



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Kräftdjur i sjöar i Enningdalsälvens avrinningsområde

Krepsdyr (vannlopper og hoppekreps) som indikatorer på en bedret vannkvalitet etter kalking av vann i Enningdalsvassdraget 2006.

Rapportnr: 2008:45

ISSN: 1403-168X

Produktion: Rapporten har tagits fram av NINA (Norsk institutt for naturforskning) på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Ansvarig på Länsstyrelsen Fredrik Nilsson, Vattenvårdsenheten.

Författare: Bjørn Walseng

Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Vattenvårdsenheten

Rapporten finns som pdf på www.o.lst.se under Publikationer/Rapporter.

Innhold

Förord

1	Innledning	5
2	Beskrivelse av vassdraget	6
3	Materiale og metoder	6
4	Resultater og diskusjon	8
4.1	Vannkjemi	8
4.2	Krepsdyr	8
4.2.1	Arter	8
4.2.2	DCA-analyser av artsinventar	11
4.2.3	Planktoniske krepsdyr	13
4.2.4	Litorale krepsdyr	14
5	Konklusjon	17
6	Litteratur	18

Förord

Västra Götalands län är hårt drabbat av försurningen. Detta beror på att nedfallet av försurande ämnen har pågått under lång tid och varit mycket stort samtidigt som motståndskraften mot försurning i många områden är låg. Framförallt de västra länsdelarna utgörs av svårvittrad mineral med tunna jordtäcken vilket ger en låg motståndskraft.

Enningdalsälvens avrinningsområde är beläget i nordvästra delen av länet samt i Östfold fylke i Norge.

Försurningen har drabbat även detta område hårt med bland annat fiskdöd och utslagna fiskbestånd som följd. En undersökning som genomförts i norska delen av avrinningsområdet visar att 42 av ca 120 fiskbestånd har försvunnit på grund av försurning. För att motverka effekterna av försurningen sker det därför en omfattande kalkningsverksamhet inom avrinningsområdet.

Inom ramen för kalkningens effektuppföljning görs både kemiska och biologiska undersökningar. De vanligaste biologiska undersökningarna utgörs av bottenfauna- och elfiskeundersökningar i vattendrag, samt nätprovfisken i sjöar. Strandnära undersökningar av kräftdjur används inte regelmässigt i Sverige, men har tillämpats i Norge under senare år. Framförallt inom Enningdalsälven har en hel del vatten undersökts sedan 2001. För att skapa en mer heltäckande bild av avrinningsområdet och göra jämförelser mellan Norge och Sverige beslutade Länsstyrelsen under 2006 att beställa en undersökning av några kalkade och okalkade vatten på den svenska sidan av avrinningsområdet. Resultaten är intressanta och visar bl.a. att de kalkade sjöarna som ingick i denna studie skiljer sig markant från försurade sjöar. Vi tolkar det som att kalkningen har varit framgångsrik och lyckats med att avgifta vattnet i de undersökta sjöarna.

För provtagning, analys och utvärdering har Björn Walseng på NINA (Norsk institutt for naturforskning) ansvarat. Därför är rapporten också skriven på norska. Vi tackar för utfört uppdrag som också inkluderar denna rapport.

NINA är själva ansvariga för rapportens innehåll. Det kan därför inte åberopas som Länsstyrelsens ståndpunkt.

Fredrik Nilsson
Länsstyrelsen Västra Götalands län

1 Innledning

Enningdalsvassdraget er et grensevassdrag der ca 2/3 av nedbørfeltet ligger i Sverige. Vassdraget har imidlertid både sine kilder samt utløp på norsk side av grensa. Med 18 ulike arter av fisk er vassdraget et av de mest artsrike i Norge og også under svenske forhold kan dette karakteriseres som meget artsrikt. Det er et nordisk vernevassdrag med egen konvensjon for forvaltning av laks og sjørøret. Ferskvannsfaunaen forøvrig er også meget artsrik (Hesthagen et al. 2002).

Tidlig på 1950-tallet ble det dokumentert forsuringsskader på fisk i flere vann på norsk side av Enningdalsvassdraget og i blant annet Boksjøene ble det dokumentert omfattende skader på fiskebestander (Vasshaug & Vøllestad 1990). pH ble målt til 4,7-4,9. Sjøen om disse målingene er forbundet med noe usikkerhet, er det ikke tvil om at mange innsjøer i denne regionen var sterkt forsuret allerede for over 50 år siden. Nordre og Søndre Boksjø ble undersøkt mht til fisk så tidlig som i 1918 (Huitfeldt-Kaas 1918), og det ble den gang registrert en rik fauna.

