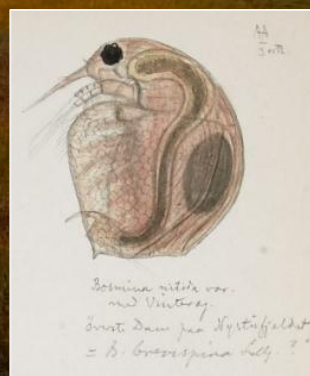


827 Enningdalsvassdraget, en ferskvannsbiologisk dokumentasjon.

NINA Rapport

Del 1 - Krepser

Bjørn Walseng
Trygve Hesthagen



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Enningdalsvassdraget, en ferskvannsbiologisk dokumentasjon.

Del 1 - Krepsdyr

Bjørn Walseng
Trygve Hesthagen

Walseng, B. & Hesthagen, T. 2012. Enningdalsvassdraget, en ferskvannsbiologisk dokumentasjon. Del 1- Krepsdyr. - NINA Rapport 827. 54 s.

Oslo/Trondheim Mars 2012

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2422-2

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Bjørn Walseng

KVALITETSSIKRET AV

Erik Framstad

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef: Erik Framstad og Kjetil Hindar

OPPDAGSGIVER(E)

Interreg og Direktoratet for naturforvaltning



EUROPEAN UNION
European Regional Development Fund

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Roy Langåker og Roar Lund (DN) og Janne Eidissen (Interreg)

FORSIDEBILDE

Otertjern (foto Trygve Hesthagen), grenserøys (foto: Bjørn Walseng) og Acantholeberis curvirostris (tegning: G.O. Sars)

NØKKEWORD

Enningdalsvassdraget - forsuring - kalking - vannkvalitet
krepserdyr

KEY WORDS

Enningdal watercourse - acidification – liming – water quality - crustaceans

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Polarmiljøsentret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00
Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkeltgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Walseng, B. & Hesthagen, T. 2012. Enningdalsvassdraget, en ferskvannsbilologisk dokumentasjon. Del 1- Krepssdyr. - NINA Rapport 827. 54 s.

I tillegg til de sørvestlige deler av landet er også har også sørøstlige områder, heriblant Enningdalsvassdraget, vært hardt rammet av sur nedbør. Denne rapporten viser hvordan krepssdyrene er brukt som indikatorer på vannkvalitet i dette vassdraget, der 2/3 av nedbørfeltet ligger på svensk side, og riksgrensen følger to av de største innsjøene, Søndre Boksjø og Nordre Kornsjø. Vassdraget har vært kalket siden 1973, og både småskala- og storskalakalking har vært benyttet. De kalkede vannene hadde en gjennomsnittlig pH på 6,3 mot pH 5,2 i ukalkede lokaliteter. I ukalkede vann var gjennomsnittlig pH 4,8 over marin grense og 5,5 under marin grense. Vannene er svært humuspåvirket og karakterisert ved et høyt innhold av TOC. Det er tilsammen registrert 87 arter krepssdyr fordelt på 58 vannlopper og 29 hoppekreps. Tre arter vannlopper (*Simocephalus expinosus*, *Iliocryptus sordidus* og *Alona karelica*) og tre arter hoppekreps (*Paracyclops poppei*, *Megacyclops gigas* og *Diacyclops languidus*), var nye for fylket der totalt artsantall nå har passert 100. Den calanoide hoppekrepsarten *Eurythemora lacustris* kan karakteriseres som den mest sjeldne på landsbasis og er kun funnet i fire vann i Østfold. *Ceriodaphnia reticulata*, *Daphnia cucullata*, *D. longiremis* og *Oxyurella tenuicaudis* samt hoppekrepsene, *Eurythemora velox*, *Cyclops abyssorum* og *Microcyclops varicans* ble funnet kun i den svenske delen av vassdraget, men er alle kjent fra Norge. *Acroperus harpae* og *Polypheumus pediculus* ble registrert i samtlige innsjøer. *Eudiaptomus gracilis* ble registrert i flest planktonprøver og var tallmessig vanligste taxon (17 %). *Ceriodaphnia quadrangula* og *Thermocyclops oithonoides* opptrer også tallrikt når de først forekommer. Dominans av *E. gracilis* og *B. longispina* er sjeldnere i kalkede enn i ukalkede sjøer, mens *Ceriodaphnia quadrangula* var vanligst i ukalkede lokaliteter under marin grense. *Daphnia cristata* og *Bosmina longirostris* ble ikke påvist i ukalkede vann over marin grense. De tre cyclopoidene *Cyclops scutifer*, *Mesocyclops leuckarti* og *Thermocyclops oithonoides* sameksisterte i 17 vann og er alle favorisert av kalking. *Limnospira frontosa* og *Leptodora kindti* er sannsynligvis kommet inn etter kalking, mens *Bythotrephes longimanus* er noe mer forsurestolerant og har vært der hele tiden. *Heterocope appendiculata* manglet helt over marin grense. Gjennomsnittlig tetthet i kalkede innsjøer var 16 000 ind/m³ mot 11 500 ind/m³ og 9 000 ind/m³ i ukalkede lokaliteter, respektive over og under marin grense. *P. pediculus* og *Bosmina longispina* var tallmessig de to vanligste artene i littoralprøvene, og utgjorde respektive 22,5% og 20,7% av totalt antall individer. *P. pediculus* er favorisert av kalking og var dominant i 60% av prøvene fra kalkede vann i motsetning til 30% i ukalkede vann over marin grense. *Alonopsis elongata* var oftest dominant i prøvene fra ukalkede vann over marin grense. DCA-ordinasjon basert på forekomst/fraværdata fra til sammen 78 vann resulterte i et plott der variasjonen langs 1-aksen var sterkt korrelert med både pH og artsantall. I tillegg til at 1-aksen var høyst signifikant korrelert til pH og artsantall, er den også korrelert til andre parametre som i sin tur er korrelert med pH; alkalitet, Ca, Mg, K, SO₄, Cl, NO₃, Si, Tm-Al, Om-Al, UmAl og ledningsevne. 2-aksen var korrelert til farge som i Enningdalsvassdraget i første rekke gjenspeiler humusinnholdet. Artsplottet viste at de survannstolerante artene *A. curvirostris*, *A. rustica* og *D. nanus* var assosiert med den sure enden av 1-aksen, mens vannloppene *Limnospira frontosa*, *Alona costata*, *C. megops*, *C. pulchella*, *Ophryoxus gracilis* og *Leptodora kindti* samt hoppekrepsen *Eucyclops macrurus* ble funnet i den nøytrale enden av denne aksene.

Bjørn Walseng, NINA, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo. Email: bjorn.walseng@nina.no

Trygve Hesthagen, NINA, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim.
Email: trygve.hesthagen@nina.no

Abstract

Walseng, B. & Hesthagen, T. 2012. Enningdalsvassdraget, a freshwater biological documentation. Part 1 Crustaceans. - NINA Rapport 827. 54 s.

In addition to the south-western part of Norway also areas in the south-eastern parts, including the River Enningdalsvassdraget, have been strongly affected by acid rain. This report describes crustaceans as indicators of water quality in this watercourse which is shared between Norway (1/3) and Sweden (2/3). Two of the largest lakes, Lake Søndre Boksjø and Lake Nordre Kornsjø, are found on the border. The catchment has been limed since 1973, both on a small and a large scale. Mean pH in the limed lakes are 6.3 in contrast to pH 5.2 in non-limed lakes. In non-limed lakes above and below the marine limit, mean pH was respectively 4.8 and 5.5. The lakes are humic and characterized by a high content of TOC. Altogether 87 species of crustaceans (58 cladocerans and 29 copepods) was found. Three species of cladocerans (*Simoccephalus expinosus*, *Iliocryptus sordidus* and *Alona karelica*) and three species of copepods (*Paracyclops poppei*, *Megacyclops gigas* and *Diacyclops languidus*), were new to county Østfold having more than 100 species. Though *Eurythemora lacustris* is found in the county before, it can be characterised as the rarest species in this study. *Ceriodaphnia reticulata*, *D. cucullata*, *D. longiremis* and *Oxyurella tenuicaudis* in addition to the copepods, *Eurythemora velox*, *Cyclops abbyssorum* and *Microcyclops varicans* were only found in the Swedish part of the catchment. *Acroperus harpae* and *Polyphemus pediculus*, were found in all lakes. *Eudiaptomus gracilis* was the most common zooplankton species and also the most numerous taxon (17 %). *Ceriodaphnia quadrangula* and *Thermocyclops oithonoides* occur also in high numbers when they are found. *E. gracilis* and *B. longispina* are most frequently found in non-limed lakes, while *Ceriodaphnia quadrangula* was most common in non-limed lakes below the marine limit. *Daphnia cristata*, *Bosmina longirostris* and *Heterocope appendiculata* were not found in non-limed lakes above the marine limit. Three cyclopoids, *Cyclops scutifer*, *Mesocyclops leuckarti* and *Thermocyclops oithonoides* coexisted in 17 lakes and were all favoured by liming. *Limnospira frontosa* and *Leptodora kindti* are probably new species due to liming, while *Bythotrephes longimanus* is more acid tolerant and survived during the period with acidification. Mean number in limed lakes was 16 000 ind/m³, while in unlimed lakes above and below the marine limit the numbers were respectively 11 500 ind/m³ and 9 000 ind/m³. *P. pediculus* and *B. longispina* were in numbers the most common species in the littoral zone (22.5% and 20.7% of all individuals). *P. pediculus* is favoured by liming and dominated with 60% in samples from limed lakes in contrast to 30% in non-limed lakes above the marine limit. *Alonopsis elongata* var. *offest* dominant in samples from non-limed lakes above the marine limit, DCA-ordination based on presence/absence data from 78 lakes resulted in a strong correlation between axis 1 and both pH and species number. Further, axis 1 was correlated with Ca, Mg, K, SO₄, Cl, NO₃, Si, Tm-Al, Om-Al, UmAl and conductivity. Axis 2 was correlated with colour which reflected the humic content. The species plot showed that the acid tolerant species *A. curvirostris*, *A. rustica* and *D. nanus* were associated with low pH, while the cladocerans *Limnospira frontosa*, *Alona costata*, *C. megops*, *C. pulchella*, *Ophryoxus gracilis* and *Leptodora kindti* together with the copepod *Eucyclops macrurus* were associated with the neutral end of axis 2.

Bjørn Walseng, NINA, Gaustadalléen 21, NO-0349 Oslo, Norway
Email: bjorn.walseng@nina.no

Trygve Hesthagen, NINA, Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim, Norway.
Email: trygve.hesthagen@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning.....	7
2 Områdebeskrivelse	9
2.1 Nedbørfeltet	9
3 Materiale og metoder	10
3.1 Vannkjemi	10
3.2 Krepsdyr.....	10
4 Kalking.....	12
5 Resultater	13
5.1 Vannkjemi	13
5.2 Krepsdyr.....	16
5.2.1 Registrerte arter	16
5.2.2 Planktonsamfunnet.	21
5.2.3 Littoralsonen	30
5.2.4 Krepsdyr og pH	37
5.2.4.1 Artsantall og pH	37
5.2.4.2 Planktonsamfunn og pH	38
5.2.5 DCA-analyser.....	39
6 Oppsummering og konklusjon	43
7 Referanser.....	46
Vedlegg 1.....	51

Forord

Denne rapporten er en sammenstilling av krepsdyrundersøkelsene i Enningdalsvassdraget som omfatter 78 vann og startet opp med en forundersøkelse i 2001. I tillegg til kartlegging av krepsdyrfaunaen i 60 vann på norsk side av vassdraget, foreligger også krepsdyrdata fra 18 svenske vann. Prosjektet har fra norsk side hele tiden vært finansiert av Direktoratet for naturforvaltning (DN), mens Länsstyrelsen i Vestre Götaland har finansiert undersøkelsen av de svenske vannene. Slutføringen av denne rapporten er blitt finansiert av Interreg. Vi takker for all økonomisk støtte til prosjektet. Vi vil også få takke Svein-Erik Sloreid for kartproduksjon. Leif Roger Karlsen og Jan-Erik Eggen takkes for hjelp i forbindelse med prøvetaking.

Mars 2012

Bjørn Walseng
Trygve Hesthagen

1 Innledning

Overskridelse av naturens tålegrenser som følge av forsurening skjedde sannsynligvis før 1880 i de mest følsomme deler av Norge (Mylona 1993). I 1921 ble fiskedød for første gang relatert til surt vann (Dahl 1921), men først på slutten av 1950-tallet ble sammenhengen mellom sur nedbør og skader på fiskebestander på Sørlandet påvist (Dannevig 1959). I de tre siste ti-årene har både Norge (Drabløs 1980) og en rekke andre land fokusert sterkt på hvilke effekter forsuringen har på livet både i vann og på landjorden (Havens 1993, Muniz 1991, Nyberg 1984, Schindler 1988).

Lenge har mye av fokus og dokumentasjon av forsureningsskader på ferskvannsfaunaen vært rettet mot Sørlandet og Sørvest-Norge. De sørøstlige deler av landet har fått liten oppmerksomhet i så henseende, til tross for at deler av denne regionen også er blitt hardt rammet av sur nedbør. På grunn av sitt store artsmangfold i forhold til evertebrater og fisk er dette en spesielt interessant region, både mht å studere effekter av forsuringen på ulike organismer og for å kunne dokumentere en mulig gjenhenting av biologisk mangfold. Siden midt på 90-tallet er det registrert en bedring av vannkvaliteten både på grunn av kalking og som følge av reduserte utslipp.

Enningdalsvassdraget er et godt eksempel på et vassdrag som har vært rammet av forsurening og som ligger i den mest artsrike delen av landet. Dette er et grensevassdrag til Sverige med nesten 2/3 av arealet på svensk side. Tidligere undersøkelser har vist at store deler av vassdraget over marin grense har vært sterkt rammet av sur nedbør siden tidlig på 1900-tallet, med store skader på evertebrater og fisk (Borgstrøm m.fl. 1974). I et forsøk på å bøte på skadene har Enningdalsvassdraget vært kalket i lenger tid, både av privatpersoner og av lokale fiskeforeninger. Målsetningen har vært å bedre vannkvaliteten og å gi levelige forhold for fisk og andre vannlevende organismer. Søndre Boksjø ble fra svensk side kalket første gang i 1980. Senere på 1980-tallet ble det startet kalking i regi av Fylkesmannen og Direktoratet for naturforvaltning (DN), og i 1985 ble Nordre Boksjø kalket for første gang. Det er kjent at ved kalking forbedres vannkvaliteten betydelig og lokalitetene åpnes igjen for nye arter, mens andre får vanskeligere konkurranseforhold.

Krepsdyrfaunaen har vist seg å være egnet som indikator for forsureningssituasjonen. Til sammen er det registrert 130 arter i Norge (80 arter vannlopper og 50 arter hoppekreps), som alle har forskjellig optimum i forhold til pH. Arter som dominerer i hver sin ende av pH-skalaen betegnes som henholdsvis forsureningstolerante og forsureningsfølsomme arter. Diversiteten øker også med økende pH. Toleranse overfor lav pH samt endringer i krepsdyr- og bunndyrfaunaen som følge av kalking er studert i flere norske vassdrag (Johnson 1993, Raddum 1984, Walseng m.fl. 1995). Også fra Sverige foreligger det mange undersøkelser som blant annet omhandler forskjeller i artssammensetning mellom kalkede og ikke kalkede innsjøer (Henrikson 1995).

I 2001 ble det bevilget penger til et forprosjekt som blant annet omfattet undersøkelser av planktoniske og littorale krepsdyr i 17 innsjøer i Enningdalsvassdraget. I årene 2002-09 ble 60 innsjøer med areal større enn 15 daa, i tillegg til at de ble prøvefisket, også prøvetatt med hensyn til planktoniske og littorale krepsdyr. Dette omfattet både kalkede og ikke-kalkede lokaliteter over og under marin grense (Hesthagen m. fl. 2003, 2004, 2005, 2006, 2007a,b, Walseng m.fl. 2008, 2009). I tillegg er 18 vann på svensk side av Enningdalsvassdraget prøvetatt i 2005 og 2006.

Også fra tidligere foreligger informasjon om krepsdyrfaunaen i Enningdalsvassdraget. Boksjøene samt flere mindre vann i samme område er blitt undersøkt mht krepsdyr ved flere anledninger (Borgstrøm m.fl. 1974, Walseng & Hansen 1994, Walseng & Karlsen 1997, Raddum m.fl. 1998).

I 2008 ble det gitt klarsignal til Interreg-prosjektet "Enningdalselven", med varighet fram til 2011. Sentralt i arbeidet står utarbeidelsen av forvaltningsplaner for fisk og vannressurser. Interreg-prosjektet omfatter også vannkjemiske og biologiske undersøkelser i noen av de største innsjøene i vassdraget.

I denne rapporten presenterer vi resultatene for planktoniske og littorale krepsdyr fra 78 innsjøer på norsk og svensk side av vassdraget. Vi vil se på kobling mellom krepsdyrsamfunnene, og om lokalitetene er kalket eller ikke. Vi fokuserer også på forskjeller mellom lokalitetene som ligger henholdsvis over eller under marin grense.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Nedbørfeltet

Enningdalsvassdraget ligger i den sørøstlige delen av Østfold, hovedsakelig innenfor Halden kommune. De nordøstlige deler av vassdraget berører litt av Aremark kommune (**figur 1**). Nedbørfeltet er på 780 km², hvorav nærmere 2/3 ligger på svensk side (Strömstad og Munkedal kommuner).

Vassdraget har sine kilder i områdene rundt Nordre Boksjø (173 m o.h., 2,4 km²) i nord. Den sørligste delen av vannet, som delvis er avsnørt fra den nordlige delen, kalles Skogfjorden. En kort elvestrekning skiller Nordre Boksjø fra Søndre Boksjø, med et areal på 8,1 km². Den sørøstlige delen av dette vannet ligger i Sverige. Søndre Boksjø drenerer via Hallerødelva til Nordre Kornsjø (8,3 km²). Dette vannet er delt i et nordre og søndre basseng ved et trangt parti der jernbane og riksvei krysser grensen. Den sørlige delen av vannet ligger i sin helhet i Sverige. Nå er vassdraget hel-svensk, og etter Mellan-Kornsjön og Søndre-Kornsjön renner Kynne älv vest-over og danner Kynne foss før utløp i den nordlige delen av Södre Bullaresjön. Her gjør vassdraget en "helomvending" og renner nordover via Längevassälven til Nordre Bullaresjön. Etter utløp av vannet følger elva riksgrensa ved Holtet og over et kort parti er den grenseelv igjen. På nordsida ser vi her den spektakulære Elgfossen som er største fossefall i Østfold. Etter å ha blitt helnorsk renner Enningdalselva gjennom Kirkevatnet og Rødsvatnet, til utløp i sør-enden av Iddefjorden.

Ifølge NVE's vannregister (Regine) har vassdraget på norsk side 60 innsjøer større en 15 dekar, med et totalareal på 29,1 km². De fleste vannene på norsk side er lokalisert mellom 120 og 220 m o.h.

Berggrunnen består hovedsakelig av gneiser, samt noe granitt. Marin grense ligger på 174 m o.h. Nedbørfeltet domineres av barskog (ca. 70 %), ferskvann (ca. 11 %), myr (ca. 11 %) og dyrket mark (ca 8 %) (Olofsson 1986). Generelt er vegetasjonen innen under-søkelsesområdet fattig med

bjørk og furu som dominerende treslag oppe på fjellryggene, mens den er rik og variert på de marine avsetningene.

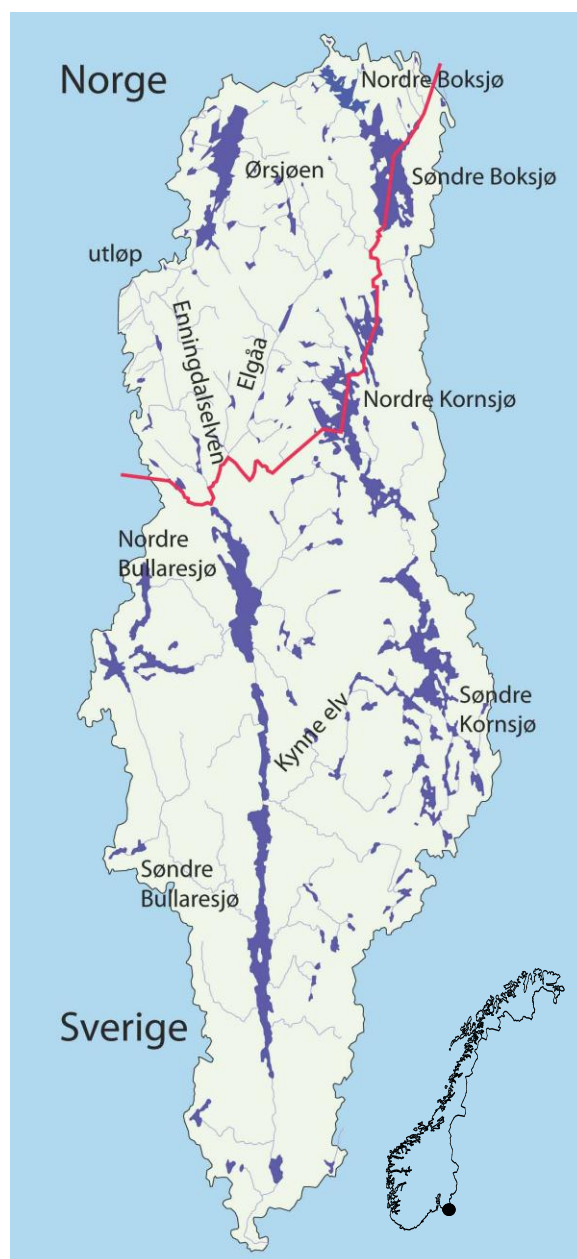


Figure 1. Enningdalsvassdraget
Figure 1. The river Enningdalsvassdraget

3 Materiale og metoder

3.1 Vannkjemi

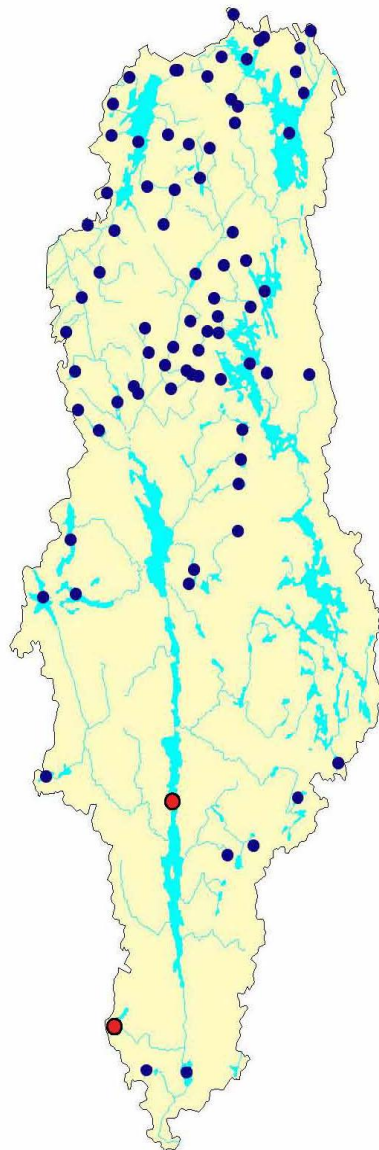
Det ble tatt vannprøver fra utløpet til hver innsjø i forbindelse med det øvrige feltarbeidet. Prøvene ble analysert for full ionebalanse for beregning av syre-nøytraliserende kapasitet (ANC), som er summen av basekationer ($\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}$) minus summen av sterke syrers anioner ($\text{SO}_4 + \text{NO}_3 + \text{Cl}$). Ulike aluminiumfraksjoner ble også analysert, inkludert den uorganiske og giftige fraksjonen (labilt eller uorganisk aluminium). Prøvene ble analysert på Trondheim kommune sitt akkrediterte vannkjemiske laboratorium.

3.2 Krepssdyr

Til sammen 78 vann ble prøvetatt etter sammen design i perioden 2002-2009 (**figur 2**). I tillegg er to vann, Alsnässjön og Søndre Bullaresjö i Sverige (merket rødt i figuren), prøvetatt i et prosjekt koblet opp mot vanndirektivet. Informasjon fra denne undersøkelsen er brukt i forbindelse med presentasjon av den totale artsforekomst.

Planktonprøver er tatt med håvtrekk fra bunnen og opp til overflaten fra antatt dypeste punkt i innsjøen. I tillegg er det tatt to kvalitative littoralprøver med planktonhåv med maskevidde 90 μm og diameter 30 cm. Prøvene er tatt med kast like over bunnen i to habitater som er representativ for lokaliteten (sand/steinbunn og vegetasjon).

Individuelle krepssdyrprøver ble fraksjonert og minst 200 individer ble artsbestemt. Resten av prøven ble så gjennomgått for eventuelt flere arter. Vannloppene (cladocere) er bestemt ved hjelp av Smirnov (1971), Flössner (1972) og Herbst (1976), mens hoppekrepssene (cope-podene) er bestemt ved hjelp av Sars (1903, 1918), Rylov (1948) og Kiefer (1973, 1978). Nauplier og små copepoditter er ikke artsbestemt. Krepssdyrmaterialet er analysert med Detrended Correspondence Analysis (DCA) (Hill 1979, 1980), med programmet CANOCO (ter Braak & Smilauer 1998). Ordinasjon er gjort på forekomst/fravær data for artene i 78 vann (2002-09) der prøver fra juni og august er slått sammen. I tillegg til 60 vann i den norske delen av Enningdalsvassdraget, er det inkludert 18 vann fra svensk side som er undersøkt etter samme prosedyre.



