. robustus* og *A. vernalis* er interessante i forursingssammenheng da de har forskjellig økologi. Mens *A. robustus* er vanlig i mer næringsrike lokaliteter med gunstig pH, er *A. vernalis* typisk for sure humøse vannforekomster (Duigan 1992, Fryer 1985). Et stort problem er imidlertid at de to artene lett blir forvekslet. Et av Sars (1918) kriterier for å skille de to artene er forskjell i antall pigger festet til det ytterste leddet av det fjerde beinparet. *A. robustus* har tre, mens *A. vernalis* har fire spiner. Seinere undersøkelser har imidlertid vist at dette kriteriet ikke er holdbart

(Reed 1986). I Dokkadeltaet (Halvorsen in prep.) ble det på samme individ av *A. robustus* funnet henholdsvis 3 og fire spiner på fjerde beinpar. Habituelte er det imidlertid forskjeller mellom de to artene. *A. vernalis* er noe større og slankere enn *A. robustus* og dessuten ofte blålig i fargen. *A. robustus* er kraftigere bygget enn *A. vernalis*, herav navnet, og har ofte en guloransje farge. Individene, som ble funnet i mange av de sure lokalitetene i Østfold og som ut fra habitus utvilsomt var *A. vernalis*, hadde fire spiner på fjerde beinpar, dvs slik Sars beskriver *A. robustus*.

Med forbehold om at de artene kan ha blitt forvekslet tidligere er det imidlertid også i Norge klare forskjeller i forekomst. *A. vernalis* fins i nærmere 1/4 av lokaliteter med pH under 5,0, mens den sjeldent er funnet ved høy pH. *A. robustus* forekommer hyppigst i pH-intervallet 4,5-6,0. Det kan imidlertid stilles spørsmål omstegn hvorvidt funn i sure lokaliteter skyldes feilbestemmelse fordi antall spiner på fjerde beinpar er brukt som eneste kriterie. *A. robustus* ble funnet i Folkevattn og Nordre Boksjø.

Diacyclops nanus er den av cyclopoidene som forekommer hyppigst i sure lokaliteter, og er funnet i mer enn halvparten av lokalitetene med pH lavere enn 5,0. Når pH er under 4,5 er den funnet i 75 % av lokalitetene. Forekomsten avtar med økende pH og ved pH over 7,0 fins den i kun 7 % av lokalitetene. I denne undersøkelsen ble arten med unntak av i Store Erte kun funnet i vann med pH lavere enn 5,0.

Tabell 4

Bunndyr i stillestående og rennende vann.
Benthic fauna of standing and running waters.

Stasjon år	N. Boksjø 1994	N. Boksjø 1973	Boksjø-elv 1994	S.Boksjø 1994	S.Boksjø 1973	Krokvatnet 1994	Krokvatnet 1973	Fisma 1994
Rundormer (Nematoda)	9		1	4		1		6
Fåbørster (Oligochaeta)	289	89	39	117	185	5	1	69
Snegl (Gastropoda)	3							
Muslinger (Bivalvia)	5		4	8				4
Gråsugge (Asellus)	7		2	29				
Øyestikkere (Odonata)	5	4	12	2	1	8	55	3
Døgnfluer (Ephemeroptera)	432	13	22	243	82	101	118	
Steinfluer (Plecoptera)	24		327	14	2	4		186
Buksvømmere (Corixidae)				1		26		
Ryggsvømmere (Notonectidae)						1		
Mudderfluer (Megaloptera)		10		1				
Biller (Coleoptera)		3						
Fjærmygg (Chironomidae)	302	447	23	301	55	86	64	28
Knott (Simuliidae)								327
Stankelbein (Tipulidae)	8		2				83	3
Sviknott (Ceratopogonidae)	5	60	36	17	4	3	1	4
Tovinger ind. (dipt. indet.)	2	4	4	9				13
Vårfluer (Trichoptera)	22	20	20	33	4	21	8	29
Midd (Hydracarina)	1							
Antall dyr i prøven	1114	650	492	779	338	259	336	680
Sparketid (min)	3	2	2	3	4	kval	2	2
Ant ind pr min sparkeprøve	290	325	246	260	85		168	340

4.2.5 Faunamessig likhet

Som et mål for eventuell faunamessig likhet med den forrige Østfoldundersøkelsen, som hovedsakelig inkluderer næringsrike lokaliteter (Walseng 1994), og med sure sørlandsvassdrag, er samfunnsindeksen CC (jf kap. 3) beregnet (**figur 8**). Erfaringer fra tidligere undersøkelser (Halvorsen 1980, Halvorsen 1981) har vist at lokaliteter med samfunnsindeks CC > 60 kan betraktes som artsmessig relativt like.

De sørøstlige delene av Østfold, som omfattes av denne undersøkelsen, har større faunamessig likhet med Sørlandet enn de har med faunaen innen Vansjø/Hobøl- og Haldenvassdraget. Dette gir en indikasjon på at faunaen i forsursrammede områder har mange fellestrekk uavhengig av hvor i landet en befinner seg. Hele 28 arter, som ble funnet i Vansjø/Hobøl- og Haldenvassdraget, manglet i vår undersøkelse av sure lokaliteter (**vedlegg 3**). Bildet hadde vært enda klarere dersom vann, som er blitt kalket, hadde vært utelatt fra undersøkelsen. *Daphnia longispina* og *D. galeata* er arter som da høyst sannsynlig ikke ville vært tilstede.

4.3 Bunndyr

Det foreligger et begrenset antall bunndyrprøver fra Boksjøområ-

det der hensikten er å sammenligne situasjonen i dag med den som var i 1973. Det er tatt prøver i Krokvatn, Nordre og Søre Boksjø samt i elva mellom de to siste lokalitetene (**tabell 4**). Det må tas forbehold for forskjeller i faunasammensetning som kan skyldes at prøvetakingene i 1973 og 1994 er gjort til forskjellige tid av året, henholdsvis i begynnelsen av juni i 1973 og i slutten av september i 1993. Prøvene er dessuten tatt på forskjellige steder, riktignok i samme område. I tillegg til prøvene fra Boksjøområdet er det tatt sparkeprøve i Fisma med tanke på mulige endringer i forbindelse med forestående og pågående kalking av ovenforliggende vann.

I Nordre Boksjø er det skjedd interessante endringer da det ble funnet flere grupper i 1994 som ikke var tilstede i 1973. Interessant er funnet av snegl og muslinger som begge er pH-følsomme grupper. De fleste snegleartene får problemer når pH kommer under 6,0 (Økland 1990). Muslingene (ertemuslinger) er noe mer tolerante, men også disse forsvinner ved lav pH. De kan riktignok forekomme ved pH under 5,0 (Halvorsen 1981), men dette er sjeldent. Det ble det ikke funnet snegl i Søre Boksjø.

Gråsugge (*Asellus aquaticus*) er en annen interessant art som var tallrik i begge vannene i 1994, men ikke i 1950 og 1973 da den riktignok ble påvist i mageprøver av fisk (Borgstrøm et al. 1974, Vasshaug 1990). Etter kalkingen av Søre Boksjø i 1980 økte arten i antall etter kort tid (Raddum et al. 1984), noe som tydeligvis har holdt seg siden.

Tabell 5

Artssammensetningen til døgnfluer i Boksjøene og Fisma.

Species composition of mayflies in the Boksjø area and in the river Fisma.

	lok. 10 N.Boksj	lok. 11 S. Boksj	lok. 12 Krokv.	elv 1
Cloeon simile Etn.		4		
Heptagenia fuscogrisea Ret.	3	32		
Caenis luctuosa Burm.	1	2		1
Leptophlebia marginata L.	448	207	100	21
tot. ant. ind.	432	245	101	22
tot. ant. arter	3	4	2	2

Gråsugge har sin hovedutbredelse på Sørøstlandet med et par punktvis forekomster ellers i landet bl a i Troms og Finnmark (Økland 1969). Den er bare unntaksvis funnet ved pH lavere enn 5,5 og forekommer hyppigst når pH er mellom 6,4 og 6,7, da den er funnet i mer enn halvparten av de undersøkte innsjøene (Økland 1980). Gråsugge skal være funnet ved pH 4,8, dvs ved noe lavere pH enn målt i Nordre Boksjø i 1973 (5,0). Det ble funnet større tetthet av gråsugge i Søre Boksjø enn i Nordre Boksjø.

A. aquaticus ble også funnet i elva mellom Nordre og Søre Boksjø. Prøvene ble tatt i et relativt stilleflytende parti, og det kan være noe av forklaringen til at det ikke ble funnet knott. Disse trives best i sterkere strøm. Det må tas forbehold om at prøvene ble tatt på en tid av året da mange arter innen denne gruppen har klekket.

Et interessant forhold er at andelen fåbørstemark øker fra 1973 til 1994. Det er kjent at fjærmygg ofte er dominerende gruppe i oligotrofe innsjøer, mens fåbørstemarkene overtar med økende trofi (Wetzel 1975).

Krokvatnet, som ikke blir kalket, har en annen faunasammensetning enn de to Boksjøene. Dette er naturlig da vannet foruten å bære preg av å være et humøst myrvann, hadde et bunnsstrat som var dårlig egnet til sparkeprøver (jfr metodekapittelet). Det er mange fellestrekk i sammensetningen av grupper mellom 1973 og 1994, med bl a døgnfluer og fjærmygg som dominerende grupper og samtidig lite fåbørstemark. Buksvømmer (Corixidae), ryggsvømmere (Notonectidae), øyestikkere (Odonata) og vannbiller (Coleoptera) ble også funnet. Dette er typiske grupper i humøse fiske-tomme myrvann. Det ble dessuten funnet svevemygg i krepsdyrprøvene, noe som bekrefter dette bildet av lokaliteten.