Ved kalking forbedres vannkvaliteten og lokalitetene åpnes igjen for arter som kan karakteriseres som forsuringfølsomme og som ikke ville ha overlevd under de eksisterende forhold (Henrikson & Brodin 1995, Walseng et al. 1995). Det ble ganske tidlig bestemt å gjøre noe med situasjonen i Enningdalsvassdraget og Søndre Boksjø ble fra svensk side kalket første gang i 1980. I regi av fylkesmannen i Østfold ble Nordre Boksjø kalket første gang i 1985. Begge disse innsjøene er siden kalket regelmessig i tillegg til at mange mindre vann innen nedslagsfeltet også er blitt kalket.

Etter at det ble kalket første gang er det gjort flere studier både på fisk og invertebrater (Raddum et al. 1984, Walseng & Hansen 1994, Walseng & Karlsen 1997, Raddum et al. 1998, Hesthagen et al. 2002, Hesthagen in press 2006). I en spørreundersøkelse foretatt i 2000 og 2001 (Hesthagen et al. 2002) ble det konkludert med at i 40 vann på norsk side hadde like mange fiskebestander gått tapt. Mort (*Rutilus rutilus*) etterfulgt av ørret (*Salmo trutta*) og vederbuk (*Leuciscus idus*) var de artene som hadde forsvunnet fra flest vann. Etter spørreundersøkelsen startet ett prosjekt der krepsdyr og fisk skulle bli kartlagt i de samme lokalitetene. Hittil er 32 vann undersøkt og med noen få unntak er spørreundersøkelsen i overensstemmelse med hva som faktisk ble observert. Det viste seg samtidig at kun fem bestander var reetablert, alle etter introduksjon av mennesker.

En forundersøkelse i 17 av vannene i Enningdalsvassdraget viste at krepsdyr (Vannlopper og hoppekrepser) hadde respondert relativt raskt på en bedret vannkvalitet med mange forsuringfølsomme arter tilbake i tidligere forsurede lokaliteter (Hesthagen et al. 2002). Fra Norge foreligger det informasjon om krepsdyrfaunaen fra 2800 ferskvannslokaliteter (Walseng upubl.). Kunnskapen er derfor god med hensyn til de forskjellige arters utbredelse og økologi, blant annet forekomst i forhold til pH. Denne kunnskapen har resultert i flere arbeider der krepsdyrene er blitt brukt som verktøy for vurdere "recovery" etter at vann har fått bedret sin vannkvalitet (Walseng & Karlsen 2001, Walseng et al. 2001, Walseng et al. 2003).

Denne rapporten viderefører undersøkelsene fra den svenske delen av nedbørfeltet som ble påbegynt i 2005 og inkluderte da 11 vann. I alt syv vann ble undersøkt i 2006. Seks av disse var kalket, mens ett (Rinnanetjärnet) er et surt humøst vann som ikke er blitt kalket. I tillegg til at vannene ble prøvofisket i løpet av 2003-2006, skulle krepsdyrfaunaen kartlegges etter samme design som det er blitt gjort i tidligere undersøkelser fra vassdraget. Målsettingen var å gi en vurdering om hvorvidt de seks kalkede vannene hadde den faunaen en kan forvente ut i fra dagens pH.

2 Beskrivelse av vassdraget

Beliggenheten til de undersøkte lokalitetene er vist i *figur 1* (sidan 7). Lilla Holmevatten ligger i Munkedal kommun, Starkarnstjärnet og Rinnanetjärnet i Dals-Ed kommun mens resten ligger i Tanum kommun (*tabell 1*). Nedbørfeltet er på 780 km², hvorav nærmere 2/3 av arealet ligger på svensk side. 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 undersøkelsesområdet fattig med bjørk og furu som dominerende treslag oppe på fjellryggene mens den er rik og variert på de marine avsetningene.