Figur 2. Beliggenhet til 80 vann som er undersøkt med hensyn til krepssdyr (rød sirkel er vann undersøkt i 2009)

Figure 2. The location of 80 lakes sampled for crustaceans (red circles means lakes sampled in 2009)

DCA arrangerer artslistene slik at de med lik artssammensetning blir liggende nær hverandre når resultatet plottes i et aksekors, mens artslister med ulik artssammensetning blir liggende lengre fra hverandre i plottet. Da forskjeller i artssammensetning mellom stasjonene gjenspeiler forskjeller i miljøet, vil aksene i plottet representere underliggende miljøvariabler. Pearson korrelasjon (SROC) ble benyttet for korrelasjonsanalyser (R ver. 214). Denne gir korrelasjonen mellom variabler uten å ta hensyn til avhengige eller uavhengige variabler.



Littoralprøve
Littoral sample



Planktonprøve
Plankton sample

4 Kalking

Innsjøer på norsk side av Enningdalsvassdraget har vært kalket siden tidlig på 1970-tallet. Pr. 2008 ble 25 vann enten kalket eller påvirkes av kalking (**figur 3**). Disse innsjøene utgjør hele 92 % av innsjøarealet. I Norge startet kalkingen (jordbrukskalk) i Nordre Hoggsjø i 1972, utført på dugnad av Arbeidernes JFF i Halden (Hesthagen m.fl. 2002). Søndre Hoggsjø ble kalket første gang i samarbeid med svenske fiskerimyndigheter høsten 1972 og våren 1973, med henholdsvis 10 og 20 tonn jordbrukskalk. Den første kalkingen hadde ikke særlig effekt på vannkvaliteten, idet pH etter kort tid var på samme nivå som før kalking (4,8-4,9). Etter behandlingen i 1973 steg pH til 6,0 kort tid etter kalking. Søndre Boksjø ble kalket på svensk side første gang med 9 000 tonn CaCO_3 i juli 1980. Kalken ble hovedsakelig spredt langs strandlinja (Raddum m.fl. 1984). I Nordre Boksjø ble kalkingen satt i gang i 1985, med bruk av 123 tonn kalk (type ukjent). Innsjøen ble rekalket i 1989, med 275 tonn Norcem kalksteinsmel av typen SR. Fem år seinere ble det benyttet 134 tonn kalksteinsmel av typen FF (Walseng & Hansen 1994).

I 1986 begynte kalkingen av Ørsjøen, Trolldalsvatnet og Nordre Hoggsjø, sistnevnte hadde riktignok vært kalket én gang tidligere som det første i nedbørfeltet. Fra og med 1990 er 16 mindre vann også blitt kalket. I ett av disse, Brønntjern, ble kalkingen foreløpig avsluttet i 2005.

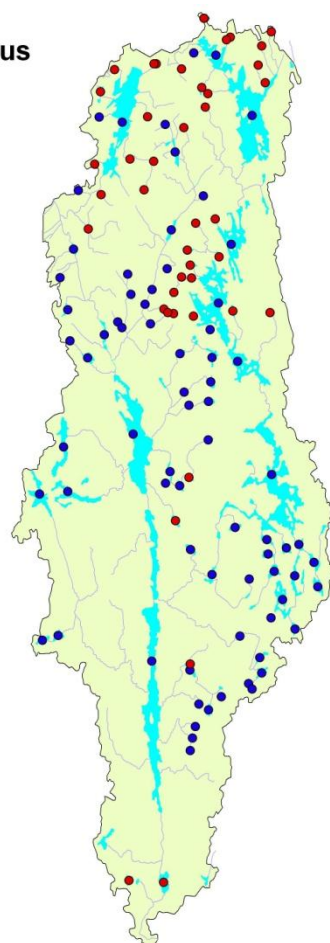
Status pr. 2012 er at 21 norske vann blir kalket regelmessig. To vann, Rødsvatn og Kirkevatn, som ligger i hovedstrengen av Enningdalselva, har dratt nytte av den generelle bedringen av vannkvaliteten grunnet kalking oppstrøms i vassdraget. På svensk side har til sammen 51 vann blitt mer eller mindre regelmessig kalket.



Kalkbåt som ble benyttet i Nordre Boksjø i august 2010. Foto: Trygve Hesthagen. Boat used for liming of Lake Nordre Boksjø in August 2010.

Liming status

- Limed
- Not limed

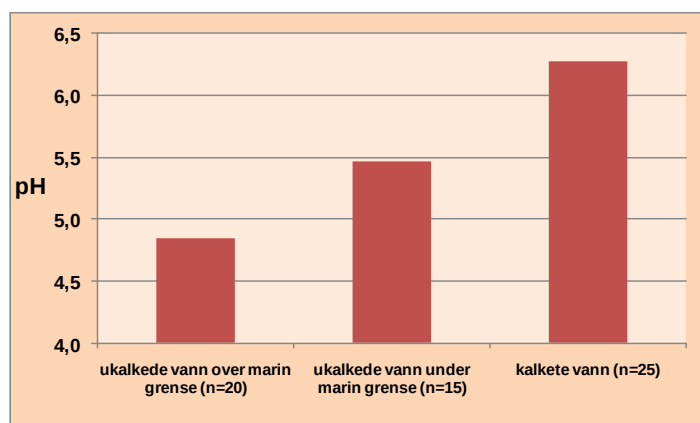


Figur 3. Status for kalking i Enningdalsvassdraget
Figure 3. Liming status of the River Enningdalsvassdraget

5 Resultater

5.1 Vannkjemi

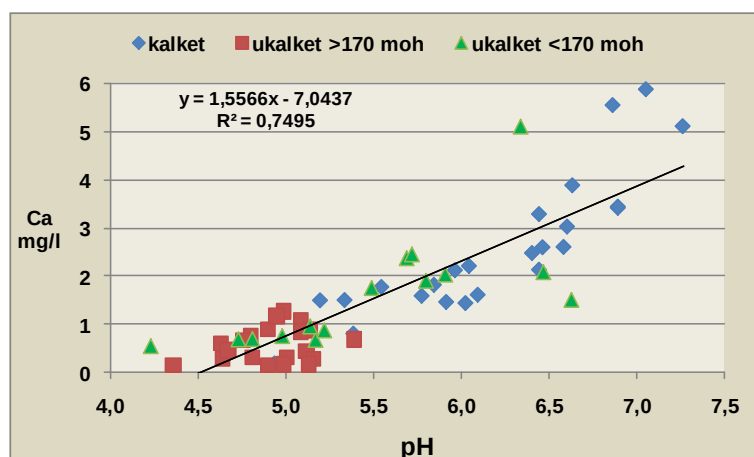
Forsuringen, som har pågått i mye av forrige århundre, har resultert i en pH-reduksjon. Graden av reduksjon er blant annet bestemt av opprinnelig surhet, mengde nedfall, varighet av tålegrenseoverskridelser og forekomsten av løsmasser. Viktigheten av det siste gjenspeiles i at pH i de ukalkede vannene avhenger av hvorvidt lokaliteten ligger over eller under marin grense. I lokaliteter over marin grense (n=15) var gjennomsnittlig pH 4,8, mot 5,5 under marin grense (**figur 4, vedlegg 1**). Som forventet har kalkingen resultert i at de kalkede vannene skiller seg fra de ikke-kalkede ved at de har en gjennomgående høyere pH, respektive 6,3 i de kalkede og 5,2 i ikke-kalkede lokaliteter. Rødsvatn og Kirkevatn er blitt behandlet som kalkede lokaliteter da de ligger i hovedelva som drar nytte av kalkingen oppstrøms.



Figur 4. pH i 60 vann i Enningdalsvassdraget (norsk side) fordelt på kalkede lokaliteter henholdsvis over og under marin grense, samt i kalkede vann.

Figure 4. pH in 60 non-limed lakes both above and below the marine limit and in limed lakes (all Norwegian lakes).

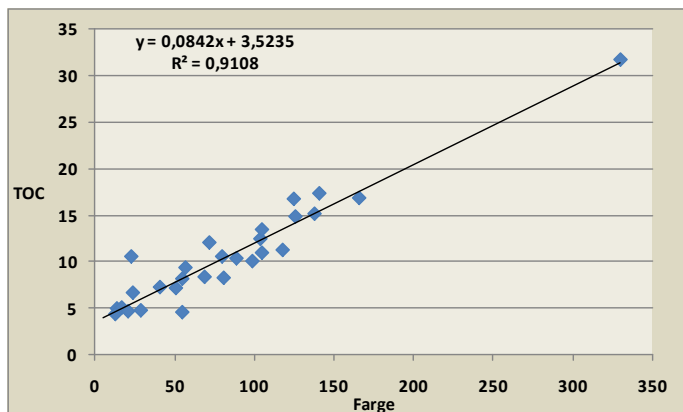
Ikke uventet var pH og Ca sterkt korrelert (**figur 5, vedlegg 1**). Alle de ukalkede vannene over marin grense hadde alle lav pH, med Ca < 1,5 mg/l. Det kan settes et spørsmålstegn ved at laveste pH er registrert i et vann som ligger like under marin grense (Korstjern, 161 m o.h.). Her ble det i august 2008 målt pH 4,2. Det er grunn til å stille et spørsmålstegn ved denne målingen. På forsommeren ble det registrert pH 4,9, som fortsatt er lavt i betraktning av at vannet ligger under marin grense. Mange av lokalitetene under marin grense har pH og kalsium verdier i samme størrelsesorden som i kalkede vann, noe som tyder på at de har klart seg bra til tross for mange år preget av sur nedbør.



Figur 5. Forholdet mellom pH og Ca i 60 norske innsjøer i Enningdalsvassdraget.

Figure 5. Relationship between pH and Ca in 60 lakes in the River Enningdalsvassdraget catchment (Norwegian part).

Vannene i Enningdalsvassdraget er svært humuspåvirket og karakterisert ved et høyt innhold av TOC, som varierte fra 4,3 til 31,7 mg C pr. liter. Det er en klar sammenheng mellom TOC og farge (Pt/l) (**figur 6, vedlegg 1**). Fargen varierte fra 5-330 Pt/l, der både laveste og høyeste verdi er målt i sure vann som ligger over marin grense. Trestikket, som var den klareste lokaliteten, ligger øst for Ørsjøen på et høydedrag og med et minimalt nedbørfelt. Otertjern i nord, som er svært humøs med en brun farge, ligger omkranset av myrer.

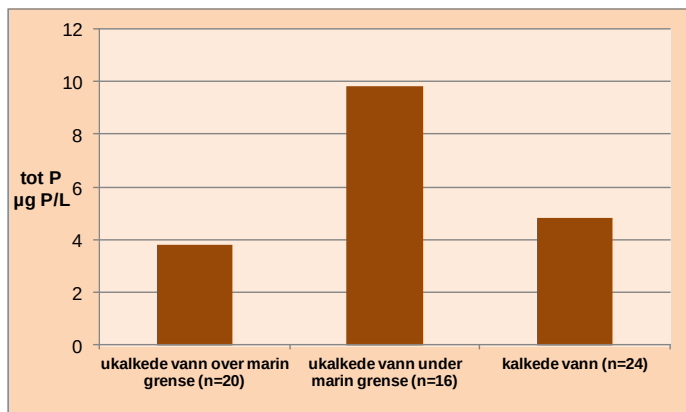


Figur 6. Forholdet mellom TOC og farge i 28 norske innsjøer i Enningdalsvassdraget.

Figur 6. Relationship between TOC and colour in 28 lakes belonging to the Norwegian part of the River Enningdals-vassdraget catchment.

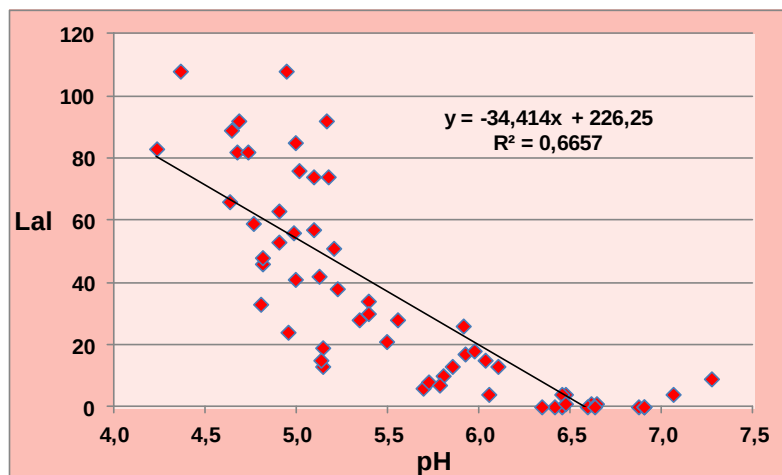
Med hensyn til fosfor var det en klar forskjell mellom vann som ligger over og under marin grense. I gjennomsnitt var totalt fosfor i ukalkede lokaliteter 3,8 µg P/L over marin grense og 9,9 µg P/L under marin grense (**figur 7, vedlegg 1**). I kalkede lokaliteter, der flertallet ligger under marin grense, var gjennomsnittet 4,8 µg P/L.

Aluminium (Al) mobiliseres av sterke syrer, og i ferskvann foreligger Al i ulike tilstandsformer avhengig av mengden organisk materiale (humus), pH, silikat og sulfat i vannet. Tre av tilstandsformene kan defineres som syrereaktivt aluminium (RAI), organisk bundet aluminium (ILAI) og uorganisk aluminium (LAI). Konsentrasjonen av sistnevnte bestemmer giftigheten i surt vann (Driscoll m.fl. 1980). Av **figur 8** framgår det at det er en høyst signifikant korrelasjon mellom LAI og pH.



Figur 7. Fosfor i 60 vann i Enningdalsvassdraget (norsk side) fordelt på kalkede lokaliteter henholdsvis over og under marin grense, samt i kalkede vann.

Figur 7. Phosphorus in 60 non-limed lakes both above and below the marine limit and in limed lakes (all Norwegian lakes).



Figur 8. Forholdet mellom uorganisk LAl og pH i 60 norske innsjøer i Enningdalsvassdraget.

Figur 8. Relationship between LAl and pH in 60 lakes belonging to the Norwegian part of the River Enningdalsvassdraget catchment.



Otertjern er et humøst ukalket vann over marin grense vest for Nordre Boksjø. Otertjern is representing acid, humic lakes above the marine limit.

5.2 Krepssdyr

5.2.1 Registrerte arter

Det er tilsammen registrert 87 arter krepssdyr i Enningdalsvassdraget fordelt på 58 vannlopper og 29 hoppekreps (**tabell 1a og b**). To lokaliteter, Alsnässjön og Södra Bullaresjön, inngår her i det svenske materialet i tillegg til de 18 innsjøene som ellers er behandlet i denne rapporten. Det er funnet 80 arter i både Norge (54 vannlopper og 26 hoppekreps) og Sverige (55 vannlopper og 25 hoppekreps). I henhold til Limnofauna Norvegica er det i Østfold registrert 95 arter, henholdsvis 64 vannlopper og 31 hoppekreps (Walseng & Halvorsen 1996 a,b). Undersøkelsen fra norsk side av Enningdalsvassdraget har resultert i at seks arter, tre vannlopper og tre hoppekreps, kan plusses på denne listen slik at antall registrerte arter i fylket har passert 100. Krepssdyrfaunaen fra Østfold er godt dokumentert (Ekeberg & Walseng 2000, Hov & Walseng 2003, Spikkeland 1998, 1999, Stokker m.fl. 1999, Walseng 1994, Walseng & Hansen 1994, Walseng & Karlsen 1997, 2001, Hesthagen m.fl. 2002).

I fortsettelsen følger kommentarer til arter som er nye for fylket. *Simocephalus expinosus* (**figur 9**), som ble funnet i Endetjern og Stenersrudtjern, er oftest assosiert med næringsrike dammer. Sammen med *Daphnia pulex* er den en indikator på lokaliteter med høy belastning av næringsalter. Fram til tidlig på 1990-tallet var arten sett på som svært sjelden, og var i tillegg til å være beskrevet av G.O. Sars, kun registrert i én dam på Ringerike (Elgmork 1964). På 1990-tallet ble det gjort flere studier av dammer i kulturlandskap, og da viste det seg at *S. expinosus* var en vanlig art. Funnene fra Enningdalsvassdraget er riktignok ikke de første fra Østfold da arten også er funnet i et fangdamsystem i Trøgstad i 2000 (Ekeberg & Walseng 2000, Hov & Walseng 2003). I dag er arten registrert i 83 lokaliteter på landsbasis, det vil si i 2,7% av alle undersøkte lokaliteter. Elektrolyttinnholdet kan variere betydelige (2,0- 491,0 mS/m), men med et høyt gjennomsnitt, 78,0 mS/m. Begge lokalitetene i Enningdalsvassdraget utmerket seg også med høy ledningsevne, og Endetjern var den mest elektrolyttrike lokaliteten i vassdraget, med 122,0 mS/m. Med få unntak er pH i intervallet 6,0-8,0 (snitt på 7,1) for lokaliteter med *S. expinosus*. Endetjern og Stenersrudtjern hadde respektive pH 6,3 og 5,7. Begge lokalitetene hadde også et høyt nivå av tot P, med 13,6 µg/l i begge.

Noe overraskende er *Iliocryptus sordidus* en av artene som er ny for Østfold. Denne ble funnet i hele 14 lokaliteter, og kan derfor karakteriseres som vanlig i Enningdalsvassdraget. De to slektingene, *I. acutifrons* og *I. agilis*, er registrert fra Østfold tidligere, men disse ble ikke funnet i Enningdalsvassdraget. *I. sordidus* var før vår undersøkelse kun registrert i 20 lokaliteter i Norge, og 14 nye funn gir et betydelig bidrag til kunnskapen om arten. Den er en bunnlevende form som synes å ha en vid toleranse i forhold til pH og som med få unntak er funnet i vann med ledningsevne < 3 mS/m. I Enningdalsvassdraget ble den funnet i både kalkede og i ukalkede vann under og over marin grense. Gjennomsnittlig pH i vann der arten ble funnet var 5,4, versus 5,7 i vann der den ikke ble registrert.

Alona karelica er den tredje vannloppen som var ny for fylket. Denne ble funnet i Søndre Boksjø og i Lerbekktjern, det vil si i et kalket og i et ukalket vann like under marin grense. Etter at arten ble beskrevet for første gang fra Norge (Halvorsen 1987), er den registrert fra 26 lokaliteter. I hovedstrengen i Arendalsvassdraget på Sørlandet er den funnet ved fem forskjellige stasjoner. Økologien til arten er usikker, og det er ytre ønske om utdypende undersøkelser i Norge hvor mange av funnene for arten er gjort (Van Damme pers. medd.).

Paracyclops poppei er ved siden av *Eurythemora lacustris*, den mest sjeldne av artene som er funnet i Enningdalsvassdraget. Arten var ny for Norge på midten av 1990-tallet og står derfor ikke oppført i Limnofauna Norvegica. Første funnet ble gjort i en fangdam i Akershus (Stokker m. fl. 1999). Siden er den registrert i 17 vannforekomster. Disse er lokalisert på Østlandet samt i Arendalsvassdraget, Aust-Agder. Funnet fra Endetjern Enningdalsvassdraget er det første

Tabell 1a. Registrerte arter i 60 vann på norsk og 20 vann på svensk side av Enningdalsvassdraget, samt arter registrert i Limnofauna Norvegica i Østfold.

Table 1a. Species found in 60 Norwegian and 20 Swedish lakes in the catchment of the River Enningdalsvassdraget. Species recorded in county Østfold is according to Limnofauna Norvegica.

		Norge (n=60)		Sverige (n=20)		Totalt (n=80)		Limn.Norw.
		ant.	%	ant.	%	ant.	%	
Vannlopper (cladocerans)								
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)T	dia bra	46	76,7	18	90,0	64	80,0	x
Latona setifera (O.F.M.)	lat set	12	20,0			12	15,0	x
Limnosida frontosa Sars	lim fro	8	13,3	6	30,0	14	17,5	x
Sida crystallina (O.F.M.)	sid cry	50	83,3	19	95,0	69	86,3	x
Holopedium gibberum Zaddach	hol gib	40	66,7	16	80,0	56	70,0	x
Ceriodaphnia megops Sars	cer meg	20	33,3	12	60,0	32	40,0	x
Ceriodaphnia pulchella Sars	cer pul	15	25,0	17	85,0	32	40,0	x
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)	cer qua	42	70,0	11	55,0	53	66,3	x
Ceriodaphnia reticulata	cer ret			1	5,0	1	1,3	x
Daphnia cristata Sars	dap cri	19	31,7	18	90,0	37	46,3	x
Daphnia cucullata Sars	dap cuc			2	10,0	2	2,5	x
Daphnia galeata Sars	dap gal	1	1,7	1	5,0	2	2,5	x
Daphnia longiremis Sars	dap rem			1	5,0	1	1,3	
Daphnia longispina (O.F.M.)	dap lon	5	8,3	4	20,0	9	11,3	x
Scapholeberis mucronata (O.F.M.)	sca muc	56	93,3	20	100,0	76	95,0	x
Simocephalus expinosus (Koch)	sim exp	2	3,3	1	5,0	3	3,8	
Simocephalus serrulatus (Koch)	sim ser	7	11,7			7	8,8	x
Simocephalus vetula (O.F.M.)	sim vet	8	13,3	10	50,0	18	22,5	x
Bosmina coregoni (Baird)	bos cor	1	1,7	5	25,0	6	7,5	x
Bosmina longirostris (O.F.M.)	bos ris	21	35,0	16	80,0	37	46,3	x
Bosmina longispina Leydig	bos ina	59	98,3	20	100,0	79	98,8	x
Acantholeberis curvirostris (O.F.M.)	aca cur	45	75,0	4	20,0	49	61,3	x
Drepanothrix dentata (Eurén)	dre den	4	6,7	4	20,0	8	10,0	x
Iliocryptus sordidus (Liév.)	ili sor	14	23,3	1	5,0	15	18,8	
Lathonura rectirostris (O.F.M.)	lat rec	3	5,0	1	5,0	4	5,0	x
Ophryoxus gracilis Sars	oph gra	31	51,7	13	65,0	44	55,0	x
Streblocerus serratidatus (Fisch.)	str ser	33	55,0	14	70,0	47	58,8	x
Acroperus harpae (Baird)	acr har	60	100,0	20	100,0	80	100,0	x
Alona affinis (Leydig)	alo aff	56	93,3	19	95,0	75	93,8	x
Alona costata Sars	alo cos	7	11,7	8	40,0	15	18,8	x
Alona guttata Sars	alo gut	55	91,7	18	90,0	73	91,3	x
Alona intermedia Sars	alo int	17	28,3	6	30,0	23	28,8	x
Alona karelica Stenroos	alo kar	2	3,3	2	10,0	4	5,0	
Alona quadrangularis (O.F.M.)	alo qua	3	5,0	4	20,0	7	8,8	x
Alona rectangula Sars	alo rec	4	6,7	7	35,0	11	13,8	x
Alona rustica Scott	alo rus	44	73,3	2	10,0	46	57,5	x
Alonella excisa (Fischer)	alo exc	48	80,0	13	65,0	61	76,3	x
Alonella exigua (Fischer)	alo exi	19	31,7	15	75,0	34	42,5	x
Alonella nana (Baird)	alo nan	57	95,0	18	90,0	75	93,8	x
Alonopsis elongata Sars	alo elo	57	95,0	20	100,0	77	96,3	x
Anchistropus emarginatus Sars	anc ema	2	3,3	4	20,0	6	7,5	x
Camptocercus rectirostris Schoedler	cam rec	7	11,7			7	8,8	x
Chydorus latus Sars	chy lat	3	5,0	1	5,0	4	5,0	x
Chydorus piger Sars	chy pig	14	23,3	9	45,0	23	28,8	x
Chydorus sphaericus (O.F.M.)	chy sph	54	90,0	20	100,0	74	92,5	x
Disparalona rostrata (Koch)	dis rost	11	18,3	5	25,0	16	20,0	x

Tabell 1b. Registrerte arter i 60 vann på norsk og 20 vann på svensk side av Enningdalsvassdraget, samt arter registrert i Limnofauna Norvegica i Østfold.**Table 1b.** Species found in 60 Norwegian and 20 Swedish lakes in the catchment of the River Enningdalsvassdraget. Species recorded in county Østfold is according to Limnofauna Norvegica.