Funnet av snegl i Fisma kan tyde på at bl a kalkingen av Hølevatnet også gir en bedret vannkvalitet i Fisma.

4.3.1 Døgnfluer

Det er tilsammen registrert 44 døgnfluearter i Norge (Nøst et al. 1986) hvorav fire ble påvist i denne undersøkelsen (tabell 5). Det

Tabell 6

Artssammensetningen til steinfluer Boksjøområdet og i Fisma.

Species composition of Plecoptera in the Boksjø area and in the river Fisma.

	lok. 10 N.Boksj	lok. 11 S. Boksj	lok. 12 Krokv.	elv 1	elv 2
Nemoura acicularis Morton					6
Nemoura cinerea Retz.		14		327	
Nemoura sp.	24		4		160
Leuctra sp.					20
tot and ind	24	14	4	327	186
tot ant arter	1	1	1	1	2

ble kun funnet en art både i 1973 (Borgstrøm et al. 1974) og i begynnelsen på 80-tallet (Raddum et al. 1984) i begge Boksjøene, mens det i 1993 ble funnet tre og fire arter i henholdsvis Nordre og Søre Boksjø. Mange døgnfluearter er svært følsomme overfor lav pH og at det kun ble funnet en art i 1973 ved pH 4,8 i Søre Boksjø og 5,0 i Nordre Boksjø, er derfor ikke uventet. *Leptophlebia vespertina*, som ble funnet i begge innsjøene i 1973, er en av våre mest tolerante døgnfluer, og kan i følge Raddum & Fjellheim (1984a) forekomme ved pH helt ned til 4,5. Det samme er tilfelle for *L. marginata* som som dominerte i 1994. Grunnen til at det ble funnet forskjellige *Leptophlebia*-arter de to årene skyldes forskjeller i klekketidspunkt. *Leptophlebia*-artene er de to vanligste artene på Sørlandet (Brittain & Grann 1988, Brittain & Halvorsen 1986, Halvorsen 1981, Halvorsen 1983, Nielsen & Brittain 1986, Raddum & Fjellheim 1984b, Saltveit 1980, Spikkeland 1983, Walseng 1990).

Heptagenia fuscogrisea, som var den nest vanligste i begge vannene i 1994, er sannsynligvis noe mindre tolerant overfor lav pH. Slektningen *H. sulphurea* forsvinner ved pH lavere enn 5,5. De to siste artene *Cloeon simile* og *Caenis luctuosa*, som begge ble funnet i Søre Boksjø, tilhører slekter med pH 6,0 som nedre grense. Disse ble ikke registrert like etter kalkingen av Søre Boksjø i 1980 (Raddum et al. 1984).

I Krokstjern var det ikke uventet *L. marginata* som ble funnet. Liksom i Søre og Nordre Boksjø var det *L. vespertina* som dominerte i 1973.

I Fisma ble det foruten *L. marginata*, som også er en vanlig art i rennende vann, funnet ett individ av *Caenis luctuosa*.

4.3.2 Steinfluer

Steinfluer er en karaktergruppe for rennende vann og dominerer ofte evertbratfaunaen her. I følge Lillehammer (1988) er det hittil påvist 35 arter i Norge hvorav kun tre med sikkerhet ble funnet i denne undersøkelsen (tabell 6). Disse er vanlige og utbredt over hele landet. Materialet har vært vanskelig å artsbestemme da det hovedsakelig har bestått av ørsmå nymfer.

Som forventet var det færre steinfluer i vannene enn det var på de to elvestasjonene, og ikke uventet var det *Nemoura* sp. som dominerte begge steder. Dette er en art som også er vanlig i stillestående vann. I Fisma ble det i tillegg til *Nemoura avicularis* også funnet *Leuctra* sp. Begge *Nemoura*-artene er svært toleran-

te overfor lav pH, og det samme er tilfelle for de fleste artene innen slekten *Leuctra* (Raddum & Fjellheim 1984a). Det er heller ikke tidligere observert noen forsuringfølsomme steinfluearter i de to Boksjøene (Borgstrøm et al. 1974, Raddum et al. 1984).

5 En vurdering av de enkelte lokaliteter

Rødvatn (lok. 1)

Denne lokaliteten har et lite nedbørfelt (ca 3 km²) og ligger i et område med mye grunnfjell i dagen og med et relativt beskjedent innslag av myr. Vannet ble undersøkt av Vasshaug (1990) i 1952. Den gang ble det på to garnsett fanget en ørret, men det skulle etter sigende også være røye i vannet. I dag skal vannet være fisketomt (Nick Odegard pers medd.).

I 1994 ble det med tanke på at vannet skulle kalkes seinhøstes, tatt prøver ved to besøk, i henholdsvis juni og september. Det foreligger dessuten vannkjemidata etter kalking i oktober.

pH og fargetall indikerer et vann som er rammet av forsuring. Selv om det ligger flere mindre myrer innen nedbørfeltet hadde lokaliteten et fargetall på 21 Pt/l, som må karakteriseres som relativt lavt. Vasshaug (1990) karakteriserte i 1951 vannet ved at det hadde et lite brunskjær og en pH på 5,3. I 1994 var pH 4,8 før kalking. Krepdyrfaunaen bekrefter inntrykket av en sur lokalitet, med utelukkende innslag av arter som vanligvis forekommer med høy frekvens i lokaliteter med pH lavere enn 5,0. Arter som *Alona rustica* og *Acantholeberis curvirostris* kan karakteriseres som typiske for sure lokaliteter, hvorav førstnevnte ikke er påvist i denne delen av landet tidligere. Tilsvarende er også cyclopoidene *Acanthocyclops vernalis* og *Diacyclops nanus* karakteristiske for sure vann. Interessant var også funnet av calanoidene *Heterocope saliens* og *Acanthodiaptomus denticornis* som også ble funnet i et fisketomt myrvann i Gardermoområdet. Det ble riktignok funnet få individer av disse to artene som regnes som attraktive for fisk. Det var nesten total dominans av vannlopper på bekostning av hoppekreps, noe som ofte er tilfelle i sure lokaliteter.

pH 6,8 i november indikerer en rask bedring av pH etter kalkingen i oktober 1994. Alkaniteten steg fra 0,02 mmol/l til 0,23 mmol/l, mens innholdet av kalsium steg fra 0,8 mg/l til 5,6 mg/l.

Krokvatn (lok. 2)

Denne lokaliteten har et nedbørfelt på ca 8 km² og ligger i samme område som Rødvatn dvs med mye grunnfjell i dagen og med et relativt beskjedent innslag av myr. Også dette vannet ble undersøkt av Vasshaug (1990) i 1951. Det ble målt pH 5,9, dvs høyere enn i Krokvatn og i mange andre omkringliggende vann. Det var gjedde, abbor samt noe ørret i vannet. I dag er det kun abbor (pers. medd. William Hausæsætre).

Liksom i Rødvatn ble det også i Krokvatn innsamlet materiale både i juni og i september 1994. Også denne lokaliteten skulle kalkes seinhøstes.

Fargetallene for Krokvatn var nesten identiske med tilsvarende tall for Rødvatn. pH 5,3 var imidlertid høyere enn i Rødvatn, men også i Krokvatn har det skjedd en forsurning sammenlignet med 1952. Det må selvfølgelig tas hensyn til usikkerhet vedrørende enkeltmålinger tatt til forskjellige tider på året. pH i Krokvatn før kalking ville vært ennå lavere enn 5,3 dersom ikke det ovenforliggende Holvatn hadde blitt kalket tidligere.

Også krepdyrfaunaen i Krokvatn består nesten utelukkende av arter som vanligvis forekommer med høy frekvens i lokaliteter med pH lavere enn 5,0. Innslaget av copepoder var imidlertid noe større enn i Rødvatn og funnet av *Thermocyclops oithonoides* og *Eucyclops denticulata* indikerer en noe gunstigere pH. *T. oithonoides* er aldri funnet ved pH lavere enn 5,0.

Vannprøven fra november indikerer en noe svakere økning i pH (6,2) enn i Rødvatn (6,6). Dette bekreftes av at alkaliteten steg fra 0,04 mmol/l til 0,11 mmol/l, mens innholdet av kalsium steg fra 1,5 mg/l til 3,3 mg/l.

Langevatn (lok. 3)

Denne avlange lokaliteten med et areal på ca 7 ha ligger sør for Krokvatn. Det har et nedbørfelt på snaut 2 km² med et beskjedent innslag av myr. Et fargetall på 96 mg/l Pt indikerer imidlertid et relativt rikt innslag av "myrvann". Bunnen der prøvene ble tatt var dekket av et fint svart materiale som lett lot seg virvle opp. pH var 5,3.

Det ble registrert 14 vannlopper og fem hoppekreps, hvorav de fleste er typiske for sure lokaliteter. Unntak er cyclopoiden *Thermocyclops oithonoides* som ikke er funnet ved pH lavere enn 5,0.

Lokaliteten er ikke kalket.

Lindtjern (lok. 4)

Denne lokaliteten er omgitt av myr og mangler dessuten avløp. Det ble undersøkt av (Vasshaug 1990) i 1951 som målte pH 5,3 (metylrødt). Etter en beskrivelse av vannet konkluderes det med at "Lindtjern passer ikke som fiskevatn, dessverre".

Situasjonen er sannsynligvis den samme i dag da pH ble målt til 4,6, mens fargetallet var 131 mg/l Pt. Det ble riktignok funnet relativt mange arter, respektive 14 vannlopper og 4 hoppekreps, men alle er typiske for sure lokaliteter.

Lokaliteten er ikke kalket.