Lokalitet	kommune	x koor	y koor	h o.h.	areal (ha)	dyp (m)	siktedyp (m)
Fågletjärnet	Tanum	6528620	1256510	108	4	7,2	1,9
Hökelundsjön	Tanum	6530040	1256990	97	15	5,6	1,8
Lundetjärnet	Tanum	6514260	1257220	129	6	8,7	2,2
Tresticketjärn	Tanum	6537190	1260090	167	22	14	3,9
Starkarnstjärnet	Dals-Ed	6539100	1262230	144	13	10	1,5
Norra Rinnanetjärnet	Dals-Ed	6538900	1264710	156	10	8	0,9
Lilla Holmevatten	Munkedal	651866	126392	155	21	14	3,6

Vassdraget har sine kilder i områdene rundt Nordre Boksjø (173 m o.h.) i nord. En kort elvestrekning skiller Nordre Boksjø fra Søndre Boksjø som ligger på grensa. Søndre Boksjø drenerer via Hallerødelva til Kornsjøene Videre blir vassdraget helsvensk og via Kynne elv drenerer det videre til Søndre Bullaresjön. Herfra renner hovedelva rett nord til riksgrensa og deretter videre gjennom Kirkevatnet og Rødsvatn til utløp i den søndre enden av Iddefjorden.

Alle vannene ligger på østsiden av Bullaresjöene med Rinnanetjärnet lengst i nordøst og med Lundetjärnet lengst sør. Størrelsen på lokalitetene varierer fra 4 ha (Fågletjärnet) til 22 ha (Tresticketjärnet). Vannene fordeler seg fra 97 (Hökelundsjön) til 167 m o. h. (Tresticketjärnet).

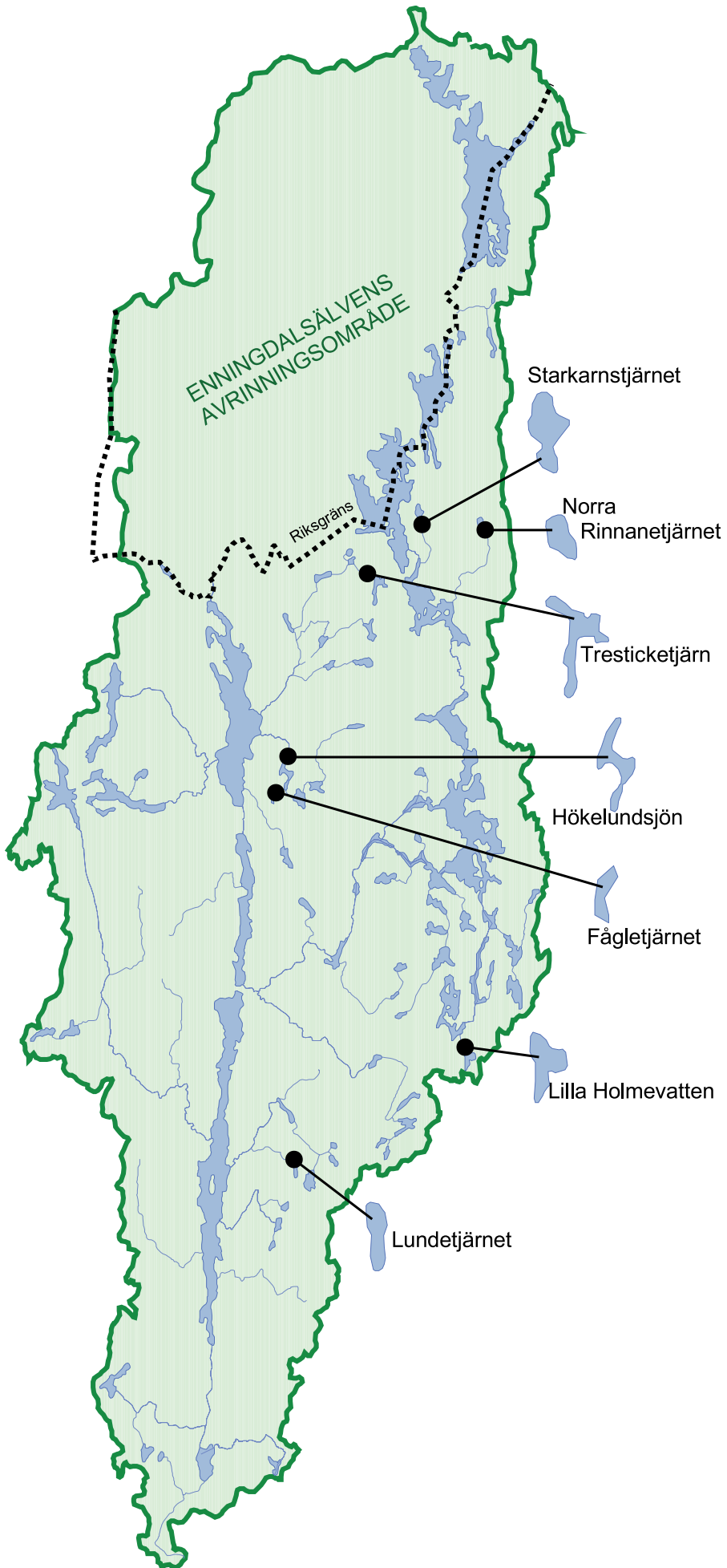
3 Materiale og metoder

Til sammen syv vann inngår i undersøkelsen der innsamling av krepsdyrmaterialet foregikk i periodene 5.-7. juni og 23.-24. august i 2006.