		Norge (n=60)		Sverige (n=20)		Totalt (n=80)		Limn.Norw.
		ant.	%	ant.	%	ant.	%	
Eurycercus lamellatus (A.F.M.)	eur lam	47	78,3	16	80,0	63	78,8	x
Graptoleberis testudinaria (Sars)	gra tes	26	43,3	11	55,0	37	46,3	x
Monospilus dispar	mon dis	8	13,3	2	10,0	10	12,5	x
Oxyurella tenuicaudis (Sars)	oxy ten			1	5,0	1	1,3	
Pleuroxus laevis Sars	ple lae	1	1,7	1	5,0	2	2,5	x
Pleuroxus trigonellus (O.F.M.)	ple tri	3	5,0	3	15,0	6	7,5	x
Pleuroxus truncatus (O.F.M.)	ple tru	48	80,0	19	95,0	67	83,8	x
Pseudochydorus globosus (Baird)	pse glo	7	11,7	9	45,0	16	20,0	x
Rhynchotalona falcata Sars	rhy fal	14	23,3	3	15,0	17	21,3	x
Polyphemus pediculus (Leuck.)	pol ped	60	100,0	20	100,0	80	100,0	x
Bythotrephes longimanus Leydig	byt lon	3	5,0	2	10,0	5	6,3	x
Leptodora kindti Focke	lep kin	14	23,3	10	50,0	24	30,0	x
Hoppekreps (copepods)								
Eudiaptomus gracilis Sars	eud lis	56	93,3	20	100,0	76	95,0	x
Eurytemora lacustris (POPPE)	eur lac	1	1,7			1	1,3	x
Eurytemora velox	eur vel			1	5,0	1	1,3	x
Heterocope appendiculata Sars	het app	10	16,7	10	50,0	20	25,0	x
Macrocyclus albidus (Jur.)	mac alb	54	90,0	20	100,0	74	92,5	x
Macrocyclus fuscus (Jur.)	mac fus	43	71,7	4	20,0	47	58,8	x
Eucyclops denticulatus (A.Graet.)	auc den	17	28,3	11	55,0	28	35,0	x
Eucyclops macrurides (Lillj.)	euc des	1	1,7	2	10,0	3	3,8	x
Eucyclops macrurus (Sars)	euc rus	9	15,0	13	65,0	22	27,5	x
Eucyclops serrulatus (Fisch.)	euc ser	33	55,0	20	100,0	53	66,3	x
Eucyclops speratus (Lillj.)	euc spe	20	33,3	14	70,0	34	42,5	x
Paracyclops affinis Sars	par aff	34	56,7	17	85,0	51	63,8	x
Paracyclops fimbriatus (Fisch.)	par fim	6	10,0	4	20,0	10	12,5	x
Paracyclops poppei (Rehbg.)	par pop	1	1,7	1	5,0	2	2,5	
Ectocyclops phaleratus	ect pha	11	18,3	8	40,0	19	23,8	x
Cyclops abyssorum	cyc abb			1	5,0	1	1,3	x
Cyclops strenuus Sars	cyc str	1	1,7			1	1,3	x
Cyclops scutifer Sars	cyc scu	24	40,0	14	70,0	38	47,5	x
Megacyclops gigas (Claus)	meg gig	9	15,0			9	11,3	
Megacyclops viridis (Jur.)	meg vir	9	15,0	7	35,0	16	20,0	x
Acanthocyclops robustus Sars	aca rob	31	51,7	5	25,0	36	45,0	x
Acanthocyclops vernalis (Fisch.)	aca ver	3	5,0			3	3,8	x
Diacyclops abyssicola	dia aby			1	5,0	1	1,3	x
Diacyclops languidus (Sars)	dia lan	3	5,0	1	5,0	4	5,0	
Diacyclops nanus (Sars)	dia nan	36	60,0	5	25,0	41	51,3	x
Mesocyclops leuckarti (Claus)	mes leu	23	38,3	15	75,0	38	47,5	x
Thermocyclops oithonoides (Sars)	the oit	22	36,7	17	85,0	39	48,8	x
Microcyclops varicans Sars	mic var			1	5,0	1	1,3	
Cryptocyclops bicolor (Sars)	cry bic	1	1,7			1	1,3	x

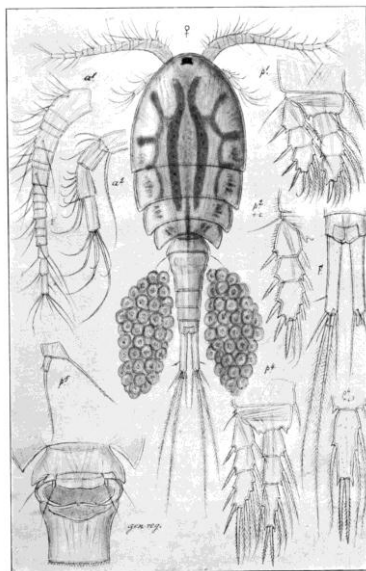
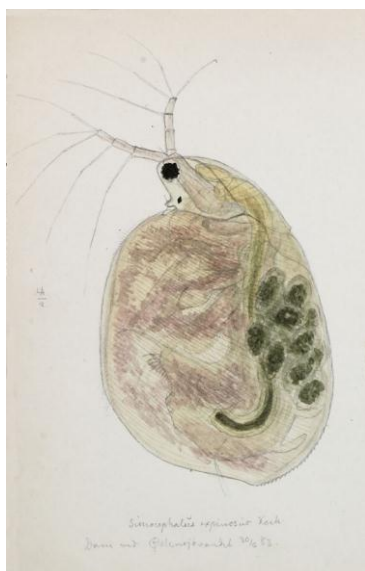
fra den sørlige delen av Østfold. Til sammen foreligger syv funn fra Østfold. Disse er gjort i Morsavassdraget, samt i fangdammer respektive i Trøgstad og ved Kinn (på vestsiden av Rødenessjøen). Alle funnene er gjort i små vannforekomster beliggende under 300 m o.h. Med unntak for funnene i Arendalsvassdraget, er pH>6,0 og elektrolyttinnholdet på mer enn 7,0 mS/m i de lokaliteter der den er funnet.

Megacyclops gigas (**figur 10**) er en av våre største copepodearter, og det er noe spesielt at denne ikke er registrert i Østfold tidligere da den ble funnet i ni vann i Enningdalsvassdraget. På landsbasis er den en av de vanlige hoppekrepsene i littoralsonen, og er registrert i 13,3 % av de undersøkte lokalitetene. Den er sjelden ved pH<5,0 og forekommer hyppigere i små vannforekomster enn i store innsjøer. I Enningdalsvassdraget ble den funnet i to ukalkede vann, begge med pH 5,0, mens de øvrige syv var kalket, og med en gjennomsnittlig pH på 6,6.

Diacyclops languidus var den tredje copepoden som ble funnet i Enningdalsvassdraget og som i henhold Limnoauna Norvegica ikke er registrert i Østfold tidligere. Arten er kun påtruffet 19 ganger i Norge. I tillegg til de tre funnene fra Enningdalsvassdraget, er arten også påvist i Bredtjern, i et vann som inngår i "Sur nedbør overvåkingen" (Schartau m.fl. 2011). Her ble den også funnet de to påfølgende årene. Funnene så langt tyder på at arten trives godt i lavlandet og er tolerant for lav pH. To av funnstedene i Enningdalsvassdraget, i Gravedalstjern og Haugeåstjern, er ukalkede lokaliteter med pH på respektive 4,6 og 5,1. Det tredje funnet ble gjort i Damtjern ved Pålsbu, som er kalket, og der pH er målt til 5,9.

I tillegg til arter som var nye for fylket bør nevnes *Eurythemora lacustris* som er en sjelden art. Vi fant én voksen hunn i Kirkevatn i 2004. Arten var tidligere bare funnet i Femsjøen av G.O. Sars som fant arten fåtallig. Den har sin hovedutbredelse lengre sør i Europa. Etter at vi fant den i Kirkevatn er den blitt registrert i Øyemarksjøen, Skulerudvatn og Stora Le (Spikkeland upubl.). Den er fortsatt tilstede i Femsjøen (Spikkeland upubl.). Funnet fra Kirkevatn er noe spesielt da dette er et gjennomstrømningsvann med et dårlig utviklet planktonsamfunn.

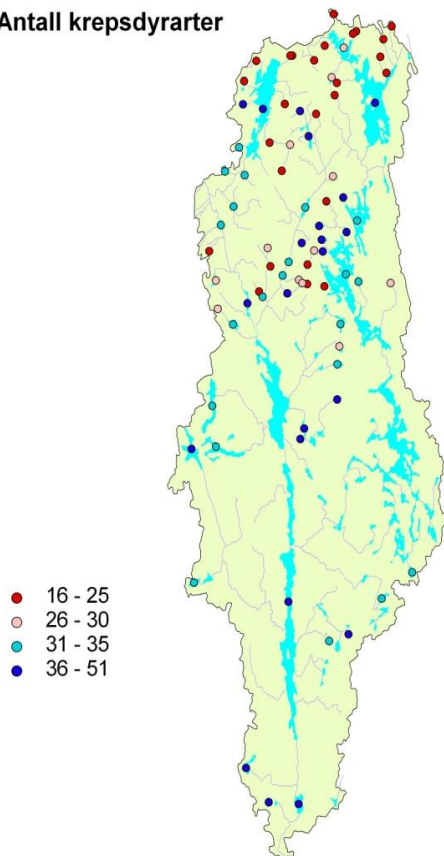
Dersom vi også inkluderer den svenske delen av Enningdalsvassdraget, kan vi som tidligere antydte tilføye ytterligere syv arter til artslista; vannloppene *Ceriodaphnia reticulata*, *Daphnia cucullata*, *D. longiremis* og *Oxyurella tenuicaudis* samt hoppekrepsene *Eurythemora velox*, *Cyclops abyssorum* og *Microcyclops varicans*. De tre vannloppene samt hoppekrepsen *C. abyssorum* er relativt vanlige og funnet i Østfold tidligere. De to daphnia-artene ble funnet i næringsrike innsjøer sør i vassdraget, en type vann vi mangler på norsk side av vassdraget. *Eurythemora velox* er også assosiert med samme innsjøtype, og er i Norge funnet i til sammen fire eutrofe vann rundt Oslofjorden, hvorav tre av vannene tilhører Morsavassdraget og inkluderer Vansjø.



Figur 9. Vannloppen *Simocephalus expinosus* (til venstre) og hoppekrepsen *Megacyclops gigas* er nye arter for Østfold.

Figur 9. The cladoceran *Simocephalus expinosus* (left) and the copepod *Megacyclops gigas* are both new species to county Østfold.

Antall krepsdyrarter



Figur 10. Artsantall av krepsdyr i 80 vann i Enningdalsvassdraget.

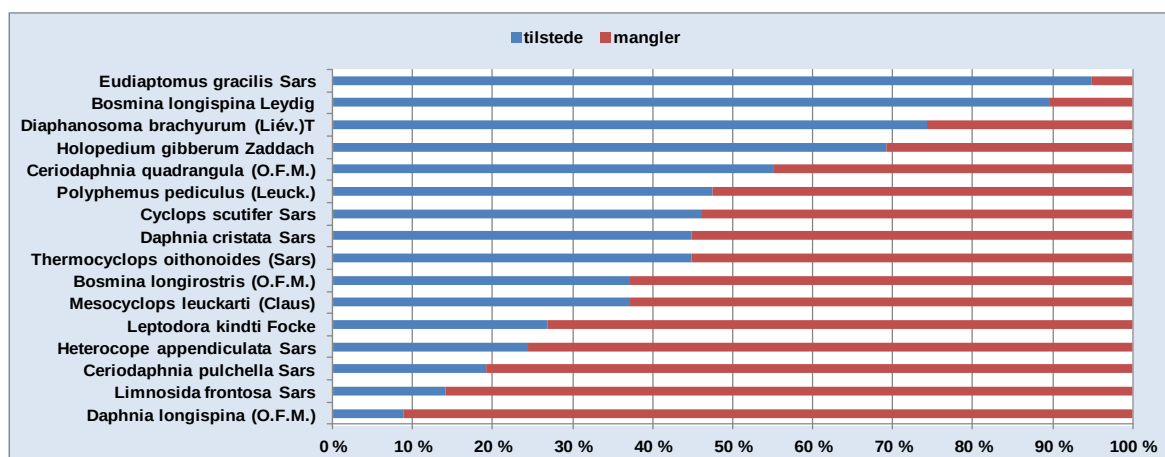
Figur 10. Number of species in 80 lakes within the watershed of River Enningdalsvassdraget.

Figur 10 viser antall arter som er registrert i hver lokalitet. I Søndre Boksjø, som har vært prøvetatt ved flere anledninger siden 1974, er det til sammen registrert 50 arter (36 arter vannlopper og 14 arter hoppekreps) (**figur10**). Nordre Boksjø har vært prøvetatt i samme periode, og her er det funnet 49 arter til sammen (36 arter vannlopper og 13 arter hoppekreps). I Søndre Bullaresjön og Alsnässjön, som ble prøvetatt i forbindelse med et delprosjekt i 2009 og 2010 (sammenligning av norske og svenske bedömningsgrunder), hadde respektive 49 og 48 arter. Tatt i betraktning at det er registrert 130 arter i Norge, noen flere i Sverige, må dette betraktes som artsrike vann. I Norge er det kun i forbindelse med undersøkelser i Dokkadeltaet i Oppland at det er blitt registrert flere arter i én lokalitet (Halvorsen m.fl. 1996). Her ble tre stasjoner prøvetatt regelmessig gjennom fire år.

Antall krepsdyrarter som ble funnet i vår undersøkelse varierte fra 16 arter (13 arter vannlopper og 6 arter hoppekreps) i Kutjern til 47 arter i Kirkevatn (33 arter vannlopper og 14 arter hoppekreps). I gjennomsnitt ble det funnet 22 vannlopper og 8 hoppekreps pr. lokalitet. Til sammen åtte vann i den nordlige delen av feltet hadde færre enn 20 arter, mens 24 lokaliteter hadde < 26 arter (**figur 10**).

To arter, *Acroperus harpae* og *Polyphemus pediculus*, er registrert i samtlige innsjøer. *Bosmina longispina* manglet i ett vann, mens ytterligere åtte arter ble registrert i mer enn 90 % av innsjøene (*Alonopsis elongata*, *Scapholeberis mucronata*, *Eudiaptomus gracilis*, *Alona affinis*, *Alonella nana*, *Chydorus sphaericus*, *Macrocyclus albidus* og *Alona guttata*). Blant de vanligste artene var det kun én calanoid hoppekreps, *E. gracilis*, og én cyclopoid hoppekreps, *M. albidus*. Felles for alle arter er at de er vanlige i littoralsonen. Som vi skal se i neste avsnitt er det kun *B. longispina* og *E. gracilis* av disse vanligste artene som også kan karakteriseres som planktoniske arter.

5.2.2 Planktonsamfunnet.

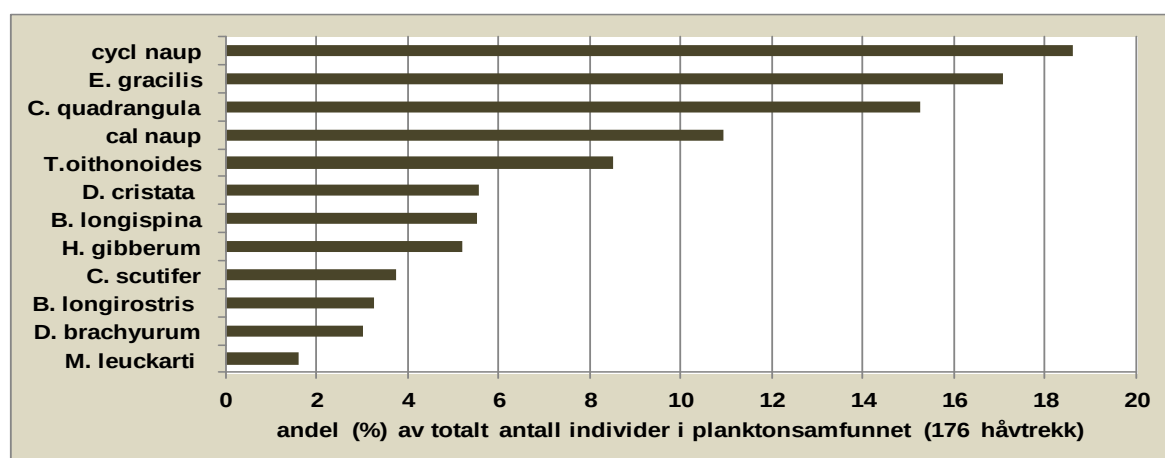


Figur 11. Artenes forekomst (%) i planktonet fra 60 norske og 18 svenske sjøer.

Figure 11. Occurrence of crustacean species (%) in plankton samples from respectively 60 Norwegian and 18 Swedish lakes

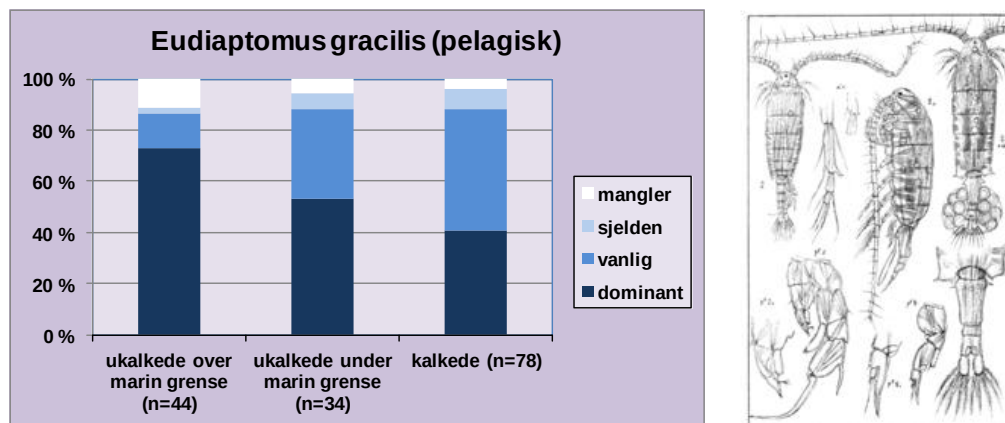
Dette kapittelet baserer seg på planktoniske sommer- og høstprøver fra 78 vann, dvs 156 til sammen. Calanoiden *E. gracilis* ble registrert i planktonprøver fra flest vann (**figur 11**), og manglet kun i fire. Blant vannloppene var *Bosmina longispina* den arten som ble registrert i planktonet fra flest vann (90 %). Denne ble etterfulgt av vannloppene *Diaphanosoma brachyurum*, *Holopedium gibberum*, *Ceriodaphnia quadrangula* og *Polyphemus pediculus*, som forekom i respektive 74,4 %, 69,2 %, 55,1 % og 47,4 % av vannene.

Også tallmessig var *E. gracilis* den arten som i gjennomsnitt utgjorde størst andel av planktonprøvene, med 17 % (**figur 12**). Calanoide nauplier, som utgjorde 10,9 %, ble ikke artsbestemt, men det er rimelig å anta at nesten alle disse også tilhører denne arten. Cyclopoide nauplier utgjorde 18,6 %, og var tallmessig aller vanligst. Vannloppen *C. quadrangula* utgjorde i snitt mer enn 15 % av individene i en prøve. Når vi vet at arten ble påvist i 55,1 % av prøvene, tilsier dette at arten opptrer tallrikt når den først forekommer. Det samme kan sies om den cyclopoide hoppekrepsen *Thermocyclops oithonoides*, som ble funnet i mindre enn halvparten av prøvene, men som også opptrer tallrik når den først er tilstede. *D. brachyurum* er et eksempel på det motsatte, dvs en art som fins i mange prøver (74,4 %), men som sjelden eller aldri fins i store mengder. I fortsettelsen blir de viktigste artene i planktonsamfunnet presentert enkeltvis.



Figur 12. Gjennomsnittlig andel (%) av de vanligste taxa i 156 planktonprøver fra Enningdalsvassdraget.

Figure 12. Mean frequency (%) of the most common taxa in 156 plankton samples.



Figur 13. Forekomsten til *Eudiaptomus gracilis* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1 %, vanlig 1-10 %, dominant >10 %).

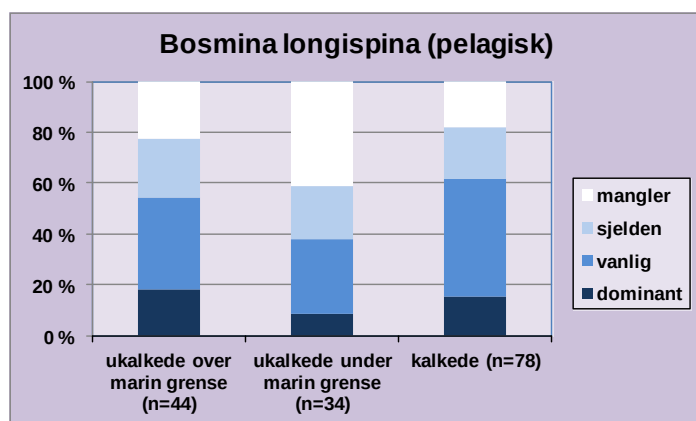
Figure 13. Occurrence of *Eudiaptomus gracilis* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

Eudiaptomus gracilis manglet kun i fire vann, heriblant to av de sureste vannene på norsk side, Langtjern og Kutjern (**figur 13**). Den ble heller ikke funnet i Rødsvatn, som er et gjennomstrømningsvatn (kort oppholdstid) med et dårlig utviklet planktonsamfunn. Den fjerde lokaliteten, Endetjern, er en meget grunn lokalitet som er i ferd med å gro igjen.

E. gracilis er vår vanligste calanaoide med hovedutbredelse på Sørlandet og i Sørøst-Norge, og fins nord til Elverumstraktene (**Vedlegg 2**). Den dukker imidlertid opp igjen i de østlige deler av Finnmark der den er funnet både i Tana og Pasvik (Walseng & Halvorsen 1993). Den fins også i Finnmark der den er registrert sammen med slektningen *E. graciloides* som har hovedutbredelse i nord og øst. Denne fins også i flere vann i Østfold der den kan sameksistere med *E. gracilis*. *E. graciloides* ble ikke funnet i Enningdalsvassdraget. *E. gracilis* er også et av de vanligste krepsdyrene i europeiske innsjøer (Hutchinson 1967), og den har en stor økologisk toleranse og fins i ferskvannslokaliteter med svært forskjellig vannkvalitet (Ponyi 1956). Livs- syklus varierer sterkt fra én generasjon til 11 generasjoner pr. år (Zankai 1978, Wærvågen 1985).

Vår undersøkelse indikerer at dominans av *E. gracilis* er sjeldnere i kalkede enn i ukalkede sjøer. I ikke-kalkede vann over marin grense dominerer arten i mer enn 70 % av prøvene, mot 40 % i de kalkede. Med unntak av Holmvatn, som er blitt kalket og der 67,7 % av individene i augustprøven, bestod av *E. gracilis* (voksne og copepoditter), ble størst dominans registrert i ukalkede lokaliteter. Størst andel ved ett besøk ble registrert i Store Brattetjern der arten utgjorde 70 % av individene i juni. Dette er et surt ikke kalket vann over marin grense. Calanaoide nauplier er ikke inkludert i figuren selv om disse i hovedsak også tilhører *E. gracilis*. Hadde disse vært tatt med ville bildet blitt ennå tydeligere. Mest ekstremt i så måte er Blanktjern der 99,9 % av individene i både juni og august bestod av *E. gracilis*. Ved det første besøket dominerte nauplier (90,6 %), mens i august var det omtrent like stor andel av nauplier (49,1 %) og copepoditter/voksne (50,8 %). *Heterocope appendiculata* er den andre calanoiden, og den ble ikke påvist i noen av de ukalkede vannene over marin grense. Kolstorpetjern og Danmarkstjern er de to ukalkede vannene med lavest andel av *E. gracilis* (<3,0 %). Begge lokalitetene ligger under marin grense og har i liten grad vært berørt av forurengning.

Etter kalking er det registrert både en økning (Hörnström m.fl. 1992), tilbakegang (Alenäs 1986, Eriksson m.fl. 1982, Hörnström m.fl. 1992) og at situasjonen er uendret for *E. gracilis* (Henrikson m. fl. 1984, Hultberg & Andersson 1982, Hörnström m.fl. 1992).

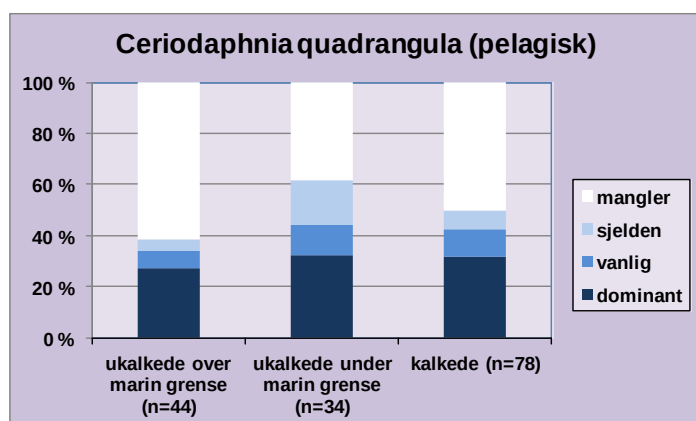


Figur 14. Forekomsten til *Bosmina longispina* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 14. Occurrence of *Bosmina longispina* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

Bosmina longispina (**figur 14**) ble funnet i ca 90 % av planktonsamfunnene, og var i så henseende den hyppigst forekommende vannloppen. Siden arten ble registrert i alle lokaliteter med unntak av én, vil det si at den i syv vann kun ble registrert i littoralsonen. Den er vår vanligste art og fins fra lavland og opp til høyfjellet. Den har en vid toleranse i forhold til de fleste miljøvariabler. Små dammer med høye konsentrasjoner av næringssalter er de eneste lokalitetene *B. longispina* ikke blir funnet i. En viktig forklaring til artens vide utbredelse er dens evne til å benytte ulike ernæringsstrategier alt etter tilgjengelig føde (DeMott 1982, Hessen 1985). Den formerer seg partenogenetisk i løpet av sommermånedene, og antallet individer varierer derfor mye. Ofte kan den tallmessig dominere planktonet. Dette var tilfelle i mange prøver fra Enningdalsvassdraget, men det var andre vannloppearter som tallmessig var ennå mer vanlige. I to lokaliteter ble det ved et besøk registrert at mer enn halvparten av individene tilhørte arten, respektive Kutjern (72,5 %) og Damtjern ved Ånerød (53,3 %). Også i de to kalkede lokalitetene, øvre Elgvatn og Sandvatn, utgjorde arten cirka halvparten (49,9 % og 49,1 %) av individene. Det er derfor ikke noe mønster i retning av at kalking skulle favorisere/dessfavorisere arten. Dominans av arten forekom sjeldnest i prøver fra kalkede lokaliteter under marin grense.