Folkevatn (lok. 5)

Denne lokaliteten har et nedbørfelt på i underkant av 10 km² hvorav betydelige arealer består av myr. Rundt vannet er det imidlertid mye dyrka mark. Vannet ble undersøkt av Vasshaug (1990) i 1951, og hadde den gang en utpreget brun farge og pH 6,0. Tilførsel av næringssalter fra dyrket mark gir et viktig bidrag til en relativt gunstig pH og angående ørreten i vannet skrev Vasshaug "Bekken ut passer bra som gytebekk og ørretbestanden i tjernet holder seg bra tross en ikke liten belastning". Foruten ørret ble det også funnet abbor, ørekyt og ål i vannet.

Situasjonen i dag er ikke ulik den Vasshaug (1990) beskrev for mer enn 40 år siden. Et fargetall på 200 mg/l Pt og en dyp brun farge forteller om fortsatt sterk påvirkning fra myr. Jeger og fiskerforeningen i distriktet overtok en hytte ved vannet i 1954 og har senere drevet regelmessig kalking av både innsjøen og tilførselsbekkene, noe som forklarer det relativt høye kalsiuminnholdet (10,3 mg/l). pH var 6,5.

Av totalt 21 arter krepdyr (17 vannlopper og 4 hoppekreps) kan

funnet av vannloppene *Monospilus dispar* og *Pseudochydorus globosus* indikere en forholdsvis gunstig pH. De to vannloppene er forholdsvis sjeldne og er hittil i Norge ikke funnet i de sureste lokalitetene. De var relativt vanlige i næringsrike lokaliteter innen Van-sjø/Hobøl- og Haldenvassdraget.

Kuletjern (lok. 6)

Dette vannet ligger på vannskillet mellom Store Erte og Folkeelva. Nedbørfeltet er lite og det har minimal gjennomstrømning. I følge Vasshaug (1990) må vannet få tilførsel fra bunnen fordi vannstanden holder seg påfallende konstant selv i tørre sommere. Han beskrev vannet som blankt og klart med pH 6,5, men med ikke så lite gjørme i vikene. Denne beskrivelsen passer fortsatt godt. Vannet hadde det laveste fargetallet av samtlige undersøkte vann i vår undersøkelse (9 mg/l Pt), og bunnen der prøvene ble tatt var dekket av et fint mørkt slam. pH var 5,6, dvs lavere enn i 1973, noe som sannsynligvis skyldes sur nedbør. Av de vannene som ikke kalkes, hadde Kuletjern gunstigst pH.

Tilstedeværelsen av tre *Eucyclops*-arter med bl a *E. macrurus* indikerer at vannet har en forholdsvis gunstig pH. *E. macrurus* er aldri funnet ved pH lavere enn 5,0 og fins også sjeldent ved pH lavere enn 6,0. Vannet mangler gytebekker, og i følge Vasshaug fantes det i 1951 kun abbor og ørekyt. Det skal også vært satt ut ørret i vannet.

Lokaliteten er ikke kalket.

Tjern Steinbruddalen (lok. 7)

Denne lokaliteten er ikke undersøkt tidligere. Det har et nedbørfelt på mindre enn 1 km², med innslag av myr som bl a omgir deler av vannet. Et fargetall på 115 mg/l Pt og pH 4,5 bekrefter inntrykket av en humøs og sur lokalitet.

Krepsdyrfaunaen består også her av arter som er typiske for sure lokaliteter, bl a vannloppene *Avantholeberis curvirostris* og *Alona rustica* samt hoppekrepsene *Macrocyclus fuscus* og *Diacyclus nanus*.

Rundt 1990 ble det fanget et fåtall relativt store abbor i vannet (Jens Nybøle pers. medd.). Det skal imidlertid ikke være ørret der.

Lokaliteten er ikke kalket.

Haugåstjern (lok. 8)

Lokaliteten har et areal på ca 10 ha og drenerer et nedørfelt på ca 1,5 km². Også dette er en sur lokalitet med pH 4,6. Påvirkningen fra myr er muligens noe mindre enn hva som var tilfelle for tjernet i Steinbruddalen. Vannet virker grunnst, med et fin svart slam som dekker bunnen.

Liksom tjernet i Steinbruddalen var krepsdyrfaunaen i Haugåstjern relativt artsfattig og med arter som er tolerante overfor lav pH. Også her ble det fisket opp et fåtall relativt store abbor i 1990 (Jens Nybøle pers. medd.). Det skal ikke være fanget ørret i vannet.

Lokaliteten er ikke kalket.

Tjern ved Haugåstjern (lok. 9)

Dette er et surt myrtjern (pH 4,5) med et areal på 0,3 ha og

med lite nedbørfelt. Vannfargen var brun med et fargetall på 133 mg/l Pt. Krepsdyrfaunaen var artsfattig og med kun arter som er tolerante over for lav pH.

Lokaliteten er ikke kalket.

Nordre Boksjø (lok. 10)

Fra denne lokaliteten foreligger det opplysninger tilbake til 1918 (Huitfeldt-Kaas 1918). Vannet har et nedbørfelt på i overkant av 15 km² som består av myr og mye bart grunnfjell. Dette tilsier at vannet fra naturens side har lav pH og at det dessuten er sårbart for sur nedbør. Vasshaug (1990) beskrev at vannet hadde et brunlig skjær og pH 4,8. Han syntes den gang at dette var en bemerkelsesverdig lav pH og tok derfor en ny vannprøve for så å måle pH til 4,7. I 1973 ble vannfargen beskrevet som gullig-brun, mens pH ble målt til 5,0 (Borgstrøm et al. 1974). Kalkingen av Nordre Boksjø startet i 1985 da pH var så lav som 4,5. Etter kalking økte pH til 6,5. I 1994 var pH 6,6, mens fargetallet var så lavt som 26 mg/l Pt. Kalsiuminnholdet hadde økt fra ca 1,3 mg/l i 1973 til 3,8 mg/l.

Det ble tatt planktoniske og litorale krepsdyrprøver både i 1973 og 1994 og det ble funnet henholdsvis fem og 28 arter. Blant nye arter i 1993 kan nevnes flere som er sjeldne eller som uteblir ved lav pH. Eksempler på slike er bl a vannloppene *Alona intermedia* og *Pseudochydorus globosus* samt hoppekrepsene *Eucyclops macrurus* og *Acanthocyclops robustus*. Arter, som er vanlige i sure humøse lokaliteter i området, ble også funnet.

I Nordre Boksjø ble det funnet flere grupper i 1994 som ikke var tilstede i 1973. Interessant er funnet av snegl, muslinger og gråsugge (*Asellus aquaticus*) som alle er pH-følsomme arter. De fleste snegleartene får problemer når pH kommer særlig under 6,0, mens muslingene (ertemuslinger) er noe mer tolerante. *A. aquaticus* er bare unntaksvis funnet ved pH lavere enn 5,5, men skal også være funnet ved pH 4,8 (Økland 1980). I følge Vasshaug (1990) ble den riktignok påvist i mageprøver allerede i 1951 noe som også var tilfelle i 1973 (Borgstrøm et al. 1974). Den er utvilsomt langt mer vanlig i dag enn den var før kalkingen startet. Sammenlignet med fjærmygg øker andelen av fåbørstemark fra 1973 til 1994, noe som ofte er tilfelle ved økende trofi.

I 1973 fant (Borgstrøm et al. 1974) kun *Leptophlebia vespertina* som er meget tolerant overfor lav pH. Blant tre nye arter i 1994 er *Caenis* sp. den mest følsomme for lav pH. Denne blir i følge (Raddum & Fjellheim 1984a) borte ved pH lavere enn 6,0.

I følge Huitfeldt-Kaas (1918) skulle det være både ørret, røye, abbor og mort i Boksjøene. Vasshaug (1990) hevder i 1951 at det ha vært ørret i vannet i lange tider til tross for dårlig med gytebekker. I tillegg konstaterte han at det var abbor og ørekyt, og det skulle visstnok også være røye vannet. Ørekyt, mort og røye fins ikke lenger i Nordre Boksjø. Etter prøvefisket i 1973 ble det konkludert med at abbor fortsatt hadde en levedyktig bestand. Det ble dessuten tatt en ørret med flytegarn hvilket indikerte at arten fortsatt var tilstede, og i følge Jens Nybøle (pers. medd.) har den aldri vært helt utdødd. Etter at kalkingen startet i 1985 har ørretbestanden tatt seg opp igjen.

Søre Boksjø (lok. 11)

Også fra Søre Boksjø foreligger det opplysninger tilbake til 1918 (Huitfeldt-Kaas 1918). Vannet har et større nedbørfelt enn nordre Boksjø hvorav betydelige arealer ligger i Sverige. Omgivelsene består hovedsakelig av myr og mye bart grunnfjell som i utgangspunktet tilsier at også dette vannet alltid har hatt lav pH, og at det dessuten er sårbart mot forsurening. Vasshaug stilte seg spørsmålet om hvorvidt vannet allerede i 1951 var rammet av forsuring da han etter først å ha målt pH 5,0, etter en kraftig regnskyll foretok nye målinger som ga pH 4,8-4,9. Han beskrev vannet som klart. I forbindelse med inventeringsundersøkelsene i 1973 ble pH også målt til 4,8. Kalkingen av innsjøen, som er foretatt på svensk side, startet i 1980. I følge Raddum et al (1984) var pH 4,5-4,8 før kalking. I 1983 var pH mellom 6,7 og 7,0. I september 1994 var fargen 27 mg/l Pt, mens pH var 6,5. Innholdet av kalsium hadde økt fra ca 1,1 mg/l i 1973 til 3,7 mg/l i 1994.