Det foreligger kvalitative planktonprøver samt littoralprøver fra alle lokalitetene. Det ble tatt to håvtrekk fra bunn og opp til overflate (maskevidde 90 µm) fra antatt dypeste del av vannet. I littoralsonen ble det tatt to horisontale håvtrekk (maskevidde 90 µm) der det ble lagt vekt på at dominerende substrat/vannvegetasjon var representert.

Ved bearbeiding av krepsdyrmaterialet ble minst 200 individer talt opp med tanke på å få et inntrykk av tettheten, samt for å få et bilde av mengdeforholdet mellom artene. Resten av prøvene ble deretter gjennomgått for at eventuelt sjeldne arter skulle bli registrert. Vannloppene (cladocerene) er bestemt ved hjelp av Smirnov (1971), Flössner (1972) og Herbst (1976), mens hoppekrepsene (copepodene) er bestemt ved hjelp av Sars (1903, 1918), Rylov (1948) og Kiefer (1973, 1978.). Alle copepoditter er bestemt til art i planktonprøvene. I littoralprøvene er små copepoditter (cop. I-III) ikke artsbestemt.

Krepsdyrmaterialet er analysert med Detrended Correspondence Analysis (DCA) (Hill 1979, Hill & Gauch 1980) med programmet CANOCO (ter Braak & Smilauer 1998). Ordinasjon er gjort på forekomst/fravær data samt dominans for artene basert på juli og august prøver samlet. Dominansklassene (1 = < 1,0%, 2 = 1-10%, 3 = > 10 %) er basert på artenes frekvens i enkeltprøver, det vil si at en art som er dominant i en prøve vil bli representert med score 3 i regnearket som blir brukt som grunnlag i analysen osv. DCA arrangerer artslistene 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. Da forskjeller i artssammensetning mellom stasjonene gjenspeiler forskjeller i miljøet, vil aksene i plottet representere underliggende miljøvariabler.



4 Resultater og diskusjon

4.1 Vannkjemi

Historiske data fra kalkede vann innenfor Enningdalsvassdraget viser at disse har vært sterkt forsuret før de ble kalket første gang midt på 80-tallet (*tabell 2*). I Lilla Holmevatten ble det målt pH 4,5 før det ble kalket første gang. Etter kalkstart har vannet hatt en relativt stabil pH (6,0-7,5). Vi må anta at utviklingen har vært tilsvarende for de øvrige kalkede vannene.

	pH før kalking	Kalket år	Dato kjemidata	Djup (m) (m)	Sikt (m)	pH	Farge (mgPt/l)	Kond (mS/m)
Fågletjärnet	4,5	1985	06-jun-06	0,5	1,9	6,3		93
Hökelundsjön	5	1985	06-jun-06	0,5	1,8	6,05		60
Lundetjärnet	5,5	1984	06-jun-06	0,5	2,2	6,8		81
Tresticketjärn	4,5	1985	07-jun-06	0,5	3,9	6,75		61
Starkarnstjärnet	-	-	07-jun-06	0,5	1,5	5,45		48
Norra Rinnanetjärnet	-	-	07-jun-06	0,5	0,9	4,5		40
Lilla Holmevatten	4,5	1984	06-jun-06	0,5	3,6	6,95		68

4.2 Krepsdyr

4.2.1 Arter

Det ble påvist til sammen 59 krepsdyrarter, henholdsvis 41 arter vannlopper og 18 arter hoppekreps (*vedlegg 1a,b, sidan 9*). Til sammenligning ble det i 11 vann i 2005 registrert 67 krepsdyrarter (48 arter vannlopper og 19 arter hoppekreps). Tre arter, vannloppen *Simocephalus expinosus* samt hoppekrepsene *Diacyclops abyssicola* og *Microcyclops varicans*, var nye arter for vassdraget. Det totale artsantallet for vassdraget er derfor oppe i 78 arter (54 arter vannlopper og 24 arter hoppekreps). Sett i lys av at det i Norge er registrert 135 arter må dette karakteriseres som meget høyt innenfor et relativt lite nedbørfelt.