I tillegg til å tilhøre planktonsamfunnet i ca. 55 % av vannene, var *Ceriodaphnia quadrangula* den vannloppen som oftest kunne dominere (**figur 15**). En viktig årsak til dette skyldes at



Figur 15. Forekomsten til *Ceriodaphnia quadrangula* i ukalkede vann over og under marin grense samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 15. Occurrence of *Ceriodaphnia quadrangula* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

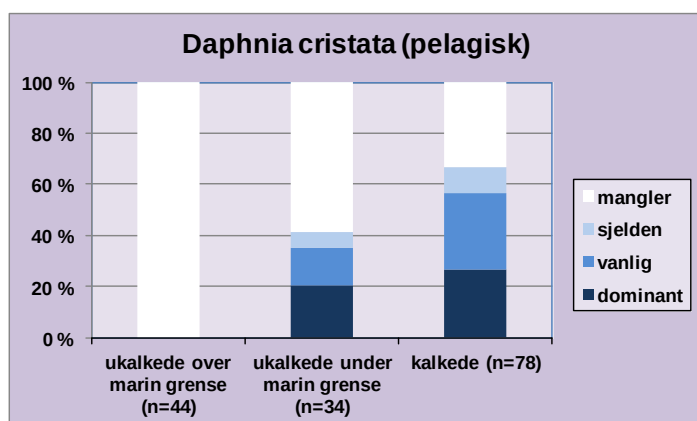
arten kan opptre i store tettheter i sure humøse vann, der den kan dominere totalt. I tre prøver utgjorde den mer enn 90% av individene og i 21 tilfeller utgjorde den mer enn 50%. Store tettheter ble registrert både i juni og augustprøver, og i Steinslundstjern utgjorde den 92,4% og 84,9% av individene i respektive juni og august.

C. quadrangula er både registrert som ny art etter kalking (Hörnström m. fl. 1992), og som en art som har økt i antall (Alenäs 1986, Hultberg & Andersson 1982). Tilbakegang er også konstatert (Hörnström m. fl. 1992, Hillbricht-Ilkowska 1977). I Enningdalsvassdraget ble høye tettheter registrert i både kalkede og ukalkede lokaliteter. Vanligst var den i ukalkede lokaliteter under marin grense. Mens Steinslundstjern er eksempel på en ukalket lokalitet, er Nordre Hoggsjø der *C. quadrangula* utgjorde 91,2% av individene, blitt kalket.

Daphnia cristata var tallmessig den nest vanligste vannloppen etter *C. quadrangula* selv om den bare ble registrert i 45% av planktonsamfunnene. Den er utbredt over hele landet fra Finnmark i nord (Walseng & Halvorsen 1993) og til Jæren i sørvest (Walseng 1993). Den er imidlertid vanligst i de sørøstlige deler av landet.

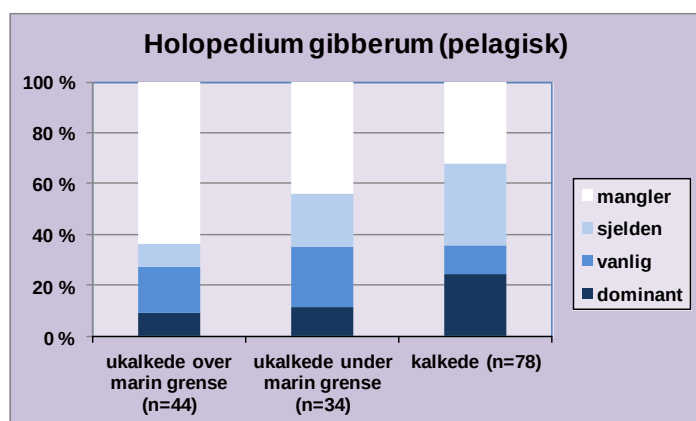
D. cristata (**figur 16**) er i mange tilfelle blitt registrert som ny art etter kalking, blant annet i Stora Härsjön (Appelberg 1995b). I vann der *Daphnia* sp. er til stede før kalking, er det påvist økning i antall etter kalking (Eriksson m.fl. 1983, Nyberg 1984, Nyberg 1995). I Enningdalsvassdraget ble *D. cristata* ikke påvist i ukalkede vann over marin grense, mens den under marin grense er registrert i 40% av prøvene (n=34). I kalkede vann ble den registrert i varierende andeler i til sammen 67% av prøvene, og da nesten uten unntak ved begge besøk. Størst andeler utgjorde arten i kalkede vann, og i Rødsvatn i juni hele 84,5% av antall individer. I august var den fortsatt dominant og utgjorde 42,2% av individene. Høyest andeler i ukalkede vann (under marin grense) ble påvist i Kolstorpevatten og Sevtjern med 25,6% i juni i begge vann. Også her var det liten endring til august.

olopedium. gibberum (**figur 17**) ble funnet i planktonet i ca 70% av vannene og utgjorde tallmessig omtrent 5% av alle individer. I fire tilfelle, alle fra forsommeren, utgjorde den mer enn halvparten av totalt antall individer i prøven. Arten er ofte funnet å øke i antall etter kalking (Hultberg & Andersson 1982, Hörnström m.fl. 1992, Nilsson & Johansson 1985). I to av ti innsjøer i Midt-Sverige ble den registrert som ny art etter kalking (Hörnström m. fl. 1992). I den samme undersøkelsen ble det i de øvrige innsjøene dokumentert både tilbakegang og økning i tetthet. Økt fiskepredasjon, som en indirekte følge av kalking, har resultert i en nedgang i tettheten til *H. gibberum* (Alenäs 1986). I Enningdalsvassdraget er *H. gibberum* både vanligere og dominerer oftere i kalkede enn i ukalkede vann. Ut i fra våre data kan det derfor se ut til at



Figur 16. Forekomsten til *Daphnia cristata* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 16. Occurrence of *Daphnia cristata* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

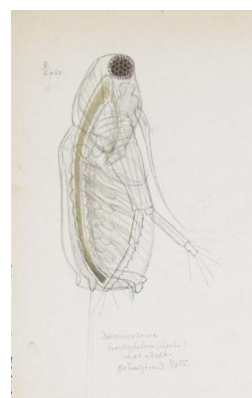
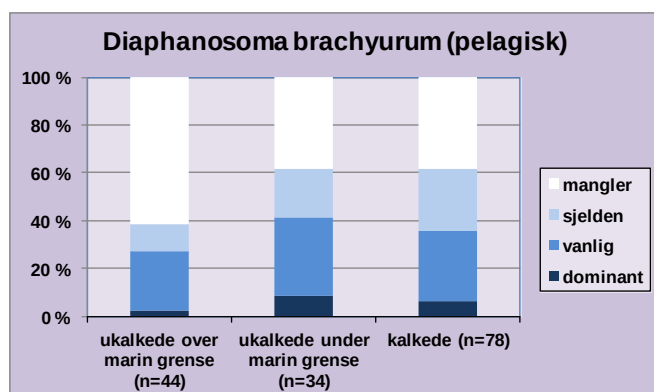


Figur 17. Forekomsten til *Holopedium gibberum* i ukalkede vann over og under marin grense samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 17. Occurrence of *Holopedium gibberum* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

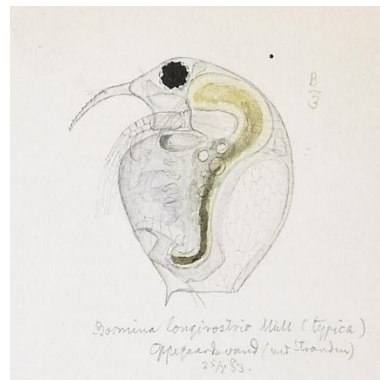
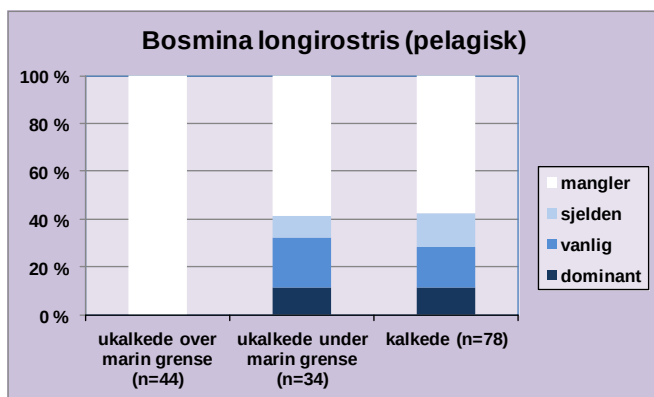
kalking har favorisert arten. Fra Nordre Boksjø, som ble kalket første gang i 1980, foreligger spredte prøver fra perioden 1973-2010. Arten ble ikke registrert i 1973 og 1994. Fra til sammen syv besøk etter 1995 er arten funnet i varierende antall. I september 1996 utgjorde den hele 23,6% av samfunnet. Selv om vi ikke skal legge alt for mye vekt på andelen arten utgjør av samfunnet da den på kort tid kan blomstre opp i store antall, kan vi likevel slutte at *H. gibberum* er kommet inn i Nordre Boksjø etter kalking.

Diaphanosoma brachyurum (figur 18) ble registrert i planktonet fra 75% av vannene, og utgjorde ca. 3% av alle individer som ble talt opp. Den er i mange vann funnet i større tettheter etter kalking (Eriksson m.fl. 1983, Eriksson m.fl.1982). I Gårdsjön var dette den av de nye artene som økte raskest i antall etter kalking. Allerede sommeren etter kalking dominerte den i planktonet (Svensson m.fl. 1995). En viktig grunn til at denne arten øker i antall til tross for at det samme også var tilfelle for predatorer som svevemygg og vannteger, er sannsynligvis dens evne til å unnsnippe disse (Drenner & McComas 1980). Hörnström m.fl. (1992) fant imidlertid en økning og tilbakegang av arten i like mange vann. Den er også registrert som ny etter kalking (Hörnström & Ekström 1986). I Enningdalsvassdraget ble den funnet i ca. 40% av prøvene fra ukalkede vann over marin grense, mens den forekom i 60% av prøvene fra de to andre kategoriene av innsjøer. Med hensyn til dominans var det små forskjeller mellom de forskjellige kategorier av innsjøer. *D. brachyurum* dominerte i ni vann, aldri ved begge besøk. I Nordre Boksjø ble den ikke påvist i 1974, mens den er funnet i alle prøver tatt etter 1996.



Figur 18. Forekomsten til *Diaphanosoma brachyurum* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 18. Occurrence of *Diaphanosoma brachyurum* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

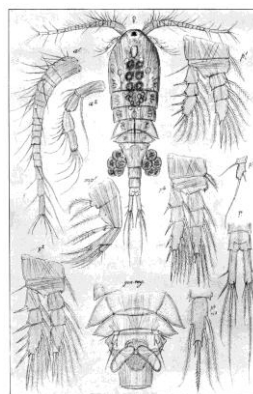
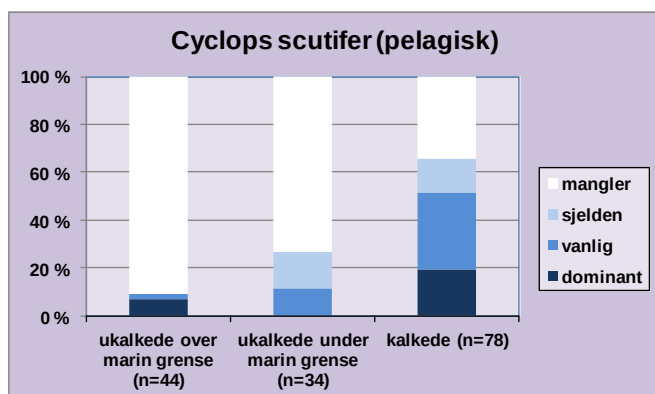


Figur 19. Forekomsten til *Bosmina longirostris* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 19. Occurrence of *Bosmina longirostris* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

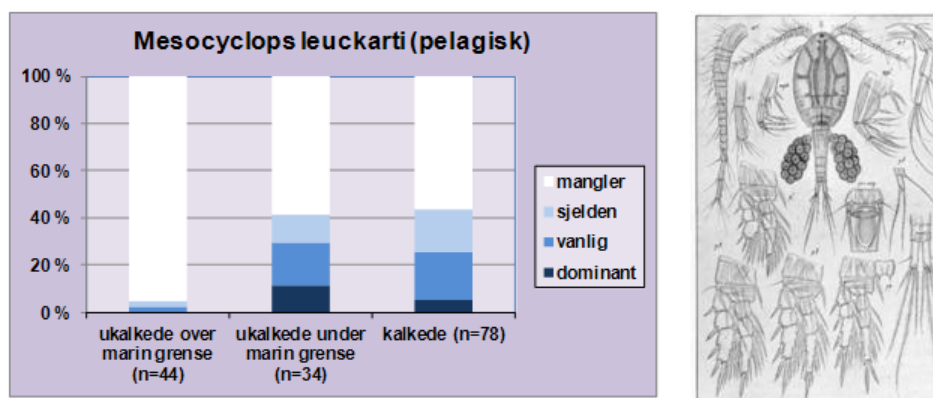
Bosmina longirostris (figur 19) er funnet i planktonet i 36% av innsjøene, og i fire tilfelle utgjorde den mer enn halvparten av individene i prøven. I Fågeltjernet i Sverige utgjorde den 50,8% og 56,3% i respektive juni og august. Arten er gjennomgående noe mindre enn slektningen *B. longispina*. I Norge har *B. longirostris* en mer begrenset utbredelse enn *B. longispina* og er funnet i langt færre lokaliteter. Den ertstatter *B. longispina* i vann med høyt predasjonstrykk fra fisk og da særlig karpefisk. I næringsrike lokaliteter i Østfold er *B. longirostris* derfor meget vanlig (Walseng 1994). Den er sjelden på Vestlandet, Sørlandet og i Midt-Norge. *B. longirostris* foretrekker ofte dammer og grunne lokaliteter (Elgmork 1966) og kan ofte dominere her (Carter 1971, Daborn 1974). I Enningdalsvassdraget ble den aldri registrert i ukalkede vann over marin grense, men var vanlig i både kalkede vann og ukalkede vann under marin grense. Den utgjorde størst andeler av planktonsamfunnet i kalkede vann.

De tre cyclopoidene *Cyclops scutifer*, *Mesocyclops leuckarti* og *Thermocyclops oithonoides* ble alle funnet i 36, det vil si 46,2% av lokalitetene. De tre artene sameksisterte i hele 17 vann. *C. scutifer* (figur 20) er vår vanligste planktoniske hoppekreps, og er utbredt over hele landet fra lavland til høyfjell. Den er noe mindre dominant i næringsrike lokaliteter i Østfold og Akershus. Den er vår best undersøkte art, og viser en utrolig variasjon i livssyklus (Elgmork 1985). Den kan ha ettårig livssyklus med eller uten diapause i sedimentet. I store høyfjellssjøer har den to- til treårig livssyklus (Elgmork & Eie 1989). Den vanligste type livssyklus er trolig en kombinasjon av ett- og toårig livssyklus uten diapause (Halvorsen & Elgmork 1976). I Enningdalsvassdraget er den tydelig favorisert av kalking.



Figur 20. Forekomsten til *Cyclops scutifer* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 20. Occurrence of *Cyclops scutifer* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).



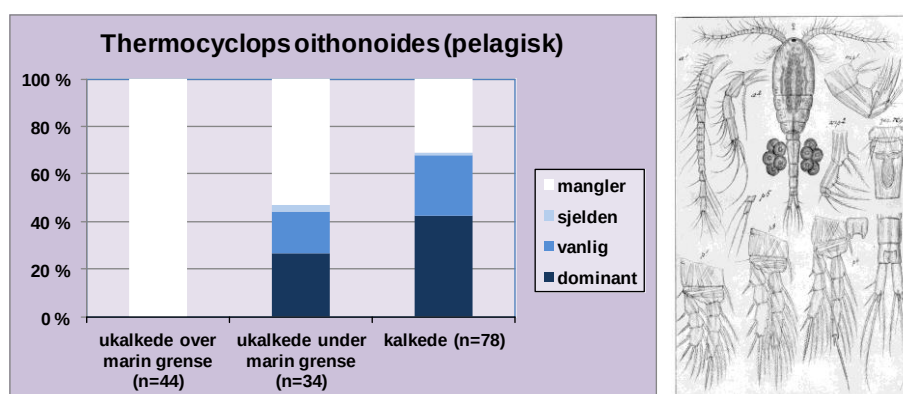
Figur 21. Forekomsten til *Mesocyclops leuckarti* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 21. Occurrence of *Mesocyclops leuckarti* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

M. leuckarti (figure 21) forekommer ofte i grunne lokaliteter og i littoralsonen til større innsjøer. Den er relativt sjelden i Trøndelagsfylkene, Nordland, Troms og Vest-Finnmark, og er først og fremst en lavlandsart som synes å mangle i høyfjellet selv om den er funnet opp til over 900 m o.h. (Halvorsen 1980). I Enningdalsvassdraget var den sjelden i prøver fra ukalkede vann over marin grense. Under marin grense og i kalkede vann ble den påvist i mer enn 40% av prøvene. Den var vanlig forekommende i de fleste tilfellene.

T. oithonoides (figure 22) fins ofte sammen med *M. leuckarti*, og i Enningdalsvassdraget var det sameksistens i 26 vann. I ukalkede vann over marin grense ble arten aldri registrert. Som nevnt tidligere er den ofte dominant når den først er til stede.

I Enningdalsvassdraget ble *Limnospira frontosa* (figur 23) registrert i 11 av lokalitetene. I fem av disse ble den funnet i både juni og august. I høstprøven fra S. Boksjø var den dominant og utgjorde 14,7% av individene. Den ble her registrert første gang i 1995 etter at vannet også ble prøvetatt i 1974 og 1995 uten at arten ble påtruffet. *L. frontosa* er utbredt på Sør-Østlandet. Den er både registrert som ny art og som en art som øker i antall etter kalking (Eriksson m.fl. 1983, Eriksson m.fl. 1982). I en innsjø i Midt-Sverige er det riktignok også funnet tilbakegang etter kalking (Hörnström m.fl. 1992). I Enningdalsvassdraget er den ikke funnet i noen av de kalkede vannene over marin grense.



Figur 22. Forekomsten til *Thermocyclops oithonoides* i ukalkede vann over og under marin grense samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 22. Occurrence of *Thermocyclops oithonoides* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

Daphnia galeata ble kun funnet i Søndre Boksjø der den utgjorde 12,9% og 9,7% i respektive juni og august. Den er utbredt i hele Norge og er den nest vanligste *Daphnia*-arten etter *D. longispina*. Liksom *D. cristata* er dette en art som kommer inn etter at det er kalket. Den er registrert første gang i 1995 samtidig med *L. frontosa*.

Daphnia longispina ble registrert i syv lokaliteter, og i fire av disse ble den funnet i både juni og august. I to vann, Endetjern og Stårkanestjärn, der den bare forekom i august, ble den derimot funnet i store tettheter og utgjorde respektive 20,8% og 36,3% av individtallet. Liksom de øvrige *Daphnia*-artene regnes den som forsuringssfølsom og er vurdert som en av de sikreste indikatorartene på en god vannkvalitet, og i forsuringsskadede vann er den kommet inn etter kalking (Eriksson m.fl. 1982, Hörnström m.fl. 1992). I Enningdalsvassdraget er den ikke funnet i noen av de kalkede vannene over marin grense. Den er større enn *D. cristata* og er derfor et ettertraktet byttedyr for planktonspisende fisk.

Bythotrephes longimanus (**figur 23**) er en stor rovform som kun ble påvist i fire vann, som alle var kalket (Søndre Boksjø, Søndre Hoggsjø, Långvattnet og Övre Bolsjön). Den forekommer sjelden i store tettheter, og det ble kun funnet få individer i vår undersøkelse. Den synes å unngå planktonhåven da mageanalyser fra fisk indikerer at arten er langt vanligere enn det som går fram av håvtrekkprøver. Den er utbredt over hele landet og forekommer mest frekvent når pH er 6,0-6,5 (>20%). Arten synes å være relativt forsuringstolerant og ble funnet i både Nordre og Søndre Boksjø i 1974 da pH i disse vannene lå mellom 4,5-4,8.

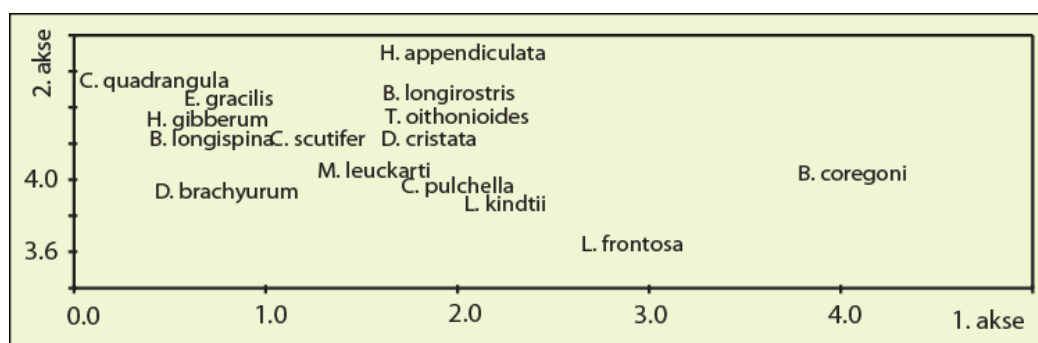
Leptodora kindti (**figur 23**) ble funnet i 16 kalkede vann og i 6 vann under marin grense. På landsbasis forekommer arten hyppigst i vann der pH ligger mellom 7,0 og 7,5 (ca. 20%). Arten er hyalin (gjennomsiktig) og er favorisert av stor fiskepredasjon. I både Nordre og Søndre Boksjø er den påvist etter kalking, men siden sjansen for at den blir fanget er liten, og det er snakk kun få individer, er det vanskelig å trekke noen konklusjoner om denne arten.

Heterocope appendiculata ble funnet i 14 kalkede vann og i fire ukalkede vann under marin grense. Den ble ikke funnet i ukalkede vann over marin grense. Ved de fleste lokalitetene ble den fanget både i juni og august. Med unntak av Nöckerödvattnet der den utgjorde 5,2% i juni, sto den for bare rundt 1% eller mindre av det totale individtallet. Den har sin hovedutbredelse i øst og fins helt nord til Finnmark (Walseng & Halvorsen 1993).



Figur 23. Limnosa frontosa (til venstre), Bythotrephes longimanus (i midten) og Leptodora kindti (Tegninger av G.O. Sars).

Figure 23. Limnosa frontosa (left), Bythotrephes longimanus (in the middle) and Leptodora kindti (drawings by G.O. Sars).

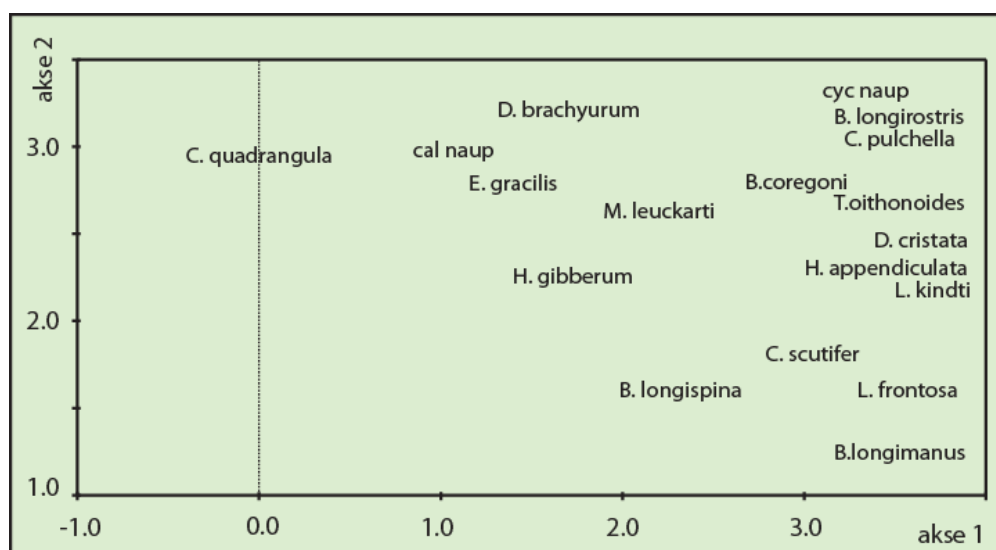


Figur 24. Artsplott (DCA-analyse) basert på fravær/tilstede data. (outlayerene D. longispina og D. galeata er fjernet).

Figure 24. Species plot (DCA-analysis) based on presence/absence data (the outliers D. longispina and D. galeata are removed).

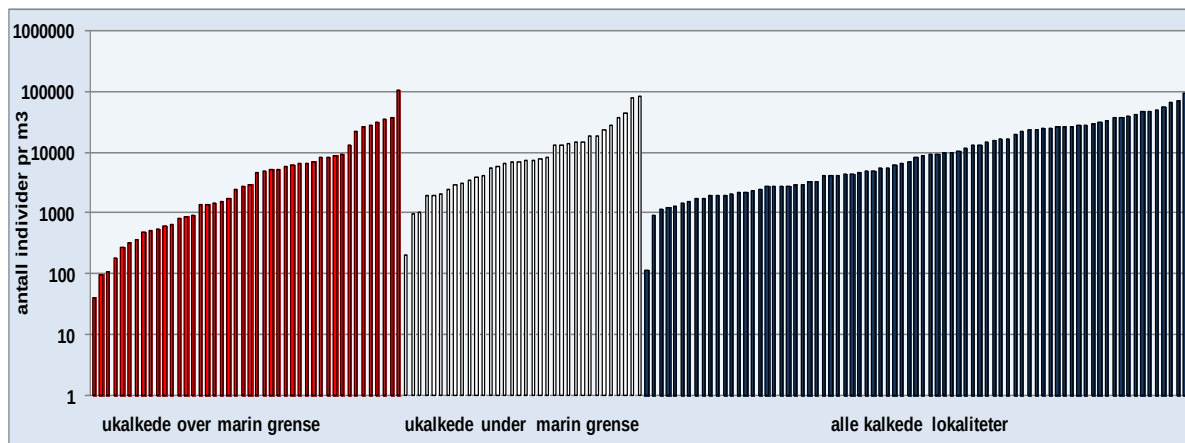
Artsplottene fra to DCA-analyser, respektive basert på tilstede/ikke tilstede (**figur 24**) og en på frekvens (**figur 25**), gir oss et bilde av hvilke arter i planktonsamfunnet som er assosiert med hverandre. DCA arrangerer artslistene for ulike innsjøer slik at de med lik artssammensetning blir liggende nær hverandre når resultatet plottes i et aksekors, mens artslistene med ulik artssammensetning blir liggende lengre fra hverandre i plottet. Forskjellene i artssammensetning gjenspeiler forskjeller i miljøet, mens aksene i plottet representerer underliggende miljøvariabler. Vi vil imidlertid her kun fokusere på artsplottet, og i analysen der forekomst/fravær er lagt til grunn var lengden til 1-aksen 4,1 og den forklarte 17,1% av variasjonen i materialet. 2-aksen hadde en lengde på 4,9 og forklarte ytterligere 9,1% av variasjonen. Leser vi artsplottet (**figur 24**) fra venstre mot høyre langs x-aksen utgjør C. scutifer og delvis M. leuckarti en slags mellomstilling der vi til venstre finner fem arter som er typiske for de mest næringsfattige sure og humøse lokalitetene. Til høyre for de to hoppekrepsartene finner vi seks arter som har det til felles at de aldri ble funnet i ukalkede lokaliteter over marin grense. *Bosmina coregoni* er en outlayer langs 1-aksen og ble kun funnet i fire vann hvorav to var blant de mest næringsrike.