Antall krepsdyrarter økte fra ni i 1973 til 23 i 1994. Liksom situasjonen i Nordre Boksjø fins det arter som er vanlige i sure humøse vann, men også arter som høyst sannsynlig er kommet inn etter at vannkvaliteten er blitt forbedret gjennom kalking. Vannloppen *Pseudochydorus globosus* og hoppekrepsen *Eucyclops speratus* er eksempler på det siste.

Muslinger og gråsugge (*Asellus aquaticus*) er begge pH-følsomme og ble funnet i sparkeprøvene i 1994. Liksom i Nordre Boksjø ble *A. aquaticus* funnet i mageprøver allerede i 1951 (Vasshaug 1990). Den ble imidlertid ikke funnet i 1973, mens tettheten må betegnes som høy i 1994.

Også i Søre Boksjø øker andel fåbørstemark i forhold til fjærmygg fra 1973 til 1994.

Det ble registrert tre nye døgnfluerarter i 1994. To av disse, *Caenis* sp. og *Cloeon* sp., er følsomme overfor lav pH.

Huitfeldt-Kaas (1918) hevdet at det skulle være ørret, røye, abbor og mort i Boksjøene. I følge Vasshaug (1990) ble det 30 år seinere påvist ørret, abbor, ørekyte, ål og røye i Søre Boksjø. I følge Almer (1972) forsvant morten allerede på 30-tallet, mens røya ble borte i løpet av 1960-årene. Ørreten holdt stand til ca 1965. Under prøvefisket i 1973 ble det kun tatt abbor i vannet.

Kroktjern (lok. 12)

I følge Vasshaug (1990) har tjernet et fjellpreg over seg der fjellgrunnen, som mange steder stikker nakent ut i vannet, er bevoskt med furu. Vannet er dessuten omgitt av betydelige myrarealer. Vannfargen ble den gang beskrevet som "ølbrunt", seinere i 1973 som mørk brun noe som også var tilfelle i 1994 da fargetallet var 120 mg/l Pt. Lokaliteten har dessuten vært stabilt sur med pH 4,5 i 1951 og pH 4,6 i 1994. I 1973 var pH ennå lavere, 4,3 i overflaten og 4,45 på 5- og 7-meters dyp.

Krepsdyrfaunaen inneholder ingen arter som skulle tilsi at det har skjedd noen bedring i vannkvaliteten. Alle de påviste artene forekommer med relativt høy frekvens i sure lokaliteter i Norge.

Bunndyrfaunaen i 1994 har mange fellestrekk med 1973 med bl a døgnfluer og fjærmygg som dominerende grupper og samtidig lite

fåbørstemark. Buksvømmer (Corixidae), ryggsvømmere (Notonectidae), øyestikkere (Odonata) og vannbiller (Coleoptera), som ble funnet i Kroktjern, er typiske grupper i humøse fisketomme myrvann. Det ble dessuten funnet svevemygg i krepsdyrprøvene, noe som bekrefter bildet av en slik lokalitet.

I følge Vasshaug (1990) fantes ørret og abbor i 1951. Ørret skulle vært satt ut to ganger, i henholdsvis 1946 og 1948. I følge Jens Nybøle (pers. medd.) har det tidligere også vært abbor i vannet, men han er usikker på hvorvidt det fortsatt er abbor der. Han kjenner ikke til at det skal være utsatt ørret i seinere tid. Det ble ikke prøvefisket i 1973.

Søndre Svartholstjern (lok. 13)

Dette er et rundt, humøst myrtjern med et areal på ca 1 ha. Berggrunnen består av Iddefjordsgranitt. Nedbørfeltet er lite og bidraget fra omkringliggende myrer gir et fargetall på 149 mg/l Pt. Kalkingen siden 1991 har resultert i pH 6,6 og et kalsiuminnhold på 7,2 mg/l i 1994.

Krepsdyrfaunaen er artsfattig med kun arter som er tolerante over for lav pH.

Berby-Langvatn (lok. 14)

Berby-Langvatn er et avlangt vann med et areal på ca 6 ha og med et lite nedbørfelt. Vannet er hovedsakelig omgitt av fjellknauser med furutrær. Berggrunnen består av Iddefjordsgranitt. Et fargetall på 76 mg/l Pt tilsier at bidraget fra myr er mindre her enn i Søndre Svartholstjern. Etter at vannet ble kalket i 1991 er pH i dag 7,1 og kalsiuminnholdet 8,7 mg/l.

Krepsdyrfaunaen er rikere på arter enn i Søndre Svartholstjern i nord, med flere arter som er lite tolerante overfor lav pH, bl a vannloppene *Daphnia galeata* og *D. longispina*.

Svartjern (lok. 15)

Svartjern har et areal på ca 3 ha og med en større gjennomstrømming enn i de to foregående lokalitetene. Dette er et typisk humustjern som er omgitt av myr og skog. Berggrunnen består av Iddefjordsgranitt. Vannet er brunt og hadde et fargetall på 148 mg/l Pt. Det ble første gang kalket seinhøstes 1988 og pH steg da fra 4,4 (21. september 1987) til 5,2 (24. oktober 1988). Idag er pH 7,0 og kalsiuminnholdet på 9,1 mg/l.

Det ble kun funnet syv arter krepsdyr, seks vannlopper og en hoppekreps, hvorav alle er vanlige i sure lokaliteter.

Langvatn (lok. 16)

Langvatnet er med et areal på ca 15 ha et av de større vannene i dette området der berggrunnen består av Iddefjordsgranitt. Fargetallet (55 mg/l Pt) er lavere enn i de øvrige lokalitetene i dette området. pH var 5,1 og kalsiuminnholdet 1,4 mg/l. Vannet er ikke kalket, og kan derfor fungere som et eventuelt referansevann.

Krepsdyrfaunaen, tilsammen 13 arter, består kun av arter som er vanlige i sure lokaliteter.

Årbutjern (lok. 17)

Årbutjern er et lite vann (ca 4 ha) som renner til Sverige. Det

drenerer også en berggrunn bestående av Iddefjordsgranitt. Vannet skal i følge Vasshaug (1990) være relativt dypt og hadde i 1951 en farge med gullig anstrøk og pH 5,4. Før kalkingen i 1984 var pH 5,0, fargetallet 45 mg/l Pt og kalsiuminnholdet 2,4 mg/l (28. mars 1984). Det første kalkingsforsøket var mislykket og 25. januar 1985 var pH igjen sunket til 4,8. I 1994 var pH 6,5, fargetallet 59 mg/l Pt og kalsiuminnholdet 4,3 mg/l.

Liksom i Berby-Langevatn ble *D. longispina* også funnet i Årbutjern. Daphnier er generelt følsomme for lav pH og fins kun unntaksvis ved pH lavere enn 5,0. *Chydorus piger* er en annen art fra Årbutjern som kun i et tilfelle i Norge er funnet ved pH lavere enn 5,0.

Ravnsjøen (lok. 18)

Ravnsjøen tilhører Vansjø/Hobølvassdraget og er blant NIVA's referansevann mht overvåking av sure lokaliteter i Østfold. Det har et areal på ca 35 ha, et nedbørfelt på i underkant av 5 km² og renner til Sæbyvatnet øst for Vansjø. pH er 5,1, mens kalsiuminnholdet var henholdsvis 1,6 mg/l i 1992 og 1,4 mg/l i 1993.

Det ble funnet få krepsdyrarter, som alle forekommer med høy frekvens i sure vann.

Isebakkjern (lok. 19)

Isebakkjern er også referansevann og har et areal på ca 30 ha og nedbørfelt på ca 7 km². Det ligger sør for Ravnsjøen og har større gjennomstrømning. pH avtok fra 5,1 i 1992 til 4,8 i 1993, mens kalsiuminnholdet avtok fra 2,4 mg/l til 2,2 mg/l i samme periode.

Det ble funnet 15 krepsdyrarter, henholdsvis 10 arter vannlopper og 5 arter hoppekreps. Funnet av vannloppen *Chydorus piger* og særlig hoppekrepsen *Eucyclops macrurus* kan indikere at det høye humusinnholdet kan bufre noe mot effekten av sur nedbør. Det vil være av interesse å skaffe mer informasjon vedrørende dette vannet.

Holvatn (lok. 20)

Liksom Ravnsjøen og Isebakkjern er også Holvatn referansevann mht sur nedbør. Det er ligger sør for Femsjøen og har et areal på ca 140 ha. Nedbørfeltet er lite, ca det tredobbelte av innsjøens areal. pH var 4,7 både i 1992 og 1993, mens kalsiuminnholdet var 1,3 mg/l.

Det ble kun funnet syv krepsdyrarter, som alle forekommer med høy frekvens i sure vann.

Breidtjern (lok. 21)

Dette er det fjerde og siste av referansevannene til NIVA. Det ligger sør for Aspern og har et areal på ca 30 ha. Også dette vannet har lite nedbørfelt, ca 1,5 km², og samtidig det som hadde lavest pH, henholdsvis 4,5 i 1992 og 4,6 1993. Kalsiuminnholdet var respektive 1,0 mg/l og 0,9 mg/l.

Det ble funnet 15 krepsdyrarter, 11 arter vannlopper og fire arter hoppekreps. Artsamensetningen indikerer at Breidtjern er en typisk sur lokalitet med bla vannloppen *Chydorus ovalis* og hoppekrepsen *Diacyclops nanus*.

Store Erte (lok. 22)

Vannet har et areal på ca 4800 ha og ligger sør for Femsjøen og Aspern. Det har relativt lavt fargetall (15-24 mg/l Pt). pH var 5,6 i mai 1994 og 6,2 i september 1994. Vannet blir kalket.