Vedlegg 1a

Vannlopper funnet i 7 vann i Enningdalsvassdraget i 2006

Species of cladocera in seven lakes in the River Enningdalselva in 2006

Lokalitet	Fågeljøfjærnet	Høkelundsjøn	L. Holmevatten	Lundejøfjærnet	N. Rinnanejøfjærnet	Starkarnsjærnet	Trestickjøfjærnet
Cladocera							
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)T	x	x	x	x	x	x	x
Limnospida frontosa Sars				x			x
Sida crystallina (O.F.M.)	x	x	x	x		x	x
Holopedium gibberum Zaddach	x		x	x	x	x	x
Ceriodaphnia megops Sars	x	x	x				
Ceriodaphnia pulchella Sars	x	x	x	x			x
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)	x	x			x	x	
Daphnia cristata Sars	x	x	x	x			x
Daphnia longispina (O.F.M.)			x			x	
Scapholeberis mucronata (O.F.M.)	x	x	x	x	x	x	x
Simocephalus expinosus (Koch)							x
Simocephalus vetula (O.F.M.)	x	x		x			
Bosmina longirostris (O.F.M.)	x	x	x	x		x	
Bosmina longispina Leydig	x	x	x	x	x	x	x
Acantholeberis curvirostris (O.F.M.)					x	x	
Drepanothrix dentata (Eurén)		x					
Lathonura rectirostris (O.F.M.)		x					
Ophryoxus gracilis Sars	x	x				x	x
Streblocerus serricaudatus (Fisch.)	x	x	x		x		x
Acroperus harpae (Baird)	x	x	x	x	x	x	x
Alona affinis (Leydig)	x	x	x	x	x	x	x
Alona costata Sars		x					
Alona guttata Sars	x	x	x	x	x		x
Alona intermedia Sars						x	
Alona karelica Stenroos					x		
Alona quadrangularis (O.F.M.)	x					x	
Alona rectangula Sars	x						
Alona rustica Scott					x		
Alonella excisa (Fischer)	x	x			x	x	
Alonella exigua (Fischer)	x	x	x	x	x	x	
Alonella nana (Baird)	x	x	x	x	x	x	x
Alonopsis elongata Sars	x	x	x	x	x	x	x
Chydorus piger Sars			x				
Chydorus sphaericus (O.F.M.)	x	x	x	x	x	x	x
Disparalona rostrata (Koch)		x					
Eurycercus lamellatus (A.F.M.)	x	x		x	x	x	
Graptoleberis testudinaria (Sars)		x		x	x		x
Pleuroxus truncatus (O.F.M.)	x	x		x	x	x	x
Pseudochydorus globosus (Baird)	x	x		x			x
Polyphemus pediculus (Leuck.)	x	x	x	x	x	x	x
Sum Cladocera	27	29	20	21	21	22	21
Sum Copepoda	11	11	11	13	7	11	12
Sum kräftdjur	38	40	31	34	28	33	33

Vedlegg 1b

Hoppekreps funnet i 7 vann i Enningdalsvassdraget i 2006

Species of copepoda in seven lakes in the River Enningdalselva in 2006

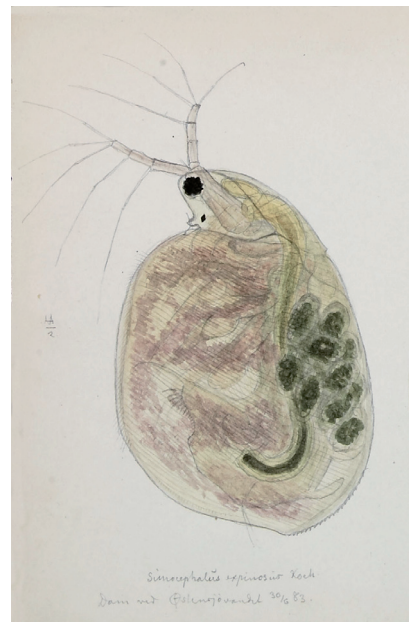
Lokalitet	Fågeljøfjærnet	Høkelundsjøn	L. Holmevatten	Lundejøfjærnet	N. Rinnanejøfjærnet	Starkarnsjærnet	Trestickjøfjærnet
Copepoda							
Eudiaptomus gracilis Sars	x	x	x	x	x	x	x
Heterocope appendiculata Sars			x	x			x
Macrocyclus albidus (Jur.)	x	x	x	x	x	x	x
Macrocyclus fuscus (Jur.)					x		x
Eucyclops denticulatus (A.Graet.)	x	x	x	x		x	x
Eucyclops macrurus (Sars)	x	x		x		x	
Eucyclops serrulatus (Fisch.)	x	x	x	x	x	x	x
Eucyclops speratus (Lillj.)		x	x	x		x	
Paracyclops affinis Sars	x		x	x	x	x	x
Ectocyclus phaleratus	x	x	x	x			
Cyclops scutifer Sars	x	x	x	x			x
Megacyclops viridis (Jur.)						x	
Acanthocyclus robustus Sars		x			x		x
Diacyclops abyssicola				x			
Diacyclops nanus (Sars)	x				x	x	x
Mesocyclus leuckarti (Claus)	x	x	x	x		x	
Thermocyclus oithonoides (Sars)	x	x	x	x		x	x
Microcyclus varicans Sars							x
Sum Cladocera	27	29	20	21	21	22	21
Sum Copepoda	11	11	11	13	7	11	12
Sum kräftdjur	38	40	31	34	28	33	33