Bildet endrer seg noe når vi legger frekvensdata til grunn som i tillegg til artene også inkluderer calanoide og cyclopoide nauplier (**figur 25**). Lengden til 1-aksen blir nå 3,7 og den forklarer



Figur 25. Artsplott (DCA-analyse) basert på frekvens data (outlayerene D. longispina og D. galeata er fjernet).

Figure 25. Species plot (DCA-analysis) based on frequency data (the outliers D. longispina and D. galeata are removed).



Figur 26. Individttetthet (m^3) i prøver fra 44 ukalkede innsjøer over marin grense, 34 ukalkede innsjøer under marin grense og i 78 kalkede innsjøer.

Figure 26. Number of individuals (m^3) in samples from 44 non-limed lakes above marine limit, 34 non-limed lakes below marine limit and in 78 limed lakes.

13,7% av variasjonen i materialet. 2-aksen hadde en lengde på 4,9 og forklarte ytterligere 8,7% av variasjonen. *C. quadrangula* skiller seg klarere ut enn i analysen der fravær/tilstede av arter ble lagt til grunn. Dette er forårsaket at arten ofte dominerer i prøver fra ukalkede vann over marin grense. I den motsatte enden av 1-aksen finner vi de åtte artene som ligger spredt langs 2-aksen. Nauplier av respektive cyclopoide og calanoide copepoder legger seg i hver sin ende av 1-aksen. Dette er forårsaket av at de calanoide naupliene nesten uten unntak tilhører *E. gracilis* som dominerte stort i ukalkede vann over marin grense. I kun få av disse prøvene ble det konstatert cyclopoide copepoder, derfor ble det også funnet få cyclopoide nauplier.

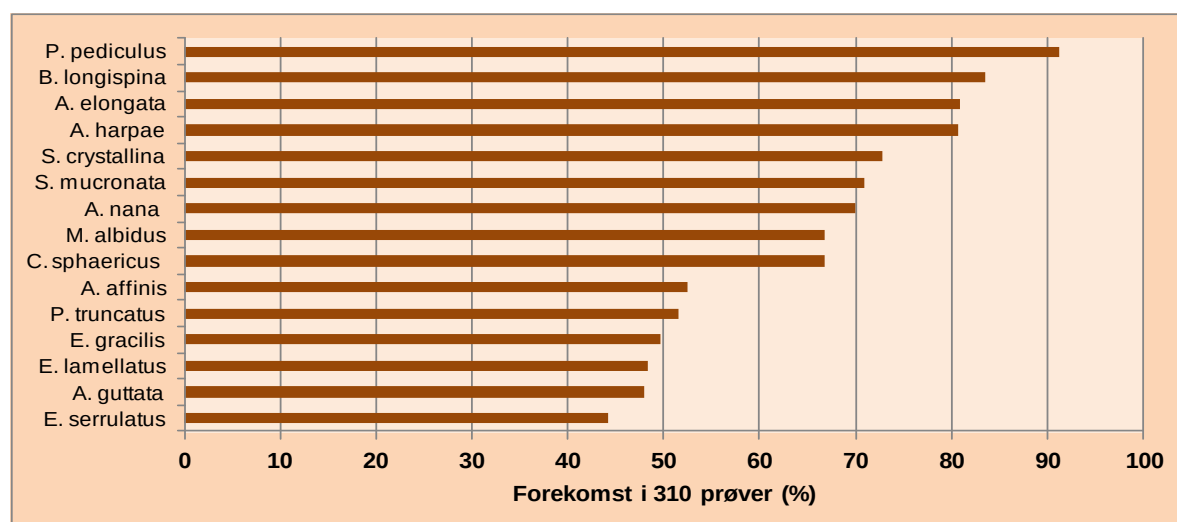
Håvtrekk fra største dyp ble brukt til innsamling av planktoniske prøver. Dette er en kvalitativ metode der en skal være forsiktig med å legge for mye vekt på det kvantitative aspektet. Resultatene som er presentert i **figur 26** og som viser antall individer/ m^3 i alle prøver, må derfor tas med mange forbehold. Antall individer varierer fra mindre enn 100 pr. m^3 til ca. 100 000 pr. m^3 . Ukalkede vann, over og under marin grense samt kalkede vann, viste et stort spenn med hensyn til individtettheter. Ser vi på prøver med mer enn 10 000 ind/ m^3 , så kommer den største andelen av disse fra kalkede lokaliteter etterfulgt av ukalkede vann under marin grense. Gjennomsnittet for kalkede innsjøer var 16 000 ind/ m^3 mot 11 500 ind/ m^3 og 9 000 ind/ m^3 for ukalkede lokaliteter, respektive over og under marin grense.

5.2.3 Littoralsonen

I dette kapitlet tar vi utgangspunkt i 4 enkeltprøver fra 78 vann, dvs 310 prøver totalt (2 prøver ble ødelagt). Tilsammen 78 arter ble påvist, og i snitt ble det funnet 11 vannloppe- og fire hoppekrepsarter pr. prøve. Noen arter var sjeldne og i syv tilfeller ble én art kun påvist i én prøve. Til sammen 38 arter ble påvist i mer enn 10% av prøvene, mens 15 arter (12 vannlopper og tre hoppekreps) ble påvist i mer enn 40% av prøvene (**figur 27**). *Polyphemus pediculus* forekom hyppigst og ble funnet i 91,3% av prøvene. Den ble etterfulgt av *Bosmina longispina* (83,5%), *Alonopsis elongata* (81,0%), og *Acroperus harpae* (80,6%). *B. longispina* er en art som ofte dominerer i både pelagialsonen og littoralsonen. *P. pediculus* kan også påtreffes fåtallig i planktonet, mens de øvrige vannloppene i figuren er såkalt "gode" littorale former. Følgende vannlopper ble også funnet i mer enn halvparten av prøvene; *Sida crystallina* (72,9%), *Scapholeberis mucronata* (71,0%), *Alonella nana* (70,0%), *Chydorus sphaericus* (66,8%), *Alona affinis* (52,6%) og *Pleuroxus truncatus* (51,6%). Alle disse hører også på landsbasis til de vanligste littorale artene. *Macrocyclops albidus* (66,8%) var den vanligste hoppekrepsen og er en ren littoral form i motsetning *E. gracilis* (49,7%) som er vanligst i planktoniske prøver. Den tredje vanligste hoppekrepsen, *Eucyclops serrulatus* (44,2%) er også en ren littoral form. Blant de 38 artene som ble funnet i mer enn 10% av prøvene, er det kun hoppekrepsene *E. gracilis* og *T.*

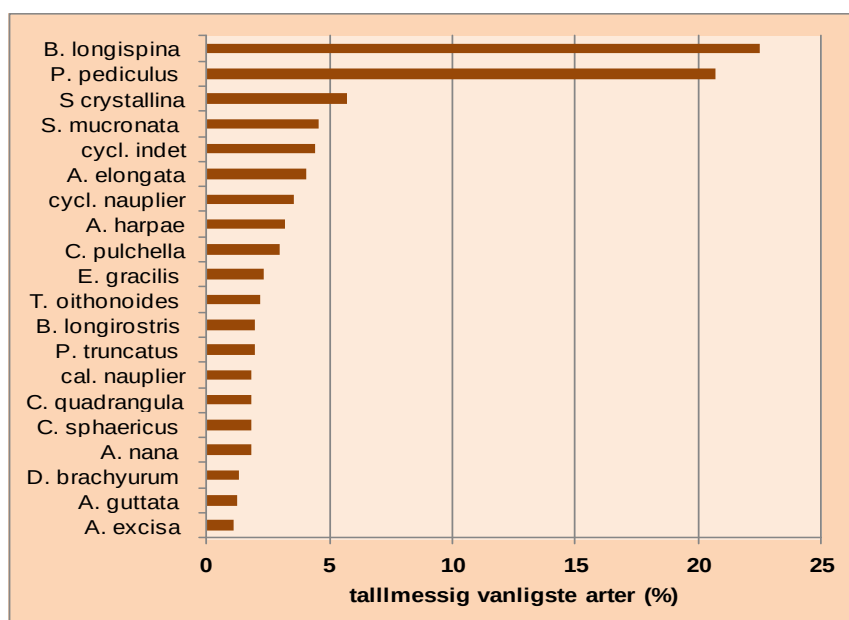
oithonoides som ikke har en vid utbredelse i landet. Med hensyn til antall individer er det to arter, *B. longispina* og *P. pediculus*, som peker deg ut. Disse var tallmessig i størrelsesorden 4-5x mer vanlige enn de øvrige artene i **figur 28** som også inkluderer nauplier og copepoditter.

I tillegg til å være funnet i flest prøver, var *P. pediculus* (**figur 28**) den arten som var nest vanligst tallmessig (20,7%). Arten er kjent for å kunne blomstre opp i enorme tettheter og i en prøve fra Hökelivatn utgjorde den 99,3% av individene. I 43 prøver utgjorde den mer enn halvparten av individene, og med få unntak er disse tatt på forsommeren. Arten er favorisert av kalking og var dominant (>10%) i 60% av prøvene fra kalkede vann i motsetning til 30% i ukalkede vann over marin grense (**figur 29**). I ukalkede vann under marin grense dominerte den i underkant av 50% av prøvene. *P. pediculus* er en predator som har en vid utbredelse i Norge.



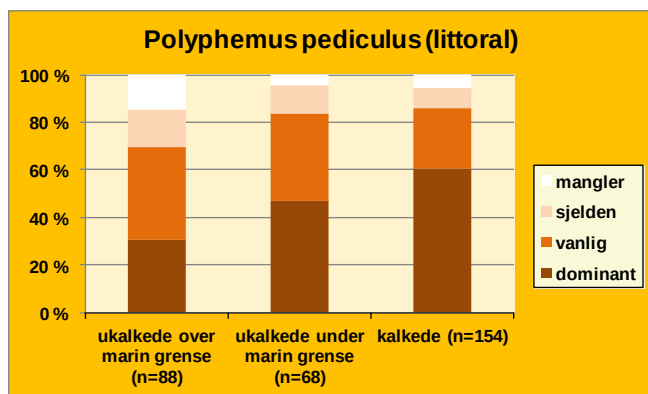
Figur 27. Artenes forekomst (%) i 310 littoralprøver fra 60 norske og 18 svenske sjøer.

Figur 27. Occurrence (%) in 310 littoral samples from 60 Norwegian and 18 Swedish lakes



Figur 28. Gjennomsnittlig andel av individene (%) i 310 littoralprøver for de vanligste taxa.

Figur 28. Mean frequency Occurrence (%) of the most common taxa in 310 littoral samples.

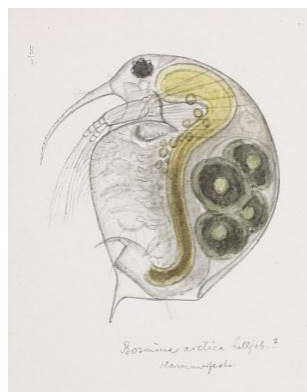
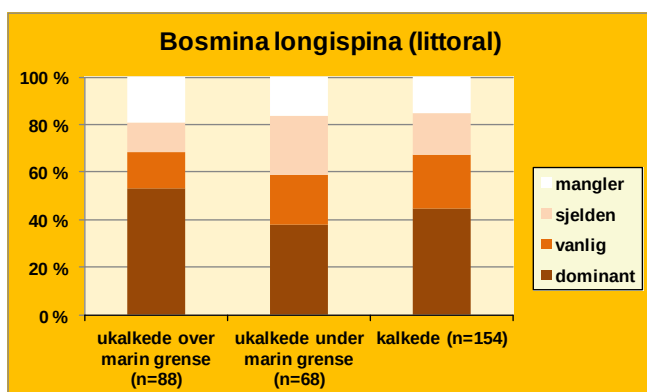


Figur 29. Forekomsten til *Polyphemus pediculus* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 29. Occurrence of *Polyphemus pediculus* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

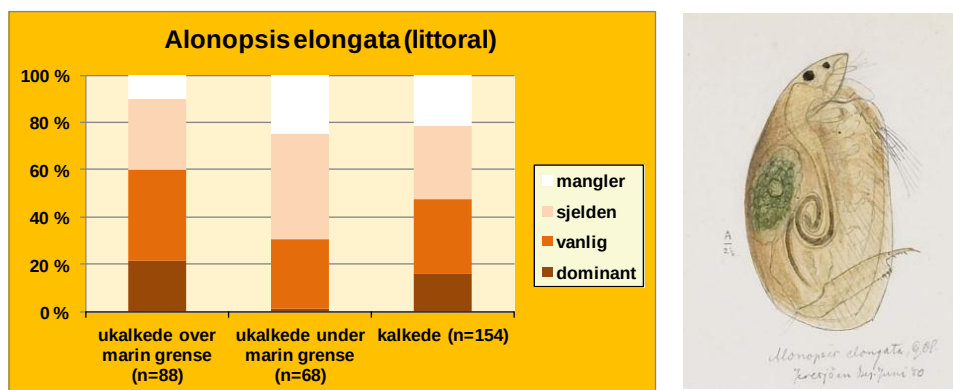
Med ett unntak er *B. longispina* (**figur 30**) registrert i alle vannene, det vil si 77 lokaliteter. Selv om *P. pediculus* ble funnet i flere prøver, forekom *B. longispina* mer tallrik (22,5%). Den former seg partenogenetisk i løpet av sommermånedene, og antall individer varierer. I mange tilfeller dominerer den totalt i littoralsonen liksom den også kan gjøre i planktonet. Størst dominans ble funnet i Gravedalvatn der den utgjorde 99,1% og 96,0% i respektive juni og august. Vannet, som er ukalket, ligger over marin grense øst for Nordre Boksjø. Også i Trolldalsvatn ble det registrert mer enn 90% dominans ved begge besøk. Dette vannet er kalket og ligger under marin grense i et lite sidevassdrag som slutter seg til Enningdalselva ikke så langt fra utløp i havet. Arten er ikke favorisert av kalking og var dominant eller vanlig i en like stor andel av prøvene i både kalkede og ukalkede vann (**figur 30**). I ukalkede vann under marin grense var det noe mindre dominans av arten. Som nevnt tidligere er dette vår vanligste vannloppe, og den er utbredt i hele landet fra lavland og opp til høyfjellet.

Alonopsis elongata (**figur 31**) er i motsetning til *B. longispina* en ren littoral form. Den har en vid utbredelse i Norge, og etter de to forannevnte artene er det den arten som oftest kan dominere i littoralsonen. Den er registrert i 73% av alle undersøkte lokaliteter i Norge og forekommer med høyest frekvens i næringsfattige lokaliteter. Den mangler i næringsrike dammer og i de mest eutrofe/hypeutrofe vannene. I Enningdalsvassdraget manglet den kun i Danmarks-tjern, Endetjern og Rødsvatn, alle under marin grense. I 45 prøver var den dominant (>10%).



Figur 30. Forekomsten til *Bosmina longispina* i ukalkede vann over og under marin grense samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 30. Occurrence of *Bosmina longispina* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).



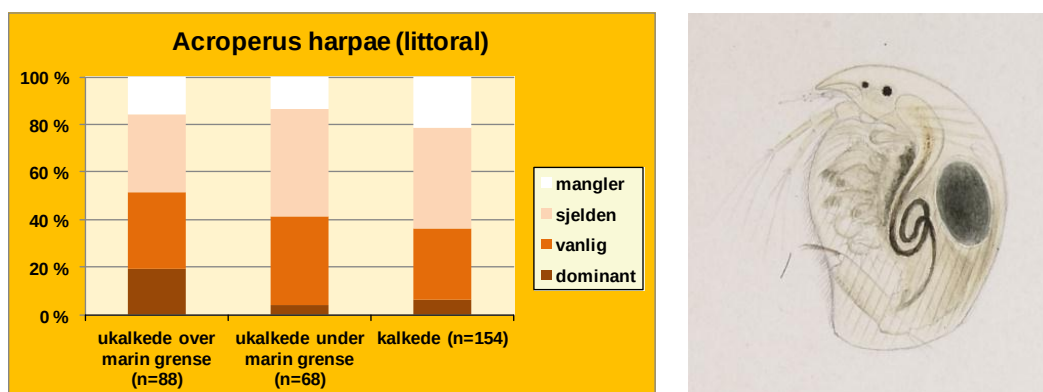
Figur 31. Forekomsten til *Alonopsis elongata* i ukalkede vann over og under marin grense samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 31. Occurrence of *Alonopsis elongata* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

Størst andel ble funnet i en juni-prøve fra Trolldalsvatn der den utgjorde 39,8% av individene. I ukalkede vann over marin grense var arten dominant i ca. 20% av prøvene, mens den forekom noe sjeldnere som dominant i kalkede sjøer (16,2%). Interessant er det at i ukalkede vann under marin grense ble den funnet som dominant i kun én prøve. I denne kategorien av sjøer finner vi de mest næringsrike innen nedbørfeltet, dvs slike som ikke favoriserer *A. elongata*. Endetjern, der arten ikke ble påvist, er et godt eksempel da dette vannet hadde det tredje høyeste nivået av totalt fosfor (13,6 µg/l).

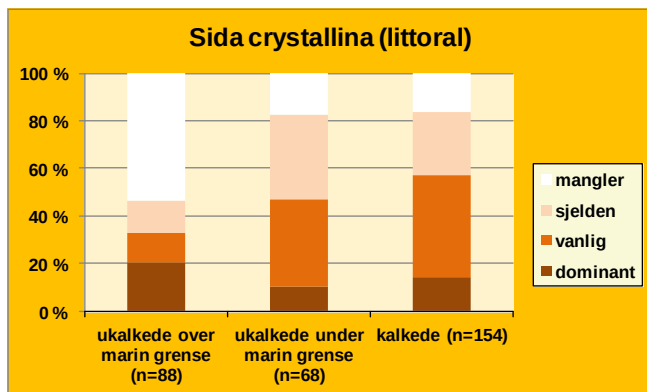
Ved siden av rovformen *P. pediculus* var *Acroperus harpae* den eneste arten som ble påvist i samtlige vann. Den forekom i like mange prøver som *A. elongata*, men var noe sjeldnere dominant art (**figur 32**). I Enningdalsvassdraget ble arten funnet i omtrent like stor andel av prøvene fra ukalkede vann over og under marin grense og i kalkede vann. I antall utgjorde den oftere enn større andel av individene i ukalkede vann over marin grense (ca. 20%) enn den gjorde i vann under marin grense og i kalkede vann (<6,5%). Størst andel av *A. harpae*, med 59,7%, ble registrert i en høstprøve fra Korstjern, som ligger over marin grense øst for Søndre Boksjø. I en av prøvene fra juni i samme vann utgjorde arten 20,4%. I Ørsjøen utgjorde arten respektive 40,5% og 25,7% i de to høstprøvene, mens den utgjorde 29,8% og 22,5% i Søndre Boksjø, også dette i høstprøver. I snitt utgjorde arten 1,6% og 4,8% av individene i henholdsvis juni- og augustprøver.

Sida crystallina (**figur 33**), eller krystallkreps på norsk, er den største av de littorale krepsdyrene, og også en av de få artene med norsk navn. Hunnen kan bli opp til 4 mm, mens hannen er



Figur 32. Forekomsten til *Acroperus harpae* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 32. Occurrence of *Acroperus harpae* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

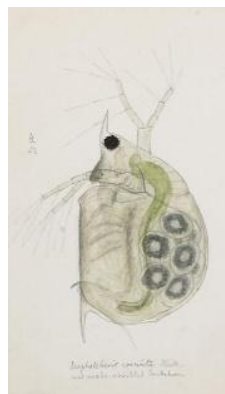
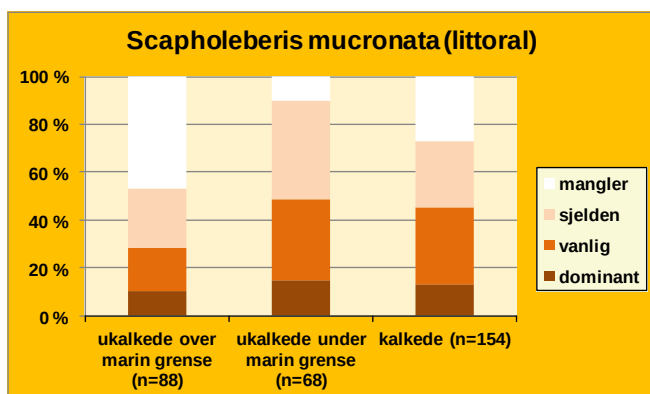


Figur 33. Forekomsten til *Sida crystallina* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 33. Occurrence of *Sida crystallina* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

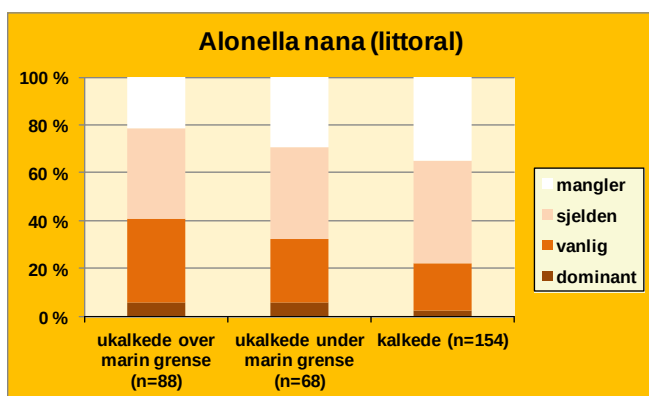
noe mindre (2,2 mm). Den er utbredt over hele landet, men forekommer noe mer spredt i nord enn sør i landet. Andel lokaliteter med arten blir færre over 100 m o.h. Den er noe mindre vanlig i små sammenlignet med store vannforekomster, og kan ofte bli funnet i store tettheter under bladene til nøkkerose. I Enningdalsvassdraget ble den funnet mindre hyppig i prøver fra ukalkede lokaliteter over marin grense (ca. 50%), enn under marin grense og i kalkede lokaliteter (>80%). Når det gjaldt dominans, forekom dette derimot oftere i de ukalkede vannene over marin grense (**figur 33**). Dominans ble oftest registrert i ukalkede vann over marin grense, og i de to vannene øst for Nordre Boksjø, Gravedalsvatn og Tangetjenn, utgjorde arten respektive 92,3% og 88,1% av individene i en høstprøve. Liksom for *A. harpae* utgjorde arten i gjennomsnitt større andeler i augustprøvene (1,5%) enn i juniprøvene (4,0%).

Scapholeberis mucronata (**figur 34**) er liksom *S. crystallina* noe vanligere sør i Norge enn i nord. Den fins imidlertid spredt helt opp til Finnmark. Arten er karakterisert ved at den er mørkere enn mange av de andre krepssdyrene, og ofte har den en torne foran på hodet. Arten er vanligst i de lavereliggende deler og er kun funnet i noen fåtalls lokaliteter over 1000 m o.h.. Den er tolerant i forhold til pH, men er noe mindre vanlig i de mest elektrolyttfattige lokalitetene. I Enningdalsvassdraget var den vanligst under marin grense, men den kunne like gjerne dominere i prøver fra ukalkede lokaliteter over marin grense. Blant vannene der den ble registrert med størst dominans, var mange kalket. I prøver fra Søndre Boksjø (77,9%), Ellefsrødvatn (75,0%) og Fågeltjärnet (62,7%) ble det registrert størst andeler av *S. mucronata*. Alle tre innsjøene er blitt kalket. Otertjern er eksempel på et ukalket vann over marin grense der det også ble registrert en høy andel av arten (41,7%).