Tilsammen ble det påvist 21 arter hvorav flere er karakterarter for sure lokaliteter, f eks *Alona rustica*, *Acantholeberis curvirostris*, *Macrocyclops fuscus* og *Diacyclops nanus*. Samtidig ble det funnet arter som er assosiert med bedre vannkvalitet. *Mesocyclops oithonoides* er f eks aldri funnet i vann med pH lavere enn 5,0.

6 Konklusjon

Denne undersøkelsen omfatter 22 ferskvannslokaliteter i Østfold, og ligger innenfor det sørøstlige grunnfjellsområdet med tungt forvitrelige bergarter. Fra naturens side har disse lokalitetene alltid vært sure, og flere av de mest humøse tjernene har sannsynligvis også alltid vært fiskertomme og har dessuten hatt en artsfattig ferskvannsauna. Sur nedbør har imidlertid forverret situasjonen ytterligere, og i dag blir 10 av vannene kalket.

Krepsdyrfaunaen var gjennomgående fattig på arter og har mange fellestrekk med faunaen i sure lokaliteter på Sørlandet. I en undersøkelse fra næringsrike lokaliteter i Østfold var artsrikdommen langt større.

Kalking i flere av vannene har imidlertid bidratt til at ferskvannsorganismer som er følsomme for lav pH, har kommet tilbake. I Nordre og Søre Boksjø, der pH som følge av kalking har økt fra ca 4,5 til ca 6,0, fins det i dag snegl, muslinger og høye tettheter av gråsugge. pH-følsomme døgnfluearter og krepsdyrarter er også funnet. I Berby-Langvatn og Årbutjern ble det funnet to arter av Daphnier, som generelt er følsomme for lav pH.

Kalkingen av vann i Østfold har allerede resultert i at fiskebestander har tatt seg opp. Denne undersøkelsen bekrefter at det samme også er tilfelle med andre ferskvannnsorganismer. Det ville derfor være av stor interesse å fortsette å følge utviklingen i de to Boksjøene ved en fortsatt god vannkvalitet. I tillegg vil det også vært nyttig å følge situasjonen i Rødvatn og Krokvatn etter kalking. Her foreligger det materiale fra tiden før kalkingen startet opp.

7 Sammendrag

Tilsammen 22 vann i Østfold er undersøkt. Med unntak av Ravnsjøen og Isebakkjern, som ligger vest for Vansjø, ligger de øvrige i den sørøstlige delen av fylket. Rødvatn, Krokvatn, Langtjern og Lindtjern tilhører et sidevassdrag av Haldenvassdraget med utløp i den nordøstre delen av Femsjøen. Store Erte renner til Femsjøen, mens Kulekjern ligger sør for Store Erte og mangler avløp. Holvatn og Breidtjern ligger henholdsvis vest og øst for Store Erte. Folkevann drenerer sørover med utløp innerst i Iddefjorden ved Folkå. Årbutjern renner til Sverige, mens de resterende lokalitetene tilhører Enningdalselva som renner til Iddefjorden.

Ravnsjøen, Isebakkjern, Holvatn og Breidtjern er med i NIVA's overvåkingsprogram av sure vann i Østfold. Av de øvrige blir Nordre og Søre Boksjø, samt Folkevann, søndre Svartholstjern, Berby-Langvatn, Svartjern, Store Erte og Årbutjern kalket. Seinhøstes i 1994 startet også kalkingen av Rødvatn og Krokvatn.

Området har kontinentalt klima med en forskjell på ca 20 °C mellom varmeste og kaldeste måned, som er henholdsvis juli og februar. Gjennomsnittstemperaturen for juli er 15,9 °C, mens normalen for februar er -4,2 °C.

Den gjennomsnittlige årlige nedbøren er i størrelsesorden 800 mm relativt jevnt fordelt over året. Mest nedbør faller det imidlertid om høsten.

Undersøkelsesområdet ligger i sin helhet innenfor et område som hovedsakelig består av gneiser samt noe granitt.

Generelt er vegetasjonen innen undersøkelsesområdet fattig med bjørk og furu som dominerende treslag.

Med unntak av Store Erte, hvor det foreligger prøver også fra 1993, er alt materialet innsamlet i 1994. I Rødvatn og Krokvatn ble prøvene tatt henholdsvis 29. juni og 8. september 1994, dvs før påbegynt kalking. I tillegg ble det tatt vannprøver etter kalking. Også fra Nordre og Søre Boksjø foreligger det materiale fra to besøk i 1994. Foruten vann- og krepsdyrprøver, ble det i Krokjern, Nordre og Søre Boksjø også tatt bunndyrprøver. Det foreligger også bunndyrprøver fra elva som forbinder Nordre og Søre Boksjø, samt fra Fisma som renner ut i Femsjøen.

Lavest pH, 4,5, ble hadde tjernet i Steinbruddalen (lok. 7), tjernet ved Haugåstjern (lok. 9) og Breidtjern (lok. 21). Høyest pH, 7,1, hadde Berby-Langevatn.

Rødvatn og Krokvatn hadde henholdsvis pH 4,8 og pH 5,3 før kalking. I november, dvs etter kalking, hadde pH økt til respektive 6,8 og 6,2. Gunstigere pH i Krokvatn enn i Rødvatn før kalking, skyldes bl a kalking av det ovenforliggende Holvatn.

Nordre og Søre Boksjø hadde i 1973 henholdsvis pH 5,0 og pH 4,8, og i 1994 pH 6,6 og 6,5. I de fire referansevannene Ravnsjøen, Isebakkjern, Holvatn og Breidtjern, varierte pH fra 4,5 til 5,1.

I de fire vannene øst for Enningdalselva, som er kalket, varierte pH mellom 6,5 (Årbutjern) og 7,1 (Berby-Langevatn).

Ikke uventet ble de høyeste kalsiumverdiene målt i vannene som er kalket. Folkevann hadde høyest innhold med 10,3 mg/l. I Rødvatnet steg kalsiuminnholdet fra 0,3 mg/l før kalking til 5,6 mg/l etter kalking. I Krokvatn var det tilsvarende 1,5 mg/l før kalking og 3,3 mg/l etter kalking. I Nordre og Søre Boksjø var kalsiuminnholdet henholdsvis 3,8 mg/l og 3,7 mg/l i 1994, mens det i 1973 var 1,3 mg/l og 1,0 mg/l. Blant NIVA's referansevann hadde Isebakkjern (2,2-2,4 mg/l) noe høyere innhold av kalsium enn de øvrige, og lavest kalsiuminnhold hadde Breidtjern med 0,9 mg/l i 1993.

Fargetallet varierte fra 9 mg/l Pt i Kulekjern til 200 mg/l Pt i Folkevann. Kulekjern har et minimalt nedbørfelt og ligger på vannskillet mellom nedbørfeltet til Store Erte og Folkeelva. Folkevann drenerer betydelige myrrealer.

Det er påvist tilsammen 54 arter krepsdyr, henholdsvis 35 arter vannlopper og 19 arter hoppekreps. I en tilsvarende undersøkelse fra Vansjø/Hobøl- og Haldenvassdraget, som hovedsakelig omfattet næringsrike lokaliteter, ble det i 1993 funnet 52 arter vannlopper og 23 arter hoppekreps. Med noen få unntak ble det funnet gjennomgående høyere antall arter i de kalkede enn i de ikke kalkede vannene. Flest arter hadde Nordre Boksjø (28 arter). I 1974, dvs før kalking, ble det kun registrert fem arter i her. Det må tilføyes at denne undersøkelsen ble utført tidlig på året (juni). Erfaringsmessig er det flest arter tilstede på ettersommeren og om høsten.

De sørøstlige delene av Østfold, har større faunamessig likhet med Sørlandet enn med Vansjø/Hobøl- og Haldenvassdraget. Dette gir en indikasjon på at faunaen i forsurede områder har mange felles trekk uavhengig av hvor i landet de befinner seg. De kalkede vannene hadde flere arter som kan karakteriseres som følsomme overfor lav pH og som ikke forekom i de ikke kalkede vannene. *Daphnia longispina* og *D. galeata* er to eksempler på slike arter.

Med hensyn til bunndyr er det i Nordre- og Søre Boksjø skjedd interessante endringer fra 1973 til 1994. Flere grupper som forekom i 1994 manglet i 1973. Interessant er forekomsten av snegl og muslinger som begge er pH-følsomme grupper. Gråsugge (*Asellus aquaticus*) har også økt i antall, noe som ble bekreftet allerede de første årene etter at kalkingen startet opp. I 1994 ble døgnflueartene *Cloeon simile* og *Caenis luctuosa* begge funnet i Søre Boksjø. Disse tilhører slekter som har pH 6,0 som nedre grense. Disse ble ikke registrert de første årene etter kalkingen av Søre Boksjø i 1980.

Krokvatnet, som ikke blir kalket, har en annen faunasammensetning enn de to Boksjøene. Buksvømmer, ryggsvømmer, øyestikkere og vannbiller, som ble funnet i Krokvatn, er typiske grupper i humøse fisketomme myrvann. Det ble dessuten funnet svevemygg i krepsdyrprøvene, noe som bekrefter dette bildet av lokaliteten.

Funnet av snegl i Fisma kan tyde på at kalkingen av Hølevatnet også forbedrer vannkvaliteten i Fisma.

Kalking av vann i Østfold har allerede resultert i at fiskebestander har tatt seg opp. Denne undersøkelsen bekrefter at det samme også er tilfelle med andre ferskvannsorganismer. Det vil derfor være av stor interesse å følge den videre utviklingen i de to Boksjøene. I tillegg vil det også vært nyttig å følge situasjonen i Rødvatn og Krokvatn etter kalking. Her foreligger det materiale fra tiden før kalkingen startet.