Vannloppen *S. expinosus* (figur 2) ble noe overraskende funnet i Tresticketjärnet. Rundt 1990 var arten betraktet som svært sjelden i Norge og var kun påvist i en næringsrik dam etter at G.O. Sars hadde beskrevet den fra dammer i Oslo-området på 1860-tallet. Etter at det ble satt fokus på kulturlandskapet har det vist seg at arten er en av de vanligste, også i antall, i næringsrike dammer på Østlandet. I dag er den registrert i mer enn 50 lokaliteter, hovedsakelig i små næringsrike dammer. Unntaksvis er den funnet i littoralsonen til større vann. Et slikt funn er gjort i Tvetervann som ligger rett øst for Enningdalsvassdraget på norsk side av grensa. pH i dette vannet ligger på i underkant av 6. Tresticketjärnet og Tvetervann kan trygt sies og være atypiske funnlokaliteter for arten.

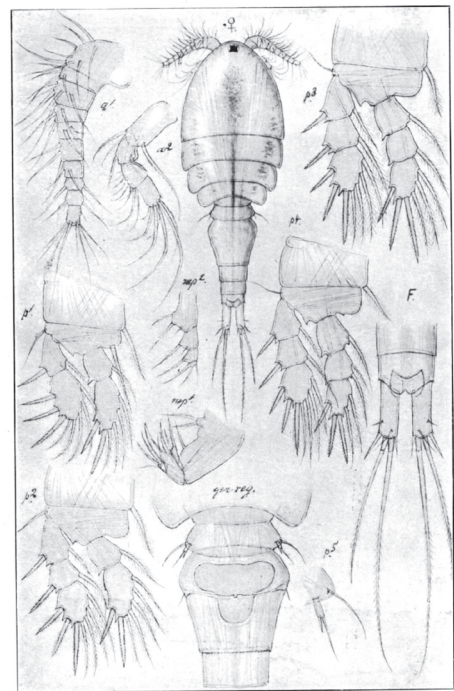
Hoppekrepsen *Microcyclops varicans* ble også funnet i Tresticketjärnet, og i likhet med *S. expinosus* er den assosiert med små grassbevokste dammer. Den er ikke funnet i Norge etter at G.O. Sars beskrev den fra dammer rundt Oslo, men i følge Einsle (1993) er den vanlig i Mellom-Europe.

Hoppekrepsen *Diacyclops abyssicola* (figur 3) ble funnet i Lundetjärnet. Også denne arten er assosiert med en mer næringrike forhold. Sars fant den på første gang på 13 m dyp i Mjøsa og i følge Lilljeborg kan den forekomme ned til 50 meters dyp. Til sammen åtte funn i Norge er gjort i littoralsonen til større innsjøer med pH>6,0 og ledningevne >5,0 mS/m.