Figur 34. Forekomsten til *Scapholeberis mucronata* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 34. Occurrence of *Scapholeberis mucronata* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

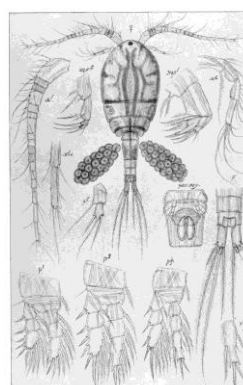
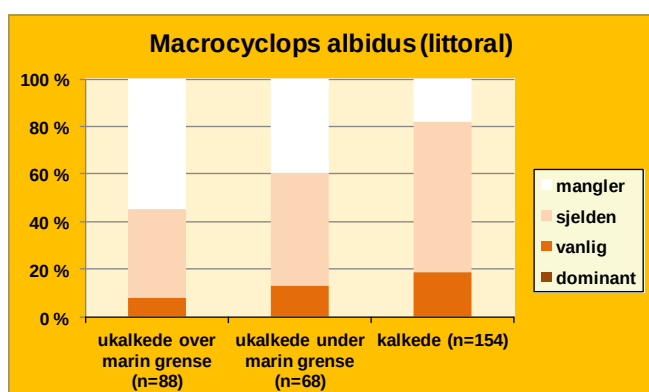


Figur 35. Forekomsten til *Alonella nana* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 35. Occurrence of *Alonella nana* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

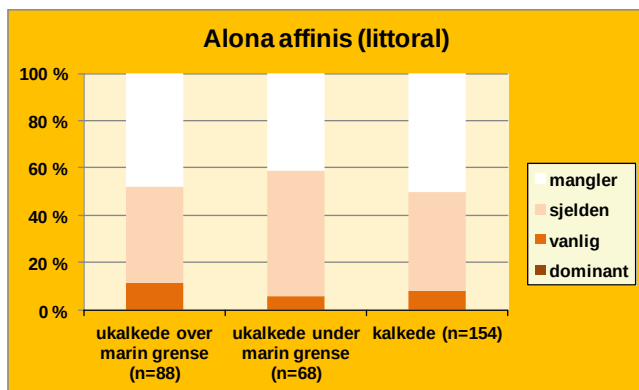
Alonella nana (**figur 35**) er den minste av våre vannlopper, og voksne individer blir ikke større enn 0,2-0,3 mm. Arten har en vid utbredelse og er funnet i nesten halvparten av alle undersøkte lokaliteter i Norge. Den forekommer noe sjeldnere i høyereliggende områder enn i lavlandet, men er likevel registrert helt opp til 1390 m o.h. Arten er lett kjennbar på sin karakteristiske striping og kulerunde kropp. I Enningdalsvassdraget forekom den hyppigst i prøver fra ukalkede vann over marin grense (ca. 80% av prøvene). Her var den også oftest vanlig eller dominant. I Bastelitjern utgjorde den hele 34,5% av individene i en av prøvene fra juni. I Gyltetjern, et annet ukalket vann over marin grense, utgjorde arten respektive 24,6% og 19,6% i de to juniprøvene. Selv om arten dominerte mest i de sure vannene over marin grense, ble det i Kols-torpevatn og Aspen, som er to ukalkede og eutrofe vann under marin grense, funnet respektive 24,3% og 18,6%.

Macrocyclus albidus (**figur 36**) er den eneste hoppekrepsen som forekom i mer enn halvparten av prøvene. Også på landsbasis er arten en av våre vanligste og er registrert i ca. 25% av alle undersøkte lokaliteter. Den er en av våre største cyclopoide copepoder der hunnen kan bli opptil 2,5 mm. Den er vanligst i lokaliteter under 500 m o.h. der den forekommer i mer enn 40% av lokalitetene. Selv om den blir funnet ved lav pH, blir den funnet oftere i vann med høyere pH og også med høyere elektrolyttinnhold. Det er derfor ikke uventet at i Enningdalsvassdraget forekom arten i nesten dobbelt så mange av prøvene fra kalkede vann som fra ukalkede vann over marin grense. Den ble aldri funnet som dominant i noen prøve. Størst andel (8,6%) utgjorde den i én prøve fra Bordtjern i august.



Figur 36. Forekomsten til *Macrocyclus albidus* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 36. Occurrence of *Macrocyclus albidus* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

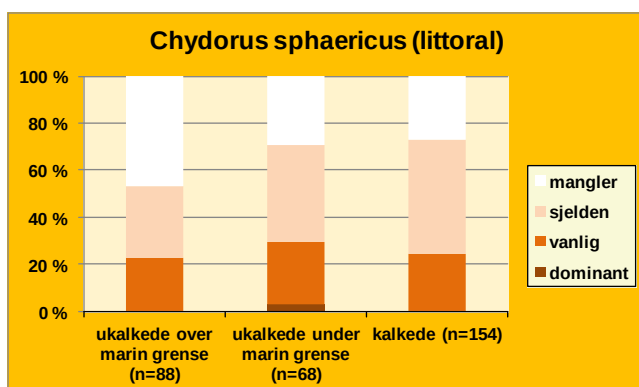


Figur 37. Forekomsten til *Alona affinis* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 37. Occurrence of *Alona affinis* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

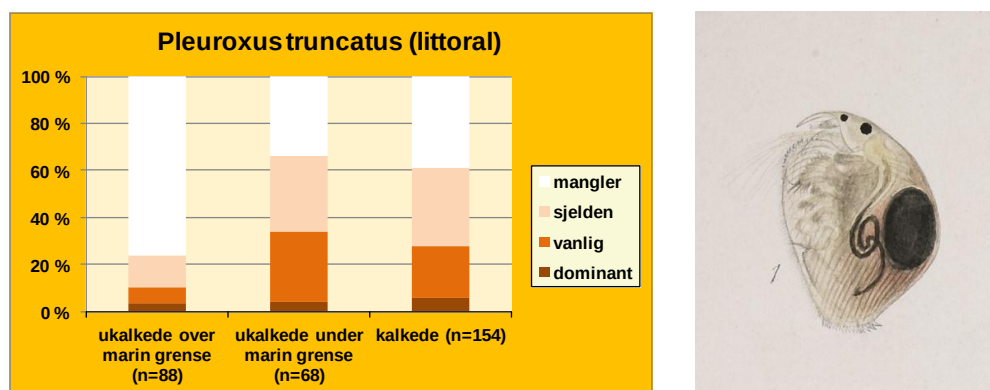
Alona affinis (figur 37) tilhører den mest artsrike chydorideslekten, og er dessuten den største av til sammen 10 arter som er funnet i Norge. Hunnen kan bli opptil 1,3 mm. Arten har en vid utbredelse og er funnet i 43% av alle undersøkte lokaliteter i Norge. Den har en vid økologisk toleranse. Forekomsten er noe større i lavlandet enn i fjellet der den er funnet opptil 1396 m o.h. Den er også noe vanligere i littoralsonen til større innsjøer enn i småvann og i dammer. I Enningdalsvassdraget dominerte den ikke i noen prøver selv om den ble funnet i mer enn halvparten. I Damtjern, som drenerer til Elgåa, utgjorde arten 7,8% i en av prøvene fra august.

Chydorus sphaericus (figur 38) har en vid utbredelse og er en av våre vanligste krepsdyr som er funnet i 67% av alle undersøkte lokaliteter. Den er en av våre minste cladocerer, og voksne individer blir ikke større enn 0,3-0,5 mm. *C. sphaericus* kan av kroppsfasong minne om *A. nana*, men den mangler de karakteristiske stripene som *A. nana* har. Arten har en vid utbredelse og er funnet i alle slags lokaliteter. I forhold til forekomsten i landet for øvrig var den noe mindre vanlig i Enningdalsvassdraget, der den forekom oftere under enn over marin grense. Den ble kun funnet å dominere i prøver fra ukalkede vann over marin grense. Størst andel utgjorde den imidlertid i Kirkevatn med 49,9% av individene i en prøve fra forsommeren. Dette vannet ligger i selve hovedvassdraget og er karakterisert ved stor vanngjennomstrømning. Vannkvaliteten er god som følge av kalking i vassdraget oppstrøms.



Figur 38. Forekomsten til *Chydorus sphaericus* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

Figure 38. Occurrence of *Chydorus sphaericus* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).



Figur 39. Forekomsten til *Pleuroxus truncatus* i ukalkede vann over og under marin grense, samt i kalkede vann (sjelden <1%, vanlig 1-10%, dominant >10%).

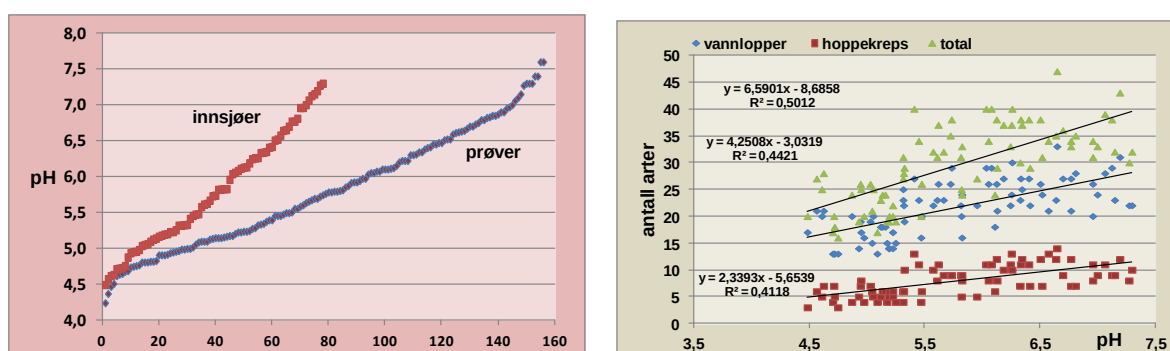
Figure 39. Occurrence of *Pleuroxus truncatus* in non-limed lakes above and below the marine limit and in limed lakes (rare <1 %, common 1-10 %, dominant >10 %).

Pleuroxus truncatus (figur 39) er den vanligste av seks arter som tilhører denne slekten. Den er lett å kjenne igjen på de karakteristiske taggene bak på kroppsskjoldet. På landbasis er den funnet i ca. 20% av alle ferskvannsforekomster og har en mer spredt forekomst i nord enn i sør. I Enningdalsvassdraget ble den funnet i 52% av lokalitetene. Den er relativt sjelden i de mest elektrolyttfattige lokalitetene, noe som samsvarer godt med hva vi også fant i Enningdalsvassdraget. Her ble den funnet i 24% av prøvene fra ukalkede lokalitetene over marin grense, mot >60% av prøvene fra kalkede og ukalkede lokaliteter under marin grense. Størst dominans ble registrert i Danmarkstjern og Rødsvatn der arten utgjorde respektive 58,6 og 51,0% av individene i prøver fra august. Den kunne også være dominant i juni.

5.2.4 Krepsdyr og pH

Artsantall og pH

pH-målinger fra enkeltbesøk (juni og august, n=156) og i gjennomsnitt (juni og august, n=78) fordeler seg jevnt på intervallet mellom pH 4,2 og 7,6 (figur 40). Dette gjør det mulig å framstille artsforekomster/fordeling mellom taxa og pH. Antall vannlopper og hoppekreps plottet mot pH gir en signifikant økning i artsantall med pH. Mange vann har imidlertid en artsrikdom som avviker fra trendlinjene. Dette kan delvis forklares ved at kalking har pågått over en relativt kort periode, og at vannene ikke har fått den artsrikdommen en skulle forvente ut i fra pH. Ennå viktigere er bidraget fra andre variabler som også er med på å bestemme artsrikdommen (jf. nes-



Figur 40. pH i 78 innsjøer og 156 prøver dvs alle vann representert med sommer og høstprøve (til venstre) og antall vannlopper og hoppekreps i forhold til pH.

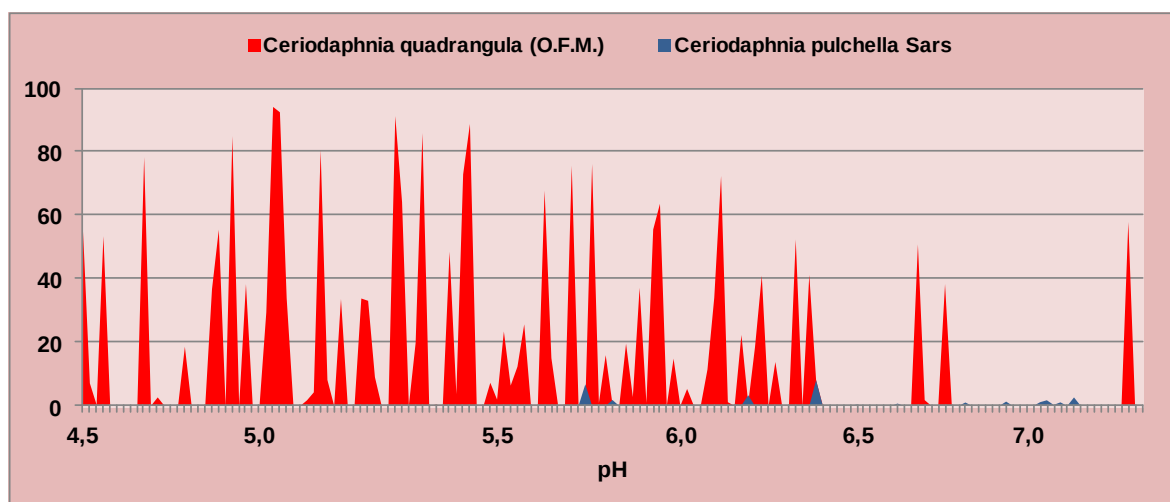
Figure 40. pH in 78 lakes (autumn samples, red, summer and autumn samples, blue)(left) and species number of cladoceran (blue) and copepods (red) in relation to pH.

te kapittel). Kirkevatn framstår som en "outlayer" med sine 47 arter og pH 6,65. Dette er et vann som har hatt en relativt stabil pH da det ligger i hovedelva nedstrøms de store innsjøene. pH målt oppstrøms, dvs ved utløp av Nordre Bullaresjön, viser at pH har ligget på 6,0-tallet i mer enn 30 år.

Planktonsamfunn og pH

Forholdet i tetthet mellom vannlopper og hoppekreps endrer seg ikke langs en pH skala, og er ikke vist i Enningdalsvassdraget. Begge gruppene kan dominere planktonsamfunnet totalt ved både høy og lav pH.

Ceriodaphnia sp. som er en slekt som i Norge er representert med syv arter hvorav to, *C. quadrangula* og *C. pulchella*, kan forekomme både i planktonet og inne i littoralsonen. De øvrige fem artene er regnet som littoralformer, eventuelt damformer. *C. quadrangula* er som også tidligere vist, en av de artene som oftest dominerer planktonsamfunnene og total dominans forekommer ofte (**figur 41**). Ved pH > 6,5 forekommer arten mer sjelden, men de tre gangene den er tilstede, er den også da dominant. *C. pulchella* dominerer derimot aldri, og største frekvens registrert for denne arten var 8,1%. Laveste pH i et vann der arten ble funnet, var 5,69 (Stenerødvatn). Sameksistens mellom de to artene forekom i åtte lokaliteter. Til tross for at det er overlapp mellom de to artene, kan det konkluderes med at *C. pulchella* er assosiert med høyere pH enn *C. quadrangula*.

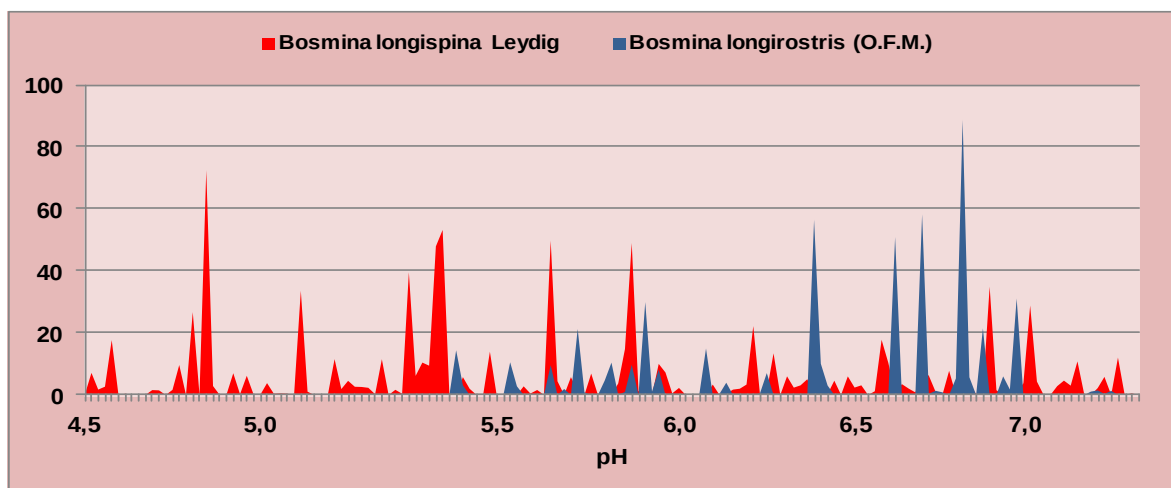


Figur 41. Forekomst (%) av *Ceriodaphnia quadrangula* og *C. pulchella* langs en pH-gradient.

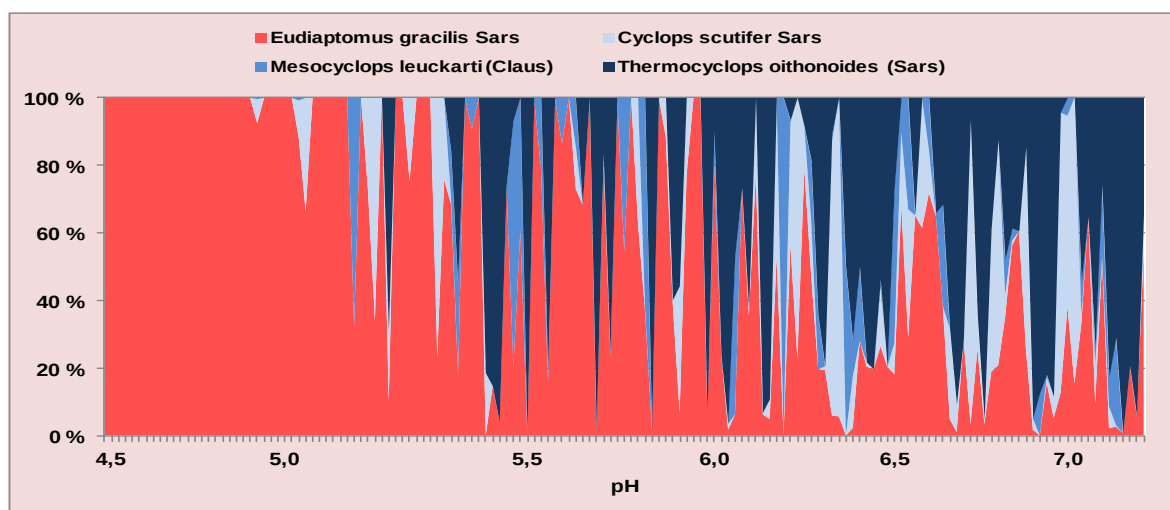
Figure 41. Occurrence (%) of *Ceriodaphnia quadrangula* and *C. pulchella* along a pH-gradient.

De to slektningene *Bosmina longispina* og *B. longirostris* viser noe av det samme mønsteret i forekomst (**figur 42**) som de to *Ceriodaphnia*-artene. *B. longispina* er en art som kan dominere langs hele pH-skalaen. Tilfellene med hyppigst størst dominans (>40%) finner vi imidlertid når pH < 6,0. Tilsvarende finner vi like stor dominans for *B. longirostris* når pH > 6,0. pH 5,3 var laveste målte pH i en prøve der denne arten ble funnet.

Sammensetningen av de fire dominerende hoppekrepsene, *Eudiaptomus gracilis*, *Cyclops scutifer*, *Mesocyclops leuckarti* og *Thermocyclops oithonoides*, endrer seg markant når vi forflytter oss fra de sure til de ikke sure vannene. I prøver fra de sureste lokalitetene er *E. gracilis* enerådende. I Damtjern ved Lerbekk, der pH i august ble målt til 4,98, ble imidlertid også *C. scutifer* og *M. leuckarti* funnet i planktonprøvene. *E. gracilis* var også her dominerende hoppekreps. Som det framgår av figuren tar de cyclopoide hoppekrepsene gradvis over ettersom pH øker (**figur 43**). I figuren er det kun sett på sammensetningen av hoppekrepsene som ble talt opp i prøvene. Oftest er det *T. oithonoides* som dominerer. Det er likevel ikke noe som tyder på at *E. gracilis* blir konkurrert helt ut, da den også kan dominere i vann ved pH > 7,0.



Figur 42. Forekomst (%) av *Bosmina longispina* og *B. longirostris* langs en pH-gradient.
Figure 42. Occurrence (%) of *Bosmina longispina* and *B. longirostris* along a pH-gradient.

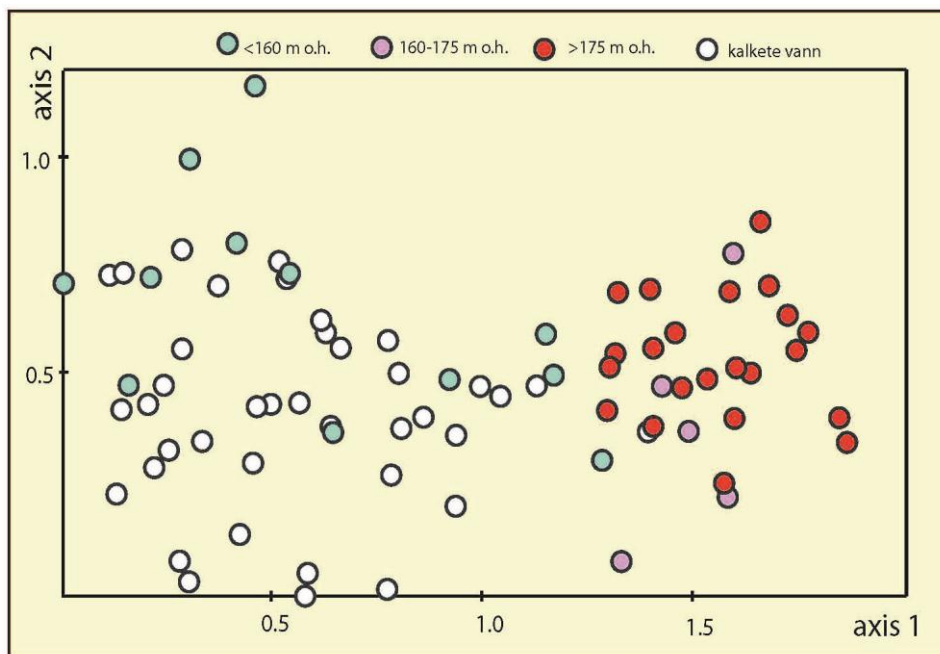


Figur 43. Forekomsten til fire arter av hoppekreps langs en pH-gradient.
Figure 43. Occurrence (%) of four copepod species along a pH-gradient.

5.2.5 DCA-analyser

Multivariate analyser basert på forekomst/fravær-data fra til sammen 78 vann (2002-2009) ble analysert ved hjelp av DCA-ordinasjon (jf. metodekapittelet) (**figur 44**). I tillegg til 60 vann som inngår i undersøkelsen fra norsk side av Enningdalsvassdraget, er 18 vann fra den svenske delen av vassdraget tatt med i denne analysen. Nedveiing av sjeldne arter ble benyttet. Erfaring fra andre undersøkelser som inkluderer lokaliteter med et stort spenn i pH, er at DCA-analyser resulterer i ordinasjonsplott der variasjonen langs 1-aksen er sterkt korrelert med pH. Hvorvidt pH direkte eller indirekte påvirker artsinventaret, tar vi ikke stilling til. Akse 1 forklarte 22,4 % av totalvariasjonen i materialet, mens 2-aksen bidro med ytterligere 6,3%. Lengden til 1-aksen var 1,8, mens 2-aksen var 1,4 SD-enheter.

Da undersøkelsene startet opp i Enningdalsvassdraget ble ukalkede vann under marin grense, dvs vann beliggende under ca 174 m o.h., karakterisert som svakt sure referanse vann. Disse skilte seg ut fra de ukalkede vannene som lå over marin grense ved at de hadde 0,5-1,0 enhe-



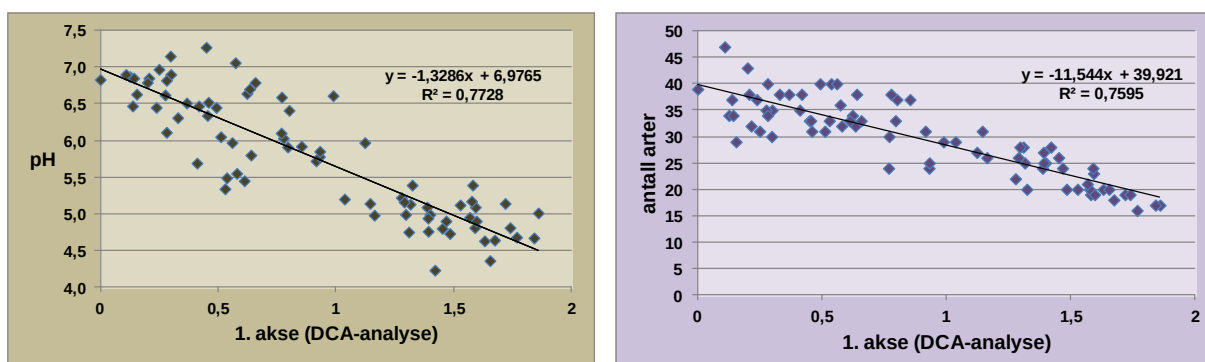
Figur 44. DCA-ordinasjon av krepsdyrfaunaen (forekomst/fravær) til 78 vann i Enningdalsvassdraget fra perioden 2000-2009.

Figure 44. DCA-ordination of crustacean community (presence/absence) found in 78 lakes from the catchment of River Enningdalsvassdraget sampled in the period 2000-2009.

ter høyere pH, og ved at de hadde en annen sammensetning av krepsdyrarter. Erfaringen i dag, ni år etter oppstarten av prosjektet, er at både med hensyn til pH og krepsdyrfauna ser det ut til at grensen går ved ca. 160 m o.h. Som det framgår, er vannene mellom 160 og 175 m o.h. karakterisert ved at de har en krepsdyrfauna hovedsakelig sammensatt av survannstolerante arter, og i DCA-plottet (**figur 45**) plasserer de seg sammen med ukalkede vann over marin grense.