8 Litteratur

- Almer, B. 1972. Försurningens inverkan på fiskebestand i västkustsjöar. - Inf. från Sötvattenslab. Drottningholm 12, 47 s.
- Appelberg, M. & Aldén, V. 1992. Integrerad oppfølging av kalkingens effekter på sjöar og vattendrag - en treårsrapport. - Inf. från Sötvattenslab. Drottningholm 4, 108 s.
- Bjørndalen, K. & Warendorph, H. 1982. Hydrografi og plankton i en innsjø med kompleks bassengform. Bind 2. - Hovedfagsoppgave i spesiell zoologi (upubl.), Univ. Oslo, 129-269.
- Borgstrøm, R., Eie, J.A., Hardeng, G., Nordbakke, R., Raastad, J.E. & Solem, J.O. 1974. Inventeringer av verneverdige områder i Østfold. - Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 17: 1-71.
- Brettum, P. & Hindar, A. 1985. I Liming project final report. Liming of acid water, Kjell Baalsrud (Editor).
- Brittain, J.E. & Grann, O.J. 1988. Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med overføringer til Napetjern kraftverk, Telemark fylke. - Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 104: 1-49.
- Brittain, J.E. & Halvorsen, G. 1986. Bygging av Skarg kraftverk og ytterlige overføringer til Brokke kraftverk, Aust-Agder. Hydrografi og bunndyr i sidevassdragene til Otra. - Rapp. Lab. Ferskvannskol. Innlandsfiske, Oslo, 83: 1-39.
- Det norske meteorologiske institutt 1985. Nedbørnormaler 1931-60, oktober 1985. - Stensil, 13 s.
- Duigan, C.A. 1992. The ecology and distribution of the littoral Chydoridae (Branchiopoda, Anomopoda) of Ireland, with taxonomic comments on some species. - Hydrobiologia 241: 1-70.
- Flössner, D. 1972. Krebstiere, Crustacea, Kiemen- und Blattfüßer, Branchiopoda, Fischläuse, Branchiura. - Tierwelt Deutschl. 60: 1-501.
- Fryer, G. 1985. An ecological validation of a taxonomic distinction: the ecology of *Acanthocyclops vernalis* and *A. robustus* (Crustacea: Copepoda). - Zool. Journ. Linn. Soc. 84: 165-180.
- Faafeng, B. & Nilssen, J.P. 1981. A twenty-year study of eutrophication in a deep, soft water lake. - Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Verh. 21: 380-382.
- Gliwicz, Z.M. 1969. Studies on the feeding of pelagic zooplankton in lakes with varying trophy. - Ekol. Pol. A 17: 663-708.
- Halvorsen, G. 1980. Planktoniske og litorale krepsdyr innenfor vassdragene Etna og Dokka. - Kontaktutv. vassdragsreg., Univ. Oslo, Rapp. 11: 1-95.
- Halvorsen, G. 1981. Hydrografi og evertebrater i Lyngdalsvassdraget i 1978 og 1980. - Kontaktutv. vassdragsreg., Univ. Oslo, Rapp. 26: 1-89.
- Halvorsen, G. 1982. Ferskvannsbioologiske undersøkelser i Joravassdraget. - Kontaktutv. vassdragsreg., Univ. Oslo, Rapp. 38, I.: 1-59.
- Halvorsen, G. 1983. Hydrografi og evertebrater i Kosånassdraget 1981. - Kontaktutv. vassdragsreg., Univ. Oslo, Rapp. 62: 1-62.
- Halvorsen, G. & Pedersen, O. 1988. Botaniske og ferskvannsbioologiske undersøkelser i Lundetjern-området, Sokndal kommune, Rogaland. - Økoforsk Utredning 1988, 19: 1-31.
- Halvorsen, G., Storeid, S.E., Sporsheim, P. & Walseng, B. 1994. Ferskvannsbioologiske undersøkelser av grytehullsjøene i Gardermo-området. - NINA Forskningsrapport 57: 1-42.
- Halvorsen, R. 1978. Østfold. - Gyldendahl Norsk Forlag A/S, Oslo.
- Hardeng, G. 1982. Naturfaglige og naturvernmessige forhold i Haldensvassdraget og tilgrensende områder med norsk del av Stora Le. - Stensil, 148 s.
- Hegna, K., red. 1992. Kalking i vann og vassdrag. - Direktoratet for naturforvaltning, rapport, 4 s.
- Herbst, H.V. 1976. Blattfusskrebse (Phyllopoden: Echte Blattfüßer und Wasserflöhe). - Kosmos-Verlag Franckh, Stuttgart, 130 s.
- Huitfeldt-Kaas, H.H. 1918. Ferskvandfiskenes indvandring og utbredelse i Norge, med et tillæg om Krebsen. - Centraltrykkeriet, Kristiania.
- Hutchinson, G.E. 1967. A treatise on limnology. II. Introduction to lake biology and the limnoplankton. - New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Jaccard, P. 1932. Die Statistische-floristische Methode als Grundlage der Pflanzen-soziologie. - Handb. Biol. Arbeitsmeth. 5: 162-202.
- Jensen, J.W. 1968. Planktoniske ferskvannskrustacea på Hitra i Sør-Trøndelag med en hydrografisk oversikt og notater om littorale crustacea. - Hovedfagsoppgave i spesiell zoologi (upubl.), Univ. i Oslo, 109 s.
- Johnson, R.K., Wiederholm, T. & Rosenberg, D.M. 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates: 40-158. - I Rosenberg, D.M. & Resh, V.H., red. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates, Chapman & Hall, New York.
- Jørgensen, I. 1972. Forandringer i strukturen til planktoniske og litorale Crustacea-samfunn under gjengroing av humusvann i området Nordmarka og Krokskogen ved Oslo, korrelert med hydrografiske data. - Hovedfagsoppgave i spesiell zoologi (upubl.), Univ. i Oslo, 83 s.
- Karabin, A. 1978. The pressure of pelagic predators of the genus *Mesocyclops* (Copepoda, Crustacea). - Ekol. Polska. 26: 241-257.
- Kiefer, F. 1973. Ruderfusskrebse (Copepoden). - Kosmos-Verlag, Franckh, Stuttgart, 99 s.
- Kiefer, F. 1978. Freilebende Copepoda. - Elster, H. J. & Ohle, W., red. Das Zooplankton der Binnengewässer 26: 1-343.
- Kristiansen, Ø.J. 1991. Kalking av sure vann i Østfold. Overvåking 1988-90. - Fylkesmannen i Østfold, miljøvernvedlegg, rapport 2/1991: 1-53.
- Langeland, A., Hesthagen, T., Schartau, A.K. & Saksgård, R. 1993. Problemnotat om kalking av Hagavatnet i Rogaland. - NINA Oppdragsmelding 248: 1-10.
- Lillehammer, A. 1988. Stoneflies (Plecoptera) of Fennoscandia and Denmark. - Fauna Entomologica Scandinavia 21: 1-165.
- Nielsen, P.S. & Brittain, J.E. 1986. Utbyggingsplaner for Kilåvasdraget, Telemark. En vurdering av de fiskeribiologiske forhold og virkninger på bunndyr og fisk. - Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 82: 1-93.
- NIVA 1967. Vannforsyning og avløpsforhold i Østlandsfylkene. Utredning for Østlandskomiteen 1967. Rapp 1. Beskrivelse og undersøkelse av vannforekomster. Del 2. Gudbrandsdalslågen. - Rapp. 0-110/65: 1-94.
- NIVA 1977. Vansjø. Undersøkelse 1976-77. - Rapport O-87/75: 1-80.
- NIVA 1984. Rutineovervåking i Vansjø, 1983. - Rapport 166/84: 1-18.