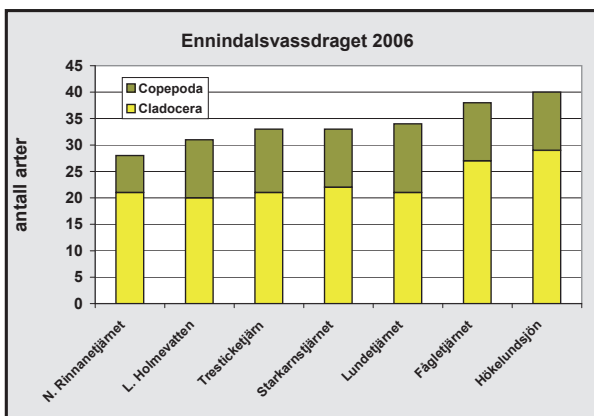
Artsantallet varierte mellom 28 og 40 arter med flest i Hökelundsjön (figur 4). Her ble det registrert 29 vannlopper og 11 hoppekreps. Flest arter på svensk side av Enningdalsvassdraget ble funnet i Nedre Bolsjön med 43 arter, mens det på norsk side er registrert 47 arter i Rødsvatn. I snitt ble det funnet 34 arter i 2006, mot 36 i de 11 vannene som ble undersøkt i 2005. I datasettet 2005 inngikk to uforsurede referansesjøer, Aspen og Kolstorppevatten som trakk opp gjennomsnittet. Til sammenligning er snittet 30 arter i den norske delen av Enningdalsvassdraget (40 vann). Det sistnevnte datasettet inkluderer 12 sure ukalkede vann der gjennomsnittet av arter var kun 23.



Figur 2. Vannloppene *Simocephalus expinosus* (Sars unpubl.).
The cladoceran *Simocephalus expinosus* (Sars unpubl.).



Figur 3. Hoppekrepsen *Diacyclops abyssicola* (Sars 1918). The copepod *Diacyclops abyssicola* (Sars 1918).



Figur 4. Antall registrerte krepsdyr i de undersøkte vannene.
Number of crustaceans in the investigated lakes.

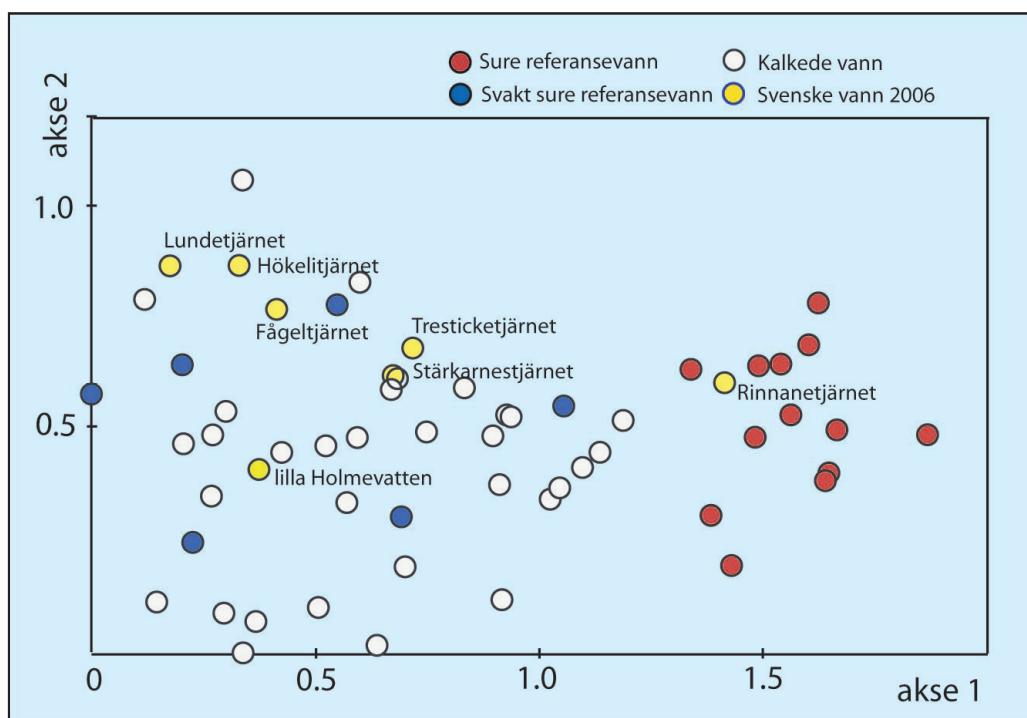
Den planktoniske vannloppen *Daphnia cristata* ble funnet i seks av vannene. Ikke uventet manglet den i det forsurede Rinnanetjärnet. Arten er interessant da den er kommet inn som ny art i mange vann etter kalking (Walseng & Karlsen 2001, Hesthagen et al. 2002). Den fins heller ikke i noen av de ukalkede sure vannene i den norske delen av vassdraget. De to vannloppene, *Holopedium gibberum* og *Bosmina longispina*, som begge var vanlige i planktonet og forekom i alle vannene, har en vid toleranse i forhold til pH. Det samme er tilfelle med de littorale formene *Acroperus harpae*, *Alonella nana*, *Alonopsis elongata*, *Chydorus sphaericus* og *Polyphemus pediculus* som også ble funnet i alle vannene. Tilsvarende ble den plankton/littorale calanoiden *Eudiaptomus gracilis* samt de cyclopoide littorale hoppekrepsene *Macrocyclus albidus*, *Eucyclops serrulatus* og *Paracyclops affinis* registrert i alle vannene.