Korrelasjonen mellom pH og 1-aksen var høyst signifikant ($r^2=0,77$, $p<0,001$) (**figur 45**). Figuren er basert på alle de 78 undersøkte vannene. Vi har valgt å bruke pH målt i august da slike data foreligger fra samtlige vann. God korrelasjon mellom pH og 1-aksen er ikke uventet da erfaringer fra andre undersøkelser der lokalitetene representerer et spenn med hensyn til pH, er at 1-aksen er sterkt korrelert med pH (Hann & Turner 2000, Schartau m.fl. 2001). Korrelasjonen mellom artsantall og akse-1 var også høyst signifikant ($r^2=0,77$, $p<0,001$).

Vannprøver fra de 60 undersøkte vannene på norsk side ble analysert for en rekke forskjellige variabler, og det ble gjort en DCA-analyse på kun dette datasettet. I tillegg til at 1-aksen var



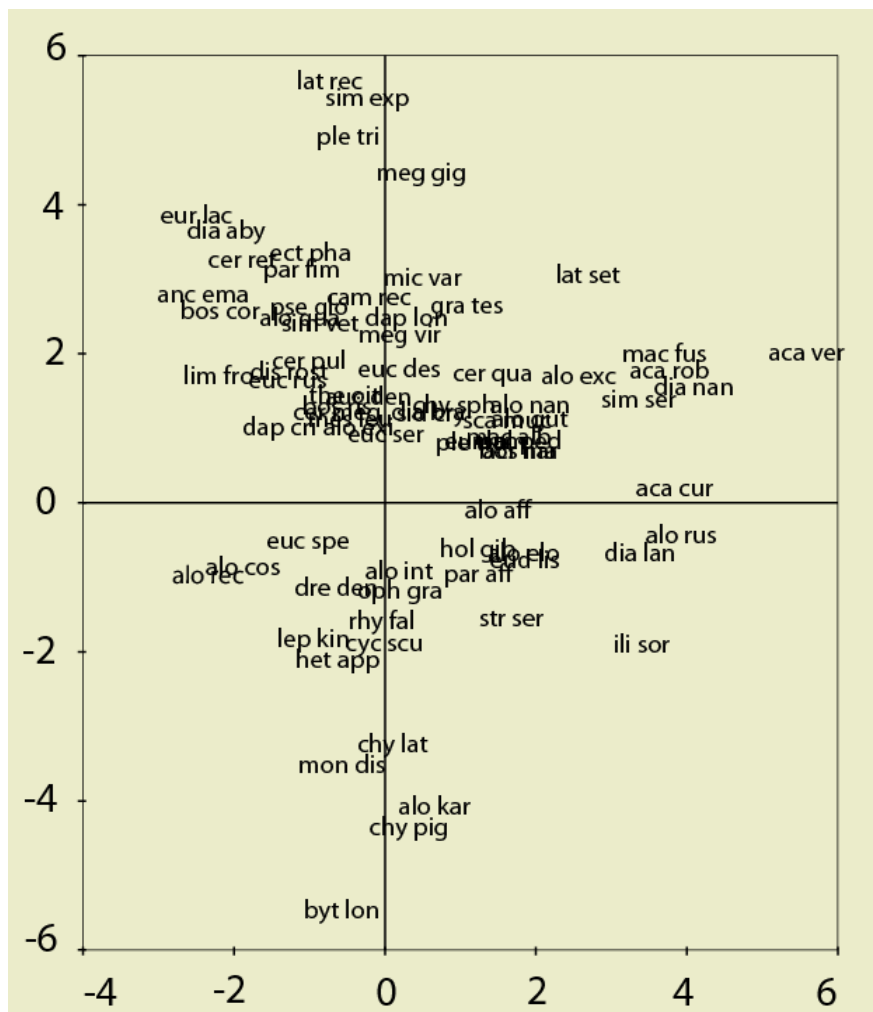
Figur 45. Korrelasjon mellom pH og akse 1 (venstre) og artsantall og akse 1).

Figure 45. Correlation between pH and axis 1 (left) and species number.

Tabell 2						
DCA-ordinasjon (forekomst/fravær) og korrelasjon mellom de fire første aksene og et utvalg miljøvariabler (* = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$).						
DCA ordination including all species (presence/absence). <i>r</i> : correlation between environmental variables and the coordinates (Pearson Correlation).						
Only signifant values are included. * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$.						
	1_akse		2_akse		3_akse	4_akse
arter	-0,877	***	-0,154		0,044	0,173
Turb.	-0,100		0,127		0,090	-0,028
Farge	-0,027		0,319	*	-0,111	0,101
Kond-25	-0,514	***	0,225		0,267	*
pH	-0,854	***	-0,269	*	0,047	-0,048
Alk-3	-0,642	***	-0,301	*	-0,042	0,123
Ca	-0,759	***	-0,151		0,113	0,049
Mg	-0,664	***	0,212		0,266	*
Na	-0,380	**	0,324	*	0,253	0,065
K	-0,565	***	0,126		0,198	-0,061
SSS	-0,248		0,083		0,288	*
SO ₄	-0,626	***	-0,270	*	0,116	0,025
Cl	-0,368	**	0,288	*	0,250	0,057
NO ₃	-0,441	***	-0,135		0,288	*
Si	-0,401	**	0,232		0,233	0,053
Al	0,336	**	0,300	*	-0,053	0,150
Tm-Al	0,606	***	0,231		-0,086	0,124
Om-Al	0,437	***	0,258	*	-0,099	0,113
Um-Al	0,773	***	0,134		-0,045	0,116
Pk-Al	-0,035		0,252		0,036	0,148
Tot-P	-0,317		0,181		0,035	0,056
ANC	-0,675	***	0,100		0,125	0,048
TOC	-0,059		0,253		-0,389	0,111

høyst signifikant korrelert til pH og artsantall, er den også korrelert til andre parametre som i sin tur er korrelert med pH. Alkalitet ($r=0,64$, $p < 0,001$), Ca ($r=0,76$, $p < 0,001$), Mg ($r=0,66$, $p < 0,001$), K ($r=0,57$, $p < 0,001$), SO₄ ($r=0,63$, $p < 0,001$), Cl ($r=0,37$, $p < 0,01$), NO₃ ($r=0,44$, $p < 0,001$), Si ($r=0,40$, $p < 0,001$), Tm-Al ($r=-0,61$, $p < 0,001$), Om-Al ($r=0,44$, $p < 0,001$) og Um-Al ($r=0,77$, $p < 0,001$) (**tabell 2**). 1-aksen var også korrelert til ledningsevne ($r=0,51$, $p < 0,001$). 2-aksen var blant annet korrelert til farge ($r=0,35$, $p < 0,05$), som i vår undersøkelse i første rekke gjenspeiler humusinnholdet. I tillegg var aksene korrelert til pH ($r=0,27$, $p < 0,05$), alkalitet ($r=0,30$, $p < 0,05$), Na ($r=0,32$, $p < 0,05$), SO₄ ($r=0,27$, $p < 0,05$), Cl ($r=0,29$, $p < 0,05$), Al ($r=0,30$, $p < 0,05$) og Om-Al ($r=0,26$, $p < 0,001$). Tredje aksene korrelerte med følgende fire parametre: ledningsevne ($r=0,27$, $p < 0,05$), Mg ($r=0,27$, $p < 0,05$), SSS ($r=0,29$, $p < 0,05$) og Om-Al ($r=0,26$, $p < 0,05$).

Artsplottet (**figur 46**) viser hvilke arter som er assosiert med henholdsvis de sure og de kalkede/ukalkede referansevannene. For at 2-aksen ikke skulle bli for lang, har vi ekskludert de fire artene som kun er funnet i Endetjern; *Pleuroxus laevis*, *Paracyclops poppei*, *Cyclops strenus* og *Cryptocyclops bicolor*, samt *D. galeata* som bare ble registrert i Søndre Boksjø. De vanligste artene finner vi sentralt i figuren. Artene til høyre forekommer hyppigst i de sureste lokalitetene og er blitt funnet i alle de sure, ikke kalkede vannene. De survannstolerante artene *A. curvirostris* (aca cur), *A. rustica* (alo rus) og *D. nanus* (dia nan) er slike eksempler. Vannloppene *Ceriodaphnia quadrangula* (cer qua), *Alonella excisa* (alo exc), samt hoppekrepsene *Macrocyclus fuscus* (mac fus) og *Achanthocyclops robustus* (ach rob), opptrer også hyppigere i sure enn i nøytrale vann.



Figur 46. Artsplottet basert på DCA-analysen presentert i figur 44.

Figure 46. Species plot based on the DCA-analysis resented in figure 44.

Vannloppene *Limnosida frontosa* (lim fro) *Alona costata* (alo cos) sammen med hoppekrepsen *Eucyclops macrurus* (euc mac) er kun assosiert med lokaliteter der pH>6,0 (Walseng 1998). Det samme er tilfelle med vannloppene *Ceriodaphnia megops* (cer meg), *C. pulchella* (cer pul), *Ophryoxus gracilis* (oph gra) og *Leptodora kindti* (lep kin) som alle forekommer i ca. halvparten av vannene.

6 Oppsummering og konklusjon

I denne rapporten har vi vist at sammensetningen av krepsdyrfaunaen i Enningdalsvassdraget (vannlopper og hoppekreps) reflekterer tilstanden med hensyn til vannkvalitet. Det er forskjeller både mellom kalkede og ukalkede lokaliteter og mellom ukalkede lokaliteter avhengig om de ligger over eller under marin grense. Både diversitet, artssammensetning og dominansforhold gir verdifull informasjon om tilstanden.

Hovedfokus av forsureingsskader på ferskvannsfaunaen var lenge kun rettet mot Sørlandet og Sørvest-Norge. Også de sørøstlige deler av landet har imidlertid også vært hardt rammet av sur nedbør, og Enningdalsvassdraget øst for Halden et godt eksempel på dette. Vassdraget tilhører en region som er karakterisert ved et stort artsmangfold både mht invertebrater og fisk. Enningdalsvassdraget er et grensevassdrag til Sverige med nesten 2/3 av arealet på svensk side. Riksgrensen går blant annet gjennom Søndre Boksjø og Nordre Kornsjø.

Siden tidlig på 1900-tallet har vassdraget vært sterkt rammet av sur nedbør, med store skader på invertebrater og fisk. For å bøte på skadene har vassdraget vært kalket i lenger tid. Det begynte så tidlig som i 1973, som privatpersoner og lokale fiskeforeninger stod bak. Storskalakalking begynte i Søndre Boksjø som fra svensk side ble kalket første gang i 1980. Senere på 1980-tallet ble det startet kalking i regi av Fylkesmannen og Direktoratet for naturforvaltning (DN), og i 1985 ble Nordre Boksjø kalket for første gang. I de senere årene er det også registrert en bedring av vannkvaliteten både på grunn av kalking og som følge av reduserte utslipp.

Krepsdyrfaunaen har vist seg å være egnet som indikator for forurensingssituasjonen. Til sammen er det registrert 130 arter i Norge (80 arter vannlopper og 50 arter hoppekreps) som alle har forskjellig optimum i forhold til pH. I 2001 bevilget Direktoratet for naturforvaltning penger til et forprosjekt som blant annet omfattet undersøkelser av planktoniske og littorale krepsdyr i 17 innsjøer i Enningdalsvassdraget. I årene 2002-09 ble 60 innsjøer med innsjøareal større enn 1,5 daa prøvetatt etter samme design, dvs to planktoniske og to littorale prøver sommer og høst. Materialet inkluderte kalkede og ikke-kalkede lokaliteter både over og under marin grense. I tillegg er 18 vann på svensk side av Enningdalsvassdraget prøvetatt i 2005 og 2006, mens ytterligere to ble prøvetatt i 2009/10. Også fra tidligere foreligger informasjon om krepsdyrfaunaen i Enningdalsvassdraget, der blant annet Boksjøene samt flere mindre vann i samme område er blitt undersøkt ved flere anledninger (Borgstrøm m.fl. 1974, Walseng & Hansen 1994, Walseng & Karlsen 1997, Raddum m.fl. 1998, Walseng & Hesthagen 2011).

De kalkede vannene hadde en gjennomgående høyere pH enn de ukalkede, respektive pH 6,3 og 5,2. I ukalkede lokaliteter over marin grense var gjennomsnittlig pH 4,8 mot 5,5 under marin grense. pH og Ca var sterkt korrelert, der alle de ukalkede vannene over marin grense hadde Ca < 1,5 mg/l. Vannene er svært humuspåvirket og karakterisert ved et høyt innhold av TOC, som varierte fra 4,3 til 31,7 mg C pr. liter. Det er en klar sammenheng mellom TOC og farge (Pt/l). Også med hensyn til fosfor var det en klar forskjell mellom vann over og under marin grense, respektive 3,8 µg P/L og 9,9 µg P/L.

Det er tilsammen registrert 87 arter krepsdyr fordelt på 58 vannlopper og 29 hoppekreps i Enningdalsvassdraget. Seks arter, tre vannlopper (*Simocephalus expinosus*, *Iliocryptus sordidus* og *Alona karelica*) og tre hoppekreps (*Paracyclops poppei*, *Megacyclops gigas* og *Diacyclops languidus*), var nye for fylket, der totalt artsantall nå har passert 100. I tillegg til arter som var nye for fylket, bør nevnes *Eurythemora lacustris* som er den mest sjeldne. Dersom vi også inkluderer den svenske delen av Enningdalsvassdraget, kan vi som tidligere antydte tilføye ytterligere syv arter til artslista; vannloppene *Ceriodaphnia reticulata*, *D. cucullata*, *D. longiremis* og *Oxyurella tenuicaudis* samt hoppekrepsene, *Eurythemora velox*, *Cyclops abbyssorum* og *Microcyclus varicans*.

Antall krepsdyrarter i vår undersøkelse, som kun er basert på to besøk, varierte fra 16 arter (13 arter vannlopper og seks arter hoppekreps) i Kutjern til 47 arter i Kirkevatn (33 arter vannlopper

og 14 arter hoppekreps). I gjennomsnitt ble det funnet 22 vannlopper og 8 hoppekreps pr. lokalitet. Søndre Bullaresjön og Alsnässjön som ble prøvetatt i forbindelse med et delprosjekt i 2009 og 2010 (sammenligning av norske og svenske bedömningsgrunder), hadde respektive 49 og 48 arter. Tatt i betraktning at det er registrert 130 arter i Norge, noen flere i Sverige, må dette betraktes som artsrike vann.

Bare to arter, *Acroperus harpae* og *Polyphemus pediculus*, er registrert i samtlige innsjøer. *Bosmina longispina* manglet i ett vann, mens ytterligere åtte arter ble registrert i mer enn 90 % av innsjøene (*Alonopsis elongata*, *Scapholeberis mucronata*, *Eudiaptomus gracilis*, *Alona affinis*, *Alona affinis* *Alonella nana*, *Chydorus sphaericus*, *Macrocyclus albidus* og *Alona guttata*). Blant de vanligste artene var det kun en calanoid hoppekreps, *E. gracilis*, og en cyclopoid hoppekreps (*M. albidus*). Det er kun *B. longispina* og *E. gracilis* som også kan karakteriseres som planktoniske arter.

Calanoiden var *Eudiaptomus gracilis* ble registrert i planktonprøver fra flest vann, og i gjennomsnitt utgjorde den størst andel av planktonprøvene (17 %). *Ceriodaphnia quadrangula* og *Thermocyclops oithonoides* opptre tallrikt når de først forekommer. *D. brachyurum* er et eksempel på det motsatte, dvs en art som fins i mange prøver, men som sjelden eller aldri fins i store mengder. I fortsettelsen blir de viktigste artene i planktonsamfunnet presentert enkeltvis.

I planktonet var dominans av *E. gracilis* og *B. longispina* sjeldnere i kalkede enn i ukalkede sjøer. *Ceriodaphnia quadrangula* var vanligst i ukalkede lokaliteter under marin grense. *Daphnia cristata* og *Bosmina longirostris* ble ikke påvist i ukalkede vann over marin grense. Under marin grense er *D. cristata* registrert i 40% av prøvene. *Holopedium gibberum* er både vanligere og dominerer oftere i kalkede enn i ukalkede vann. De tre cyclopoidene *Cyclops scutifer*, *Mesocyclops leuckarti* og *Thermocyclops oithonoides* sameksisterte i hele 17 vann, og er alle favorisert av kalking. *Limnosida frontosa* og *Leptodora kindti* er sannsynligvis kommet inn etter kalking, mens *Bythotrephes longimanus* er noe mer tolerant og har vært der hele tiden. *Heterocope appendiculata* ble funnet i 14 av de kalkede vannene og i fire ukalkede vann under marin grense, og den manglet helt over marin grense.

Artplottene fra to DCA-analyser basert på forekomst/fravær viser at *C. scutifer* og delvis *M. leuckarti* utgjør en slags mellomstilling, der vi til venstre finner fem arter som er typiske for de mest sure og humøse lokalitetene over marin grense. Legger vi frekvensdata til grunn, skiller *C. quadrangula* seg klarere ut siden arten ofte dominerer i prøver fra ukalkede vann over marin grense.

Antall individer varierer fra mindre enn 100 pr. m³ til ca. 100 000 pr. m³. Både kalkede og ukalkede vann, over og under marin grense, viste et stort spenn med hensyn til individtettheter. Prøver med mer enn 10 000 ind/m³ stammer i hovedsak fra kalkede lokaliteter. Gjennomsnittet for kalkede innsjøer var 16 000 ind/m³, mot 11 500 ind/m³ og 9 000 ind/m³ for ukalkede lokaliteter, respektive over og under marin grense.

Basert på 310 enkeltprøver fra littoralsonen ble det påvist 78 arter og i snitt ble det funnet 11 vannloppe- og fire hoppekrepsarter pr. prøve. Til sammen 38 arter ble påvist i mer en 10% av prøvene, mens følgende vannlopper ble funnet i mer enn halvparten av prøvene; *Sida crystallina* (72,9%), *Scapholeberis mucronata* (71,0%), *Alonella nana* (70,0%), *Chydorus sphaericus* (66,8%), *Alona affinis* (52,6%) og *Pleuroxus truncatus* (51,6). *Macrocyclus albidus* (66,8%) var den vanligste hoppekrepsen og er en ren littoral form.

P. pediculus og *B. longispina* var tallmessig de to vanligste artene og utgjorde respektive 22,5% og 20,7% av totalt antall individer i prøvene. *P. pediculus* er favorisert av kalking og var dominant (>10%) i 60% av prøvene fra kalkede vann i motsetning til 30% i ukalkede vann over marin grense. *Alonopsis elongata* var dominant i ca. 20% av prøvene fra ukalkede vann over marin grense, mens den forekom noe sjeldnere som dominant i kalkede sjøer (16,2%). I ukalkede vann under marin grense ble den funnet som dominant i kun én prøve. *Acroperus harpae* ble

sammen med *P. pediculus* påvist i samtlige vann, og i antall utgjorde den oftest en høy andel av individene i ukalkede vann over marin grense (ca. 20%).

Sida crystallina, som er den største av de littorale krepsdyrene, ble funnet mindre hyppig i prøver fra ukalkede lokaliteter over marin grense (ca. 50%) enn under marin grense og i kalkede lokaliteter (>80%). Den dominerte derimot oftere i prøver fra ukalkede lokaliteter over marin grense. *Scapholeberis mucronata*, *Macrocyclus albidus*, *Chydorus sphaericus* og *Pleuroxus truncatus* var vanligst i kalkede vann og under marin grense, mens det motsatte var tilfelle for *Alonella nana*.

Ceriodaphnia-artene *C. quadrangula* og *C. pulchella* responderer forskjellig med hensyn til pH, der *C. quadrangula* forekommer sjelden ved pH > 6,5. Den er aldri blitt funnet når pH < 5,6. Samme mønster ble registrert for slektingene *Bosmina longispina* og *B. longirostris*, der *B. longispina* kan dominere langs hele pH-skalaen, mens *B. longirostris* er vanligst når pH > 6,0.

I prøver fra de sureste lokalitetene er *E. gracilis* enerådende, mens de tre hoppekrepsene *Cyclops scutifer*, *Mesocyclops leuckarti* og *Thermocyclops oithonoides* alle kan være dominerende art når pH er gunstig.

DCA-ordinasjon basert på forekomst/fravær-data fra til sammen 78 vann, resulterte i et plott der variasjonen langs 1-aksen er sterkt korrelert med pH og artsantall. Akse 1 forklarte 22,4 % av totalvariasjonen i materialet, mens 2-aksen bidro med ytterligere 6,3%. Lengden til 1-aksen var 1,8, mens 2-aksen var 1,4 SD-enheter. Alle de ukalkede vannene over 160 m o.h. var assosiert med den "sure enden" av akse 1.

I tillegg til at 1-aksen var høyst signifikant korrelert til pH og artsantall, er den også korrelert til andre parametre som i sin tur er korrelert med pH, som alkalitet, Ca, Mg, K, SO₄, Cl, NO₃, Si, Tm-Al, Om-Al, UmAl og ledningsevne. 2-aksen var korrelert til farge som i vår undersøkelse i første rekke gjenspeiler humusinnholdet.

Artsplottet viste at de survannstolerante artene *A. curvirostris*, *A. rustica* og *D. nanus* var assosiert med lav pH, mens vannloppene *Limnosida frontosa*, *Alona costata*, *C. megops*, *C. pulchella*, *Ophryoxus gracilis* og *Leptodora kindti* sammen med hoppekrepsen *Eucyclops macrurus* var assosiert med den andre enden av denne aksen.

7 Referanser

- Alenäs, I. 1986. Kalkningsprosjektet Härskogen 1976-86. Swedish Environm. Res. Inst., B 846.
- 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. 71 s.
- Dahl, K. 1921. undersøkelser over ørretens utdøden i det sydligste Norges fjeldvatn. Norges Jæger- og fiskeforenings tidsskrift 50: 249-267.
- Dannevig, A. 1959. Nedbørens innflytelse på vassdragets surhet, og på fiskebestanden. - Jeger og Fisker 3: 116-118.
- DeMott, W.R. 1982. Feeding selectivities and relative ingestion rates in *Daphnia* and *Bosmina*. Limnol. Oceanogr. 27: 518-527.
- Drabløs, D. & Tollan, A. 1980. Proc. Int. Conf. ecol. Impact Acid Precipitation, Sandefjord, Norway.
- Drenner, R. W. & McComas, S.R. 1980. The role of zooplankton escape ability and fish size selectivity in the selective feeding and impact of planktivorous fish. Evolution and ecology of zooplankton communities. W. C. Kerfoot. New Hampshire, Hanover, N.H., Univ. Press: 587-593.
- Driscoll, C.T., Baker, J.P., Bisogni, J.J. & Schofield, C.L. 1980. Effects of aluminium on fish in dilute acidified waters. Nature 284: 161-164.
- Ekeberg, A.K. & B. Walseng 2000. Kolonisering av tre nyetablerte fangdammer i Trøgstad kommune. NINA - Fagrapport 043: 1-49.
- Elgmork, K. 1966. On the relation between lake and pond plankton. Verh. Internat. Verein. Limnol. 16: 216-221.
- Elgmork, K. and J. A. Eie 1989. Two- and three-year life cycles in the planktonic copepod *Cyclops scutifer* in two high mountain lakes. Holarct. Ecol. 12: 60-69.
- Elgmork, K. 1985. Prolonged life cycles in the planktonic copepod *Cyclops scutifer* Sars. Verh. int. Ver. Limnol. 22: 3154-3158.
- Eriksson, F., Hornström, E., Mossberg, P. & Nyberg, P. 1982. Ekologiska effekter av kalkning i försurade sjöar og vattendrag. Inform. Sötvattenslab, Drottningholm 6-1982. 96 s.
- Eriksson, F., Hornström, E., Mossberg, P. & Nyberg, P. 1983. Ecological effects of lime treatment of acidified lakes and rivers in Sweden. Hydrobiologia 101: 145-164.
- Flössner, D. 2000. Die Haplopoda und Cladocera Mitteleuropas. Leiden, Backhuys Publishers.
- Halvorsen, G. & Elgmork, K. 1976. Vertical distribution and seasonal cycle of *Cyclops scutifer* Sars (Crustacea, Copepoda) in two oligotrophic lakes in southern Norway. Norw. J. Zool. 24: 142-160.
- Halvorsen, G. 1980. Planktoniske og litorale krepsdyr innenfor vassdragene Etna og Dokka. Kontaktutv. vassdragsreg., Univ. Oslo, Rapp. 11: 1-95.
- Halvorsen, G. 1987. Two species of Alona (Cladocera, Chydoridae) new for Norway. Fauna norv. Ser. A 8: 11-14.
- Halvorsen, G., Storeid, S.E. & Walseng, B. 1996. Dokka-deltaet - ferskvannsbioologiske konsekvenser av kraftutbyggingen i Dokkavassdraget. NINA Oppdragsmelding 437: 101.