- Nøst, T. 1982. Ferskvannsbiologiske og hydrografiske undersøkelser i Høylandsvassdraget. - K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport, Zool. Ser. 1982-2: 1-59.
- Nøst, T., Aagaard, K., Arnekleiv, J.V., Jensen, J.W., Koksvik, J.I. & Solem, J.O. 1986. Vassdragsreguleringer og ferskvannsinvertebrater. En oversikt over kunnskapsnivået. - Økoforsk Utredning 1986,1: 1-80.
- Patalas, K. 1954. Pelagie crustacean complexes of 28 Pommerian Lakes. - Komitet Ekolog. 2: 61-92.
- Ponyi, J.E. 1956. Die Diaptomus-Arten der Natrongewässer auf der grossen Ungarischen Tiefebene. - Zool. Anz. 156: 257-403.
- Raddum, G. & Fjellheim, A. 1984a. Acidification and early warning organisms in freshwater in Western Norway. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 1973-1980.
- Raddum, G.G. & Fjellheim, A. 1984b. Etnevasdraget, konsekvensavgjørende ferskvannsbiologiske undersøkelser. - Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Univ. i Bergen, 48 s.
- Raddum, G.G., Hagenlund, G. & Halvorsen, G.A. 1984. Effects of lime treatment on the benthos of Lake Søndre Boksjø. - Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm, Rapport 61: 167-176.
- Reed, E.B. 1986. Estival phenology of an *Acanthocyclops* (Crustacea, Copepoda) in a Colorado tarn with remarks on vernalis-robustus complex. - Hydrobiologia 139:127-133.
- Rylov, W.M. 1948. Freshwater Cyclopoida. Fauna USSR, Crustacea 3 (3). - Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1963, 314 s.
- Saltveit, S.J. 1980. Bunndyr i elver og bekker i Tovdal, Aust-Agder. - Rapp. Lab. Ferskv.Økol. Innlandsfiske, Oslo, 42: 1-50.
- Sandlund, T. & Halvorsen, G. 1980. Hydrografi og evertebrater i elver og vann i Kynnavassdraget, Hedmark, 1978. - Kontaktutv. vassdragsreg., Univ. Oslo. Rapp. 14: 1-80.
- Sars, G.O. 1903. An account of the Crustacea of Norway. IV Copepoda, Calanoida. - Bergen, 171 s.
- Sars, G.O. 1918. An account of the Crustacea of Norway. VI Copepoda, Cyclopoida. - Bergen, 225 s.
- Sarvala, J. 1979. Benthic resting stages of pelagic cyclopoids in an oligotrophic lake. - Hol. Ecol. 2: 88-100.
- Smirnov, N.N. 1971. Chydoridae. Fauna USSR, Crustacea 1 (2). - Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1974, 644 s.
- Spikkeland, I. 1979. Hydrografi og evertebrater i innsjøer i Tovdalsvassdraget. - Kontaktutv. vassdragsreg., Univ. Oslo, Rapp. 8: 1-93.
- Spikkeland, I. 1983. Hydrografi og evertebratfauna i Sokndalsvassdraget. - Kontaktutv. vassdragsreg., Univ. Oslo, Rapp. 65: 1-79.
- Vallin, S. 1953. Zwei acidotrophe Seen im Küstengebiet von Nordschweden. - Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm 34: 167-189.
- Vasshaug, J. 1990. Undersøkelser av fiskevann i Østfold i årene 1950-52. Redigert av Asbjørn Vøllestad. - Fylkesmannen i Østfold, miljøvernavdelingen, rapport 14/1990: 1-84.
- Walseng, B. 1990. Ferskvannsbefaringer i 6 vassdrag i Vest-Agder og Aust-Agder. - NINA Utredning 9: 1-46.
- Walseng, B. 1994. Verneplan I og II, Østfold - Krepsdyrundersøkelser. - NINA oppdragsmelding 304: 1-26.
- Walseng, B., Eie, J.A. & Halvorsen, G. 1991. Utbredelsen til ferskvannskrepsdyr (cladocerer og copepoder) i Lofoten og Vesterålen. - NINA Forskningsrapport 12: 1-75.
- Walseng, B. & Halvorsen, G. 1989. Krepsdyrundersøkelser i forbindelse med byggingen av Napetjern kraftverk. - Økoforsk Utredning 1988, 15: 1-41.
- Walseng, B. & Halvorsen, G. 1993. Verneplanstatus i Troms og Finnmark med fokusering på vannkjemiske forhold og krepsdyr. - NINA Utredning 54: 1-97.
- Wetzel, R.G. 1975. Limnology. - W.B. Saunders, Toronto.
- Wærvågen, S.B. 1985. En limnologisk studie av Gjerstadvatn i Aust-Agder med spesiell vekt på zooplanktonsamfunnets livshistorier og populasjonsdynamikk. - Hovedfagsoppgave i spesiell zoologi, Univ. Oslo, 177 s.
- Økland, J. 1990. Lakes and Snails: Environment and Gastropoda in 1500 Norwegian lakes, ponds and rivers. - Universal Book Services/Dr. W. Backhuys, Oegstgeest.
- Økland, K.A. 1969. Localities with *Asellus aquaticus* (L.) and *Gammarus lacustris* (G.O. Sars) in Norway, and a revised system of faunistic regions. - SNSF-projekt, TN 49/79, Oslo-Ås, Norway.
- Økland, K.A. 1980. Ecology and distribution of *Asellus aquaticus* (L.) in Norway, including relation to acidification in lakes. - SNFS-projekt, IR 52/80, Oslo-Ås, Norway.

Vedlegg

Vedlegg 1a

Planktonsamfunnenes prosentvise sammensetning.
Composition of the plankton communities (%).

prøve Lokalitet	1 Rødvatn	2 Krokvatn	3 Langtjern	4 Lindtjern	5 Folkevatn	6 Kuletjern
Vannlopper						
Holopedium gibberum Zaddach			0,7	3,7		+
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)			5,0		1,0	
Bosmina longispina Leydig	5,6	81,2	1,0	3,7	95,5	98,2
Polyphemus pediculus (Leuck.)	94,4	1,3	1,0		0,3	
Hoppekreps						
Eudiaptomus gracilis Sars			4,0	1,9		0,4
Acanthodiptomus denticornis (Wierz.)	+	1,3				
Heterocope appendiculata Sars						0,4
Heterocope saliens (Lillj.)	+					
Cyclops scutifer Sars		1,3				
Mesocyclops leuckarti (Claus)					+	
Thermocyclops oithonoides (Sars)		14,7	88,4			
cycl naup				48,1		1,1
cycl cop (I-III)				42,6	3,1	

Vedlegg 1b

Planktonsamfunnenes prosentvise sammensetning.
Composition of the plankton communities (%).

prøve Lokalitet	7 tjern	8 Haugåstj.	9 tjern	10 N. Boksjø	11 S. Boksjø	12 Kroktjern
Vannlopper						
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)	3,2			+	2,3	
Holopedium gibberum Zaddach			1,2			
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)		1,3	2,3			
Bosmina longispina Leydig		98,3	65,1	81,4	88,1	
Polyphemus pediculus (Leuck.)		0,4		+		
Bythotrephes longimanus Leydig					+	
Hoppekreps						
Eudiaptomus gracilis Sars	96,8		30,2	18,6	7,8	
Cyclops scutifer Sars				+	+	
cycl naup					1,1	46,2
cycl cop (I-III)			1,2		0,6	53,8

Vedlegg 1c*Planktonsamfunnenes prosentvise sammensetning.**Composition of the plankton communities (%).*

prøve Lokalitet	13 s. Svarth.	14 Berby	15 Svartjern	16 Langevatn	17 Årbåtjern	18 Ravnsjøen	22 St. Erte
Vannlopper							
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)					+		
Holopedium gibberum Zaddach			0,8	3,3		1,0	
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)	13,3	73,3	59,5	2,6	72,5	1,5	
Daphnia galeata Sars		+					
Daphnia longispina (O.F.M.)		13,1			+		
Bosmina longispina Leydig	73,7	12,2	+	2,0	21,6	56,7	8,3
Polyphemus pediculus (Leuck.)	0,3		3,1	2,0	1,0		
Leptodora kindti (Focke)							0,8
Hoppekreps							
Eudiaptomus gracilis Sars	12,0	1,4	36,6	89,5	4,9		25,6
cal naup	0,6					0,5	
Cyclops scutifer Sars						3,0	30,6
Mesocyclops leuckarti (Claus)		+					
Thermocyclops oithonoides (Sars)							6,6
cycl naup				0,7		19,9	28,1
cycl cop (I-III)						17,4	

Vedlegg 2a*Litoralammfunnenes prosentvise sammensetning.**Composition of the littoral communities (%).*

lokalitet nr	1	1	2	2	3	4	5	6
navn	Rødvatn	Rødvatn	Krokvatn	Krokvatn	Langtjern	Lindtjern	Folkevatn	Kuletjern
måned	juni	sept.	juni	sept.	sept.	sept.	sept.	sept.
Vannloppe								
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)					0,4			
Sida crystallina (O.F.M.)	0,5	+	0,6	0,7	10,6	11,7	4,3	
Holopedium gibberum Zaddach				1,1	0,3			0,1
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)					14,6		16,1	
Scapholeberis mucronata (O.F.M.)	0,5		0,2	+		0,7	+	
Bosmina longispina Leydig	6,9	100,0	27,0	47,1	3,0	0,7	67,5	87,9
Acantholeberis curvirostris (O.F.M.)	4,2	+	+	0,2	0,3	0,1		
Ophryoxus gracilis Sars							+	+
Streblocerus serricaudatus (Fisch.)						6,6		
Acroperus harpae (Baird)			+	0,4		0,7	0,2	0,6
Alona affinis (Leydig)	0,8			+				+
Alona guttata Sars	1,1					60,9		0,2
Alonella excisa (Fischer)	8,7					5,1	0,3	+
Alonella nana (Baird)	30,4		+	0,2	0,3	4,4	+	0,4
Alonopsis elongata Sars	13,0	+	1,0	2,9	8,3		0,3	1,3
Chydorus sphaericus (O.F.M.)	19,3			0,2	0,7	0,1	0,2	1,3
Eurycercus lamellatus (A.F.M.)				+	+		0,3	
Pleuroxus truncatus (O.F.M.)					1,0	0,7	2,4	
Polyphemus pediculus (Leuck.)	5,3	+	69,6	4,6	1,3		5,9	
andre vannloppe	1,9				+	0,1	+	+
Hoppekreps								
Eudiaptomus gracilis Sars					1,3			0,4
Acanthodiptomus denticornis (Wierz.)	5,3							
cal naup/cop				1,1				
Macrocyclops albidus (Jur.)	0,5		0,3	+	0,3			1,0
Eucyclops serrulatus (Fisch.)				+	0,3		1,4	1,7
Eucyclops speratus (Lillj.)								0,2
Acanthocyclops vernalis (Fish.)						7,3		
Thermocyclops oithonoides (Sars)			0,8	41,4	57,2			
cycl naup/cop			+				0,5	2,2
andre hoppekreps	1,6	+	0,2	+		0,8	0,5	2,7

Vedlegg 2b*Litoralammfunnenes prosentvise sammensetning.**Composition of the littoral communities (%).*

lokalitet nr	7	8	9	10	11	12	13	14
navn	tjern	Haugåstj.	Tjern	N. Boksjø	S. Boksjø	Kroktjern	s. Svarth.	Berby
måned	sept.	sept.	sept.	sept.	sept.	sept.	sept.	sept.
Vannlopper								
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)				1,4	1,7			
Sida crystallina (O.F.M.)	7,0			8,7	0,3	2,2	+	2,5
Holopedium gibberum Zaddach				0,3				
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)							17,4	74,3
Scapholeberis mucronata (O.F.M.)		15,4				+		
Bosmina longispina Leydig		15,4		36,4	51,2	0,1	57,4	4,1
Acantholeberis curvirostris (O.F.M.)	8,4				1,2	1,1		
Ophryoxus gracilis Sars				0,6	5,2			
Streblocerus serricaudatus (Fisch.)	0,2		3,5					
Acroperus harpae (Baird)	11,8	7,7		0,4	0,4	2,6	0,9	+
Alona affinis (Leydig)	0,1	7,7	1,4	0,3	+	+		+
Alona guttata Sars	0,2		58,9	0,2		0,1	0,9	+
Alonella excisa (Fischer)	0,8		0,7	0,6	0,1	0,8		+
Alonella nana (Baird)	0,7		24,1	0,1	0,1	1,9		+
Alonopsis elongata Sars	37,0			21,9	+	30,5	0,9	
Chydorus sphaericus (O.F.M.)	4,1		1,4		0,2	20,9	0,0	3,3
Eurycerus lamellatus (A.F.M.)	0,7				3,1	0,0	0,9	
Pleuroxus truncatus (O.F.M.)	0,4	15,4	5,0		4,2	4,9		+
Polyphemus pediculus (Leuck.)		7,7		8,8	1,8		1,7	7,4
andre vannlopper	0,6			1,2	2,1	+		+
Hoppekreps								
Eudiaptomus gracilis Sars	13,7		0,7	7,4	14,0		13,9	0,8
Acanthodiaptomus denticornis (Wierz.)								
cal naup/cop				6,0		+		
Macrocyclops albidus (Jur.)	2,7	30,8	0,7	0,1	0,7	0,1	0,9	
Eucyclops serrulatus (Fisch.)				0,1	0,0		0,0	
Eucyclops speratus (Lillj.)				0,1	8,5			0,0
Acanthocyclops vernalis (Fish.)			0,7			1,2		
Thermocyclops oithonoides (Sars)								
cycl naup/cop	9,8		2,8	4,8	3,1	33,6	5,2	7,4
andre hoppekreps	1,8			0,8	2,0			

Vedlegg 2c*Litoralammfunnernes prosentvise sammensetning.**Composition of the littoral communities (%).*

lokalitet nr	15	16	17	18	19	20	21	22
navn	Svartjern	Langevatn	Årbutjern	Årvnsjøen	sebakketj.	Holvatn	Breidtj.	St. Erte
måned	sept.	sept.	sept.	okt.	okt.	okt.	okt.	okt.
Vannlopper								
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)		0,9						+
Sida crystallina (O.F.M.)					1,0			+
Holopedium gibberum Zaddach	1,5	+		1,3				
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)	51,5	2,7	76,1	1,3	91,0		0,1	
Scapholeberis mucronata (O.F.M.)								
Bosmina longispina Leydig		5,5	1,6	14,2	0,1	85,3	0,5	77,2
Acantholeberis curvirostris (O.F.M.)		+					+	0,2
Ophryoxus gracilis Sars								
Streblocerus serricaudatus (Fisch.)								
Acroperus harpae (Baird)	+		0,8	0,1	0,3	0,9	18,5	0,4
Alona affinis (Leydig)				0,1			+	
Alona guttata Sars				0,6	0,1		+	0,4
Alonella excisa (Fischer)							0,9	
Alonella nana (Baird)		0,9	+	0,1	1,0	0,9	+	1,2
Alonopsis elongata Sars		1,8		0,1		0,9	16,0	11,9
Chydorus sphaericus (O.F.M.)			0,4			0,9	3,6	+
Eurycercus lamellatus (A.F.M.)			+		0,3			
Pleuroxus truncatus (O.F.M.)			0,4		0,1			
Polyphemus pediculus (Leuck.)	2,3	20,9	9,8		1,0	0,9		6,1
andre vannlopper			0,5	0,1	+		+	+
Hoppekreps								
Eudiaptomus gracilis Sars	44,7	67,2	4,5			8,6	51,9	+
Acanthodiptomus denticornis (Wierz.)								
cal naup/cop				1,3				
Macrocyclops albidus (Jur.)		+	1,6		0,2			0,1
Eucyclops serrulatus (Fisch.)			1,2	10,4	0,2		+	
Eucyclops speratus (Lillj.)								
Acanthocyclops vernalis (Fish.)								
Thermocyclops oithonoides (Sars)								
cycl naup/cop			2,9	69,9	3,7	1,7	8,3	2,2
andre hoppekreps				0,6	0,6		+	0,2

Vedlegg 3

Artsforekomst i Østfoldundersøkelsene fra 1993 og 1994 sammenlignet

med 131 Sørlandslokaliteter med pH lavere enn 5,0.

Species found in two investigations from Østfold compared with species found in 131 localities at Sørlandet southernmost Norway with pH lower than 5.0.

	Østfold 1993	Østfold 1994	Sør- landet		Østfold 1993	Østfold 1994	Sør- landet
CLADOCERA							
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)	x	x	x	Graptoleberis testudinaria (Fischer)	x	x	x
Latona setifera (O.F.M.)	x		x	Monospilus dispar	x	x	x
Limnospira frontosa Sars	x			Pleuroxus laevis	x		
Sida crystallina (O.F.M.)	x	x	x	Pleuroxus truncatus (O.F.M.)	x	x	x
Holopedium gibberum Zaddach	x	x	x	Pseudochydorus globosus (Baird)	x	x	
Ceriodaphnia megops Sars	x			Rhynchotalona falcata Sars	x	x	x
Ceriodaphnia pulchella Sars	x			Polyphemus pediculus (Leuck.)	x	x	x
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)	x	x	x	Bythotrephes longimanus Leydig		x	x
Ceriodaphnia reticulata (Jur.)	x			Leptodora kindti (Focke)	x	x	x
Daphnia cristata Sars	x		x	antall vannlopper	52	35	33
Daphnia cucullata Sars	x			COPEPODA			
Daphnia galeata Sars	x	x		Limnocalanus macrurus Sars	x		
Daphnia hyalina Leydig			x	Acatodiaptomus denticornis (Wierz.)		x	
Daphnia longispina (O.F.M.)	x	x	x	Acatodiaptomus tibetanus (Daday)			
Scapholeberis mucronata (O.F.M.)	x	x		Eudiaptomus gracilis Sars	x	x	x
Simocephalus serrulatus (Koch)	x			Eudiaptomus graciloides (Lillj.)	x		
Simocephalus vetula (O.F.M.)	x	x	x	Mixodiaptomus laciniatus (Lillj.)			x
Bosmina coregoni (Baird)	x			Eurytemora velox (Lillj.)	x		
Bosmina longirostris (O.F.M.)	x			Heterocope appendiculata Sars	x	x	x
Bosmina longispina Leydig	x	x	x	Heterocope saliens (Lillj.)		x	x
Acantholeberis curvirostris (O.F.M.)	x	x	x	Macrocyclus albidus (Jur.)	x	x	x
Drepanothrix dentata (Eurén)	x	x	x	Macrocyclus fuscus (Jur.)	x	x	x
Ilyocryptus acutifrons Sars	x		x	Eucyclops denticulatus (A. Graet.)	x	x	
Ilyocryptus agilis Kurz	x			Eucyclops macruroides (Lillj.)	x		
Lathonura rectirostris (O.F.M.)	x			Eucyclops macrurus (Sars)	x	x	
Ophryoxus gracilis Sars	x	x	x	Eucyclops serrulatus (Fisch.)	x	x	x
Streblocerus serricaudatus (Fisch.)	x	x	x	Eucyclops speratus (Lillj.)	x	x	x
Acroperus harpae (Baird)	x	x	x	Paracyclops affinis Sars			
Alona affinis (Leydig)	x	x	x	Paracyclops fimbriatus (Fisch.)		x	x
Alona costata Sars	x			Cyclops abyssorum s.l.	x		x
Alona guttata Sars	x	x	x	Cyclops insignis (Claus)	x		
Alona intermedia Sars		x		Cyclops scutifer Sars	x	x	x
Alona rectangula Sars	x			Megacyclops gigas (Claus)		x	x
Alona rustica Scott		x	x	Megacyclops viridis (Jur.)	x		x
Alonella excisa (Fischer)	x	x	x	Acanthocyclops capillatus (Sars)			x
Alonella exigua (Fischer)	x		x	Acanthocyclops robustus Sars	x	x	x
Alonella nana (Baird)	x	x	x	Acanthocyclops vernalis (Fisch.)		x	x
Alonopsis elongata Sars	x	x	x	Diacyclops abyssicola (Lillj.)	x		
Anchistropus emarginatus Sars	x			Diacyclops crassicaudis (Sars)			x
Camptocercus lilljeborgi Schoedler	x			Diacyclops languidoides s.l.			x
Camptocercus rectirostris Schoedler	x	x		Diacyclops nanus (Sars)	x	x	x
Chydorus gibbus Lilljeborg	x			Mesocyclops leuckarti (Claus)	x	x	x
Chydorus latus Sars	x	x		Thermocyclops dybowskii (Lande)			x
Chydorus ovalis Kurz		x		Thermocyclops oithonoides (Sars)	x	x	
Chydorus piger Sars	x	x	x	Cryptocyclops bicolor (Sars)	x		
Chydorus sphaericus (O.F.M.)	x	x	x	antall hoppekreps	22	18	22
Disparalona rostrata (Koch)	x			totalt antall krepssdyr	74	53	55
Eurycercus lamellatus (A.F.M.)	x	x	x				

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0552-1

335

NINA
OPPDRAGS-
MELDING

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7005 TRONDHEIM
Telefon: 73 58 05 00
Telefax: 73 91 54 33

NINA
Boks 1037, Blindern
N-0315 Oslo
Telefon: 22 85 46 84
Telefax: 22 85 60 16

NINA
Norsk institutt
for naturforskning