Vannloppene *Acantholeberis curvirostris* og *Alona rustica* samt hoppekrepsen *Diacyclops nanus* er ofte assosiert med sure vann og derfor brukt som survannsindikatorer. Alle tre ble funnet i Rinnanetjärnet. I tillegg ble *A. curvirostris* funnet i Starkanstjärnet, mens *Diacyclops nanus* ble funnet i både Starkanstjärnet og Tresticketjärnet.

Flest forsuringfølsomme arter ble registrert i Hökelundssjön, med blant annet vannloppene *D. cristata*, *Alona costata* og *Pseudochydorus globosus* samt hoppekrepsen *Eucyclops macrurus*. Dette er forsuringfølsomme arter som kun unntaksvis er blitt funnet når $\text{pH} < 6,0$.

4.2.2 DCA-analyser av artsinventar

Erfaringsmessig gir tilstedeværelse/ikke tilstedeværelse og dominansdata tilnærmet like resultater og tilstedeværelse/ikke tilstedeværelse er derfor brukt som grunnlag for DCA-analyser (jfr metodekapittelet) (figur 5). Data fra respektive 40 norske og 18 svenske vann i Enningdalsvassdraget er lagt til grunn for analysen (til sammen 58 vann). Akse 1 forklarte 20,6% av totalvariasjonen i materialet, mens akse 2 forklarte 26,3%. Lengden til 1-aksen var 1,9, mens lengden til 2-aksen var 1,1.



Figur 5. DCA ordinasjon av krepsdyrsammensetningen fra 58 vann i Enningdalsvassdraget basert på forekomst/fravær av alle arter.
DCA ordination based on crustacean species (presence/absence) found in 58 lakes in River Enningdalsvassdraget.

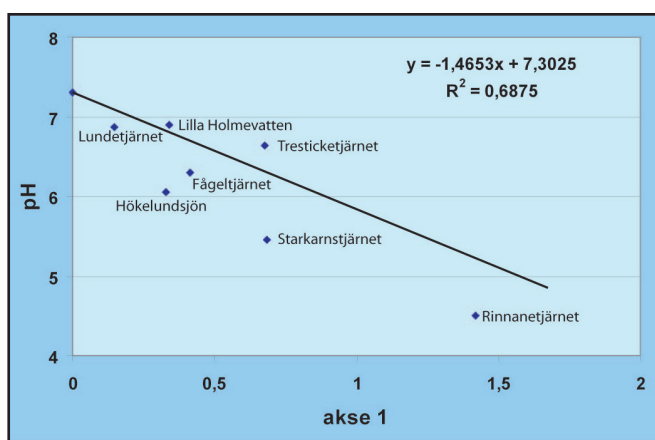
Som nevnt i metodekapittelet arrangerer DCA artslistene slik at de med lik artssammensetning blir liggende nær hverandre når resultatet plottes i et aksekors, mens artslistene med ulik artssammensetning blir liggende lengre fra hverandre i plottet. I figur 5 ligger de sure lokalitetene samlet i den høyre enden av 1-aksen og er klart atskilt fra de nøytrale/svakt sure referanselokalitetene og kalkete lokalitetene. Kolstorpevatten og Aspen, som er ukalkede referansesjøer som ble undersøkt i 2005, er eksempler på vann som plasserer seg i den nøytrale enden av 1-aksen.

Som forventet legger Rinnanetjärnet seg i samme ende av figuren som de 12 sure norske referansesjøene. Tresticketjärnet og Starkanstjärnet legger seg midt i plottet der en kan forvente uforsurede vann over marin grense, mens de fire siste lokalitetene; Lundetjärnet, Hökelundssjön, Fågletjärnet og Lilla Holmvatten legger seg i venstre ende av plottet. Basert på artsinventaret av krepsdyr er det nærliggende å friskmelde disse vannene. Lilla Holmvatten ligger adskilt fra de tre øvrige langs akse 2 noe som blant annet kan ha sammenheng med lavt artsantall og lavt humusinnhold. Humusinnholdet var svakt korrelert med 2-aksen i en analyse som omfattet 32 av de norske innsjøene.

Korrelasjonen mellom 1-aksen og pH (juni) var meget signifikant ($r^2=0,69$ $p<0,001$) (figur 6). Dette er ikke uventet da erfaringer