- Hann, B.J. & Turner, M.A. 2000. Littoral microcrustacea in Lake 302S in the experimental lakes area of Canada: acidification and recovery. *Freshwater Biology*, 43: 133-146.
- Havens, K. E. 1991. Littoral zooplankton responses to acid and aluminum stress during short-term laboratory bioassays. *Envir. Poll.* 73: 71-84.
- Henrikson, L., Oscarson, H.G. & Stenson, J.A.E. 1984. Development of the crustacean zooplankton community after lime treatment of the fishless Lake Gårdsjön, Sweden. - Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm 61: 104-114.
- Henrikson, L. & Y. W. Brodin 1995. Liming of acidified surface waters. A Swedish synthesis. Berlin, Springer Verlag.
- Herbst, H.V. 1976. Blattfusskrebse (Phyllopoden: Echte Blattfüsser und Wasser- flöhe). – Kosmos-Verlag Franckh, Stuttgart, 130 s.
- Hessen, D.O. 1985. Filtering structures and particle size selection in coexisting Cladocera. *Oecologia (Berl.)* 66: 368-372.
- Hesthagen, T. Walseng, B. & Karlsen, L.R. 2002. Effekter av forsuring og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget, Østfold. NINA Oppdragsmelding 761. 42 s.
- Hesthagen, T. Walseng, B. & Karlsen, L.R. 2003. Effekter av forsuring og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget, Østfold. Framdriftrapport etter undersøkelsene i 2002. NINA Stensilert rapport. Trondheim.
- Hesthagen, T. Walseng, B. & Karlsen, L.R. 2004. Effekter av forsuring og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget, Østfold. Framdriftrapport etter undersøkelsene i 2003. NINA Stensilert rapport. Trondheim.
- Hesthagen, T., Walseng, B. & Karlsen, L.R. 2005. Effekter av forsuring og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget, Østfold. Framdriftrapport etter undersøkelsene i 2004. NINA Stensilert rapport. Trondheim.
- Hesthagen, T. Walseng, B. & Karlsen, L.R. 2006. Effekter av forsuring og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget, Østfold. Framdriftrapport etter undersøkelsene i 2005. NINA Stensilert rapport. Trondheim.
- Hesthagen, T., Walseng, B., Karlsen, L.R. & Langåker, R.M. 2007a. Effects of liming on the aquatic fauna in a Norwegian watershed: why do crustaceans and fish respond differently. *Water, Air, Soil Pollution: Focus* 7: 339-345.
- Hesthagen, T., Walseng, B. & Karlsen, L.R. 2007b. Effekter av forsuring og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget, Østfold. Framdriftrapport for 2006. NINA Minirapport 201. 26 s.
- Hill, M.O. 1979. DECORANA - A Fortran program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Cornell University, Ithaca, New York.
- Hill, M.O. & Gauch, H.G. 1980. Detrended corespondence analysis; an improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47-58.
- Hillbricht-Ilkowska, A., Rybak, J.I., Dusoge, K., Ejsmont-Karabin, J., Spodniewska, I., Wegléńska, T. & Godlewska-Lipowa, W.A. 1977. Effect of liming on a humic lake. *Ekol. pol.* 25(3): 379-420.
- Huitfeldt-Kaas, H.H. 1918. Ferskvandsfiskenes indvandring og utbredelse i Norge, med et tillæg om krebsen. - Centraltrykkeriet, Kristiania.

- Hov, A.M. & B. Walseng 2003. Suksesjon av ferskvannsinvertebrater i et nyetablert damsystem i Trøgstad kommune. NINA-Fagrapport 74: 1-50.
- Hultberg, H. & Andersson, I.B. 1982. Liming of acidified lakes: induced long-term changes. - *Water, Air, and Soil Pollution* 18: 311-331.
- Hutchinson, G.E. 1967. A treatise on limnology. II. Introduction to lake biology and the limnoplankton. New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Hörnström, E., Ekström, C. & Andersson, P. 1992. 10 Mellansvenska sjöar, kalkningseffekter på plankton och vattenkemi. Statens Naturvårddsverk, Rapport nr. 4048.
- Johnson, R.K., Widerholm, T. & Rosenberg, D.M. 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. D. M. R. Rosenberg, V.H., red. New York, Chapman & Hall: 40-158.
- 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.
- Muniz, I.P. 1991. Freshwater acidification: its effects on species and communities of freshwater microbes, plants and animals. - *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*. 97B., s 227-254.
- Mylona, S. 1993. Trends of sulphur dioxide emissions, air concentrations and depositions of sulphur in Europe since 1980. EMEP/MS-C-W Report 2/93. 35 s.
- Nyberg, P. 1984. Impact of Chaoborus predation on planktonic crustacean communities in some acidified and limed forest lakes in Sweden. - *Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm* 61: 154-166.
- Nyberg, P. 1984. Impact of Chaoborus predation on planktonic crustacean communities in some acidified and limed forest lakes in Sweden. - *Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm* 61: 154-166.
- Nyberg, P. 1995. Liming strategies and effects: the Lake Västra Skälsjön case study. Liming of acidified surface waters. A Swedish synthesis. L. Henrikson and Y. W. Brodin. Berlin, Springer Verlag: 327-338.
- Nilsson, A.N. & Johansson, A. 1985. En jämförelse av bottenfaunaen i några kalkade och okalkade vattendrag; med tonvikt på kalkningsmetodik. Inform. Sötvattenslab., Drottningholm 1985-11. 56 s.
- Olofsson, E. & Melin, E. 1986. Rapport från undersökning av bottenfaunan under augusti 1986 samt vattenanalyser för perioden 1985-1986 ingående i försuringsundersökningen i fjällkedjan. Rapport fr. Härjedalens kommun 861127. 12 p. (Stencil).
- Ponyi, J. E. 1956. Die Diaptomus-Arten der Natrongewässer auf der grossen Ungarischen Tiefebene. *Zool. Anz.* 156: 257-403.
- 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* 61: 167-176.
- Raddum, G.G., Hansen, H. & Walseng, B. 1998. History of acidification and restoration of the fauna in Lake Nordre Boksjø. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 760-764.
- Rylov, W.M. 1948. Freshwater Cyclopoida. *Fauna USSR, Crustacea* 3 (3). – Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1963, 314 s.

- 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.
- Schartau, A.K., Walseng, B. & Snucins, E. 2001. Correlation between microcrustaceans and environmental variables along an acidification gradient in Sudbury, Canada. – Water, Air and Soil pollution 130: 1325-1330.
- Schindler, D.W. 1988. Effects of acid rain on freshwater ecosystems. - Science 239: 149-157
- Schartau, A.K., Jensen, T.C. & Walseng, B. 2011. Effekter på krepsdyr. - p. 53-60 in Skjelkvåle, B.L. (ed.) Overvåking av langtransporterte forurensninger 2010. Sammendragsrapport (TA-2792/2011). Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1093-2011. Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Oslo
- Smirnov, N.N. 1971. Chydoridae. Fauna USSR, Crustacea 1 (2). – Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1974, 644 s.
- Spikkeland, I. 1998. Dammer i Askim - Hydrografi og dyreliv. Natur i Østfold, Natur i Østfold, 17 (1-2):13-22.
- Spikkeland, I. 1999. Ferskvannsbiologiske undersøkelser på Rauer, Fredrikstad 1999. notat, 8 s.
- Stokker, R., Walseng, B., Braskerud, B., Brittain, J., Dolmen, D. & Storeid, S.E. 1999. Artsmangfold i to syv år gamle fangdammer i Haldenvassdraget med forskjeller i vannkvalitet. - NINA Fagrapport 034: 1-48.
- Svensson, J.-E., Henrikson, L., Larsson, S. & Wilander, A. 1995. Liming strategies and effects: The lake Gårdsjön case study. - I Henrikson, L. & Brodin, Y.W., red. Liming of acidified surface waters. A Swedish synthesis., Springer Verlag, Berlin. s. 309-325.
- ter Braak, C.J.F. & Smilauer, P. 1998. CANOCO reference manual and User's guide to Canoco for Windows. Software for Canonical Community Ordination, (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.
- Walseng, B. 1993. Verneplan I og II, Rogaland Krepsdyrundersøkelser. - NINA Oppdragsmelding 222: 1-33.
- Walseng, B. 1994. Verneplan I og II, Østfold - Krepsdyrundersøkelser. NINA Oppdragsmelding 304: 26.
- Walseng, B. 1998. Occurrence of *Eucyclops* species in acid and limed water. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26: 2007-2012.
- Walseng, B., Raddum, G.G. & Kroglund, F. 1995. Kalking i Norge. Invertebrater. DN-utredning 1995-6. 63 s. et al i tekst
- Walseng, B. & Halvorsen, G. 1993. Verneplanstatus i Troms og Finnmark med fokusering på vannkjemiske forhold og krepsdyr. - NINA Utredning 54: 1-97.
- Walseng, B. & Halvorsen, G. 1996a. Vannlopper. I Aagaard, K. & Dolmen, D., red. Limnofauna norvegica, katalog over norsk ferskvannsfafa., Tapir, Trondheim. s. 95-99.
- Walseng, B. & Halvorsen, G. 1996b. Hoppekreps. I Aagaard, K. & Dolmen, D., red. Limnofauna norvegica, katalog over norsk ferskvannsfafa., Tapir, Trondheim. s. 103-107.

- Walseng, B. & Hansen, H. 1994. Krepsdyr og bunndyr i sure vann i Østfold. NINA Oppdragsmelding 335. 29 s.
- Walseng, B. & Hesthagen, T. 2010. En historisk dokumentasjon av de ferskvannsbiologiske forholdene i Nordre Boksjø, Enningdalsvassdraget. NINA Rapport 617. 45 s.
- Walseng, B. & Karlsen, L.R. 1997. Reetablering av forsuringsfølsomme invertebrater etter kalking av ferskvann i Østfold. NINA Oppdragsmelding 490: 1-32
- Walseng, B. & Karlsen, L.R. 2001. Planktonic and littoral microcrustaceans as indices of recovery in limed lakes in S.E. Norway. *Water, Air, Soil Pollution* 130: 1313-1318.
- Walseng, B., Hesthagen, T. & Karlsen, L.R. 2008. Effekter av forsurening og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget i Østfold. Framdriftrapport for 2007. NINA Minirapport 230. 25 s.
- Walseng, B., Hesthagen, T. & Karlsen, L.R. 2009. Effekter av forsurening og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget i Østfold. Framdriftrapport for 2008. NINA Minirapport 261. 30 s.
- 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.
- Zankai, P. N. 1978. The duration of development of *Eudiaptomus gracilis* (G.O.Sars) (Copepoda) in Lake Balaton. *Acta Biol. Debrecina* 15: 183-198.

Vedlegg 1

Kjemiske data.

Chemical parameters

	NAME	Turb.	Farge	Kond-25	pH	Alk-3	Tot-P	ANC	TOC
1	Baste07	0,99	24	34,0	5,14	0,002	2,1	49	6,6
2	Tangen07	0,62	14	32,0	4,81	0	1,6	17	4,9
3	NBok 03	0,451	37	37,6	6,61	92	3,39	99	
4	Grave07	0,83	55	37,0	4,63	0	2,4	40	8,1
5	Kruk 08	2,30	89	32,0	4,67	0	5,4	42	10,3
6	StHau02	1,72	20	31,2	5,09	0	2,33	3	
7	Bratte07	0,76	23	35,0	4,64	0	2,0	13	10,5
8	Damtjå06	2,2	55	33,0	5,17	0	4,9	81	4,5
9	Orsjo02	0,561	27	47,5	6,47	66	2,87	75	
10	Lange 08	1,50	141	34,0	4,36	0	3,8	17	17,3
11	Oter 08	1,60	330	31,0	4,76	0	6,0	67	31,7
12	SBoks02	0,436	24	49,7	7,06	221	2,23	229	
13	Langv06	1,4	13	34,0	5,39	0	3,6	79	4,3
14	Krok 03	0,676	153	28,9	4,8	0	7,46	2	
15	Korstj06	2,4	17	28,0	5,01	0	4,6	45	5
16	Kutj 08	2,50	80	33,0	4,68	0	4,2	35	10,5
17	Elle 03	1,26	45	56,6	6,45	77	3,35	123	
18	Steins 0		146	39,5	4,99	0	4,82	58	
19	Gylte07	1,06	104	42,0	4,95	0	2,8	86	12,4
20	Geddel04	1,64	75	38,5	6,45	60	1,56	79	
21	Blankt06	1,7	21	31,0	5,39	0	4,2	60	4,6
22	Elgsjo04	1,65	78	37,0	6,41	75	2,05	92	
23	Mortj02	2,63	63	35	5,09	0	3,87	-9	
24	Hokksj04	2,39	138	35,3	5,22	11	9,30	14	
25	Stener07	1,47	118	64,0	5,69	0,047	13,6	175	11,2
26	Va161 08	1,30	126	43,0	4,23	0	9,6	49	14,8
27	Bordt06	1,7	51	79,0	5,91	0,03	4,1	132	7,1
28	Tresto2	0,735	5	28,3	5,12	0	2,39	-5	
29	Blank02	2,3	77	33,9	4,9	0	3,43	11	
30	Danma02	10,2	128	64,9	5,72	51	13,17	92	
31	Bronnt04	1,51	94	39,8	6,59	105	4,15	127	
32	Korns02	0,652	31	52,5	6,87	224	6	232	
33	Haug 03	3,97	158	33,8	5,8	45	33,71	112	
34	Lyse 03	2,2	146	39,9	6,64	140	6,6	217	
35	Ende07	1,92	99	122,0	6,34	0,273	13,6	421	10,0
36	Gjedd 05		63	34,5	4,81	0	2,45	31	
37	Rodsva04	1,93	41	60,6	6,90	144	6,56	138	
38	Sevtj 05		52	29,2	6,63	33	6,87	81	
39	L.ks 03	3,4	202	39,7	5,49	33	11,29	123	
40	Lang 03	3,12	57	44,7	6,47	75	4,66	130	
41	Damtj06	0,85	41	37,0	5,92	0,03	3,7	101	7,2
42	Trollv06	1,3	29	43,0	6,1	0,04	10,4	131	4,7
43	Holmva06	1,6	81	35,0	5,97	0,04	2,8	133	8,2
44	Damle 08	1,40	105	33,0	4,98	0	4,1	54	10,9
45	Lerbek07	0,77	69	36,0	5,14	0,005	3,4	71	8,3
46	.Elg 03	2,3	160	39,2	6,05	63	11,99	153	
47	Sandv 05		57	38,6	5,85	22	3,52	83	
48	H.lv 05	1,5	13	10,6	5,13	0	0,75	-1	
49	Langev09	1,4	125	36,0	4,94	0	4,5		16,7
50	N.elg 08	1,50	166	38,0	5,34	26	15,1	113	16,8
51	Svantj09	0,91	57	34,0	5,16	0,004	3,4		9,3
52	Langet09	2,5	72	29,0	4,99	0	3,2		12
53	Klype09	0,46	105	34,0	4,9	0,007	2,2		13,4
54	Kirkev04	1,81	50	59,9	6,90	142	4,89	147	
55	Lange 05		47	47,0	5,78	8	2,72	73	
56	Aske 08	0,41	138	34,0	4,73	0	3,4	65	15,1
57	Godatj04	1,24	101	37,9	6,03	50	7,33	68	
58	Slatj 05		56	40,0	5,55	13	3,22	59	
59	nHogs 05		108	45,1	5,20	2	3,23	69	
60	S.Hogg04	0,45	29	59,1	7,27	225	1,50	215	

	NAME	Ca	Mg	Na	K	SSS	SO4	Cl	NO3
1	Baste07	0,88	0,57	3,58	0,30	180	0,99	6,48	<10
2	Tangen07	0,32	0,38	3,50	0,22	130	0,62	6,14	<10
3	NBok 03	3,03	0,48	2,93	0,32	227	3,69	5,32	7
4	Grave07	0,61	0,53	3,69	0,19	200	0,83	6,40	<10
5	Kruk 08	0,46	0,41	3,18	0,13		0,82	4,86	16,00
6	StHau02	0,85	0,49	3,35	0,31	233	3,25	5,83	13
7	Bratte07	0,29	0,39	3,48	0,24	220	0,76	6,14	<10
8	Damtjå06	0,66	0,48	3,96	0,33	270	1	5,31	20
9	Orsjo02	2,6	0,87	4,27	0,67	330	5,1	7,51	166
10	Lange 08	0,15	0,27	2,61	0,07		0,59	4,04	16,00
11	Oter 08	0,66	0,42	2,95	0,07		0,69	4,03	21,00
12	SBoks02	5,89	0,52	3	0,3	245	3,83	5,42	177
13	Langv06	0,8	0,47	3,98	0,32	270	0,92	5,74	0
14	Krok 03	0,75	0,44	2,97	0,18	206	2,94	5,11	3
15	Korstj06	0,31	0,44	3,21	0,25	310	0,74	4,83	10
16	Kutj 08	0,48	0,38	3,24	0,28		0,81	5,30	14,00
17	Elle 03	3,29	1,03	5	1,02	369	5,51	8,27	294
18	Steins 0	1,27	0,61	3,83	0,34	232	3,32	5,68	32
19	Gylte07	1,17	0,64	4,97	0,33	510	1,06	7,99	<10
20	Geddel04	2,13	0,69	3,68	0,39	254	4,26	5,85	0
21	Blankt06	0,68	0,42	3,42	0,29	370	1	5,04	20
22	Elsjo04	2,48	0,63	3,24	0,39	234	4,06	5,25	24
23	Mortj02	1,07	0,58	3,57	0,35	274	3,91	6,8	16
24	Hokksj04	0,86	0,58	3,82	0,32	250	3,85	6,02	0
25	Stener07	2,36	1,03	7,99	1,09	590	1,47	12,6	190
26	Va161 08	0,53	0,41	3,29	0,19		0,64	5,08	16,00
27	Bordt06	2,02	0,89	10	0,56	330	1,37	16,4	0
28	Tresto2	0,45	0,41	3,39	0,32	217	2,51	5,83	4
29	Blank02	0,9	0,59	3,64	0,28	247	3,07	6,49	6
30	Danma02	2,44	1,15	7,99	0,88	495	5,48	13,49	7
31	Bronnt04	2,61	0,78	3,60	0,50	236	3,12	6,07	0
32	Korns02	5,56	0,68	3,74	0,45	275	4,14	6,52	70
33	Haug 03	1,89	0,73	3,63	0,31	208	3,22	4,97	1
34	Lyse 03	3,89	0,7	3,67	0,49	207	3,15	4,99	6
35	Ende07	5,10	1,69	15,8	1,15	520	1,92	22,8	<10
36	Gjedd 05	0,68	0,47	3,19	0,18	185	1,78	5,22	5
37	Rodsva04	3,45	0,98	5,80	0,68	384	5,14	9,49	131
38	Sevtj 05	1,49	0,54	3,00	0,33	177	1,79	4,95	5
39	L.ks 03	1,74	0,8	5,11	0,33	261	2,67	7,27	1
40	Lang 03	2,07	0,87	5,15	0,96	293	3,86	7,54	3
41	Damtj06	1,46	0,63	3,95	0,46	330	1,1	6,49	20
42	Trollv06	1,61	0,55	5,18	0,37	500	1,05	7,19	60
43	Holmva06	2,12	0,54	3,67	0,31	320	1	5,76	20
44	Damle 08	0,74	0,51	3,37	0,20		0,87	5,51	27,00
45	Lerbek07	0,94	0,61	4,15	0,21	370	0,77	6,87	<10
46	.Elg 03	2,21	0,81	4,58	0,5	236	3,35	5,9	1
47	Sandv 05	1,82	0,58	3,90	0,26	231	2,77	6,12	5
48	H.lv 05	0,17	0,12	0,81	0,06	56	0,61	1,52	5
49	Langev09	0,18	0,47	3,98	0,65	430	0,72	6,62	<15
50	N.elg 08	1,50	0,65	3,81	0,45		1,11	5,83	47,00
51	Svantj09	0,29	0,46	4,1	0,68	270	0,83	6,59	17
52	Langet09	0,17	0,38	3,09	0,5	340	0,64	4,81	<15
53	Klype09	0,15	0,49	3,64	0,63	320	0,72	5,5	16
54	Kirkev04	3,42	0,98	5,76	0,70	372	4,85	9,28	134
55	Lange 05	1,59	0,73	5,04	0,61	301	3,35	8,20	5
56	Aske 08	0,67	0,53	3,39	0,23		0,79	5,17	28,00
57	Godatj04	1,44	0,65	4,33	0,24	252	3,35	6,45	0
58	Slatj 05	1,77	0,60	3,75	0,25	249	3,13	6,50	5
59	nHogs 05	1,49	0,63	4,99	0,28	282	3,01	7,63	56
60	S.Hogg04	5,12	0,66	4,49	0,32	297	4,35	7,19	54

	NAME	Si	Al	Tm-Al	Om-Al	Um-Al	Pk-Al
1	Baste07	0,71	315	69	50	19	
2	Tangen07	0,14	165	86	40	46	
3	NBok 03	0,61	86	18	17	1	68
4	Grave07	0,57	378	181	115	66	
5	Kruk 08	0,60	344	207	125	82	
6	StHau02	0,4	298	129	55	74	169
7	Bratte07	0,73	352	165	76	89	
8	Damtjå06	0,48	275	108	34	74	
9	Orsjo02	0,87	88	21	17	4	67
10	Lange 08	0,52	469	290	182	108	
11	Oter 08	0,81	490	330	271	59	
12	SBoks02	0,89	49	13	9	4	36
13	Langv06	0,52	143	55	21	34	
14	Krok 03	1,19	233	127	94	33	106
15	Korstj06	0,2	229	110	34	76	
16	Kutj 08	0,39	373	222	130	92	
17	Elle 03	1,66	211	29	25	4	182
18	Steins 0	1,37	290	144	103	41	146
19	Gylte07	0,64	390	146	122	24	
20	Geddel04	0,44	168	19	19	0	149
21	Blankt06	0,13	221	56	26	30	
22	Elgsjo04	0,68	183	29	29	0	154
23	Mortj02	0,68	293	128	71	57	165
24	Hokksj04	1,10	388	147	109	38	241
25	Stener07	1,55	422	85	79	6	
26	Va161 08	0,55	400	222	139	83	
27	Bordt06	0,82	185	67	41	26	
28	Tresto2	0,05	81	48	6	42	33
29	Blank02	0,78	287	143	90	53	144
30	Danma02	2,53	401	83	75	8	318
31	Bronnt04	0,45	133	19	19	0	114
32	Korns02	0,6	39	9	9	0	30
33	Haug 03	0,95	376	95	85	10	281
34	Lyse 03	0,95	353	41	40	1	312
35	Ende07	2,80	181	26	26	0	
36	Gjedd 05	0,50	195	113	65	48	82
37	Rodsva04	0,96	107	10	10	0	97
38	Sevtj 05	0,09	92	4	4	0	88
39	L.ks 03	0,93	462	142	121	21	320
40	Lang 03	0,48	106	13	12	1	93
41	Damtj06	0,19	150	49	32	17	
42	Trollv06	1,53	253	39	26	13	
43	Holmva06	0,51	223	68	50	18	
44	Damle 08	0,74	344	184	128	56	
45	Lerbek07	0,82	300	90	77	13	
46	.Elg 03	1,35	406	75	71	4	331
47	Sandv 05	0,86	227	63	50	13	164
48	H.Iv 05	0,08	57	25	10	15	32
49	Langev09	0,37	338	297	189	108	
50	N.elg 08	1,33	425	182	154	28	
51	Svantj09	0,5	206	183	120	63	
52	Langet09	0,46	249	233	148	85	
53	Klype09	0,56	236	245	153	92	
54	Kirkev04	0,98	103	11	11	0	92
55	Lange 05	0,18	196	42	35	7	154
56	Aske 08	0,83	427	253	171	82	
57	Godatj04	1,37	356	88	73	15	268
58	Slatj 05	0,90	228	94	66	28	134
59	nHogs 05	1,41	321	145	94	51	176
60	S.Hogg04	1,08	95	20	11	9	75

Vedlegg 2.***Eudiaptomus gracilis******Eudiaptomus gracilis* (G.O. Sars 1863)**

Family Diaptomidae, G.O. Sars

Genus Eudiaptomus, Kiefer 1932

Key characteristics:

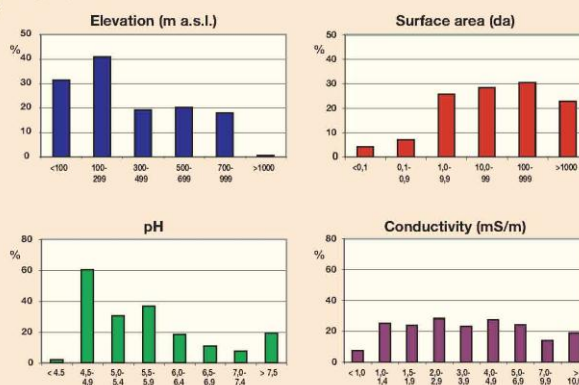
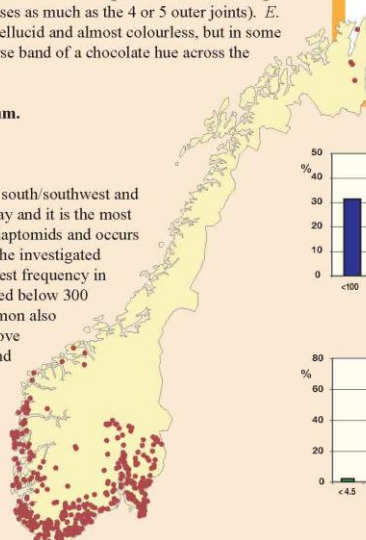
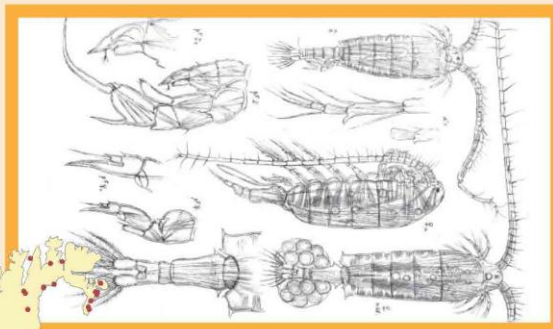
Its body is very slender and the lateral expansion of the last thorax segment forms an outer angle which is somewhat more prominent in *E. gracilis* than in *A. denticornis*. Its tail is short, about twice as long as wide, while the anterior antennae are long and slender extending far beyond the tail (in some cases as much as the 4 or 5 outer joints). *E. gracilis* is generally very pellucid and almost colourless, but in some cases with a broad transverse band of a chocolate hue across the anterior division.

Female: Length 1.0-2.0 mm.

Male: 1.0-1.5 mm.

Distribution:

E. gracilis is distributed in south/southwest and north eastern part of Norway and it is the most common species among Diaptomids and occurs in 25% (570 localities) of the investigated lakes. It is found with highest frequency in lakes >1da which are situated below 300 m a.s.l. However it is common also at higher elevations but above 1000 m a.s.l. it is only found twice. It is acid tolerant as well as it is found in alkali water (pH>7.5). The contents of electrolytes seem to mean less for its distribution.





Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2422-2

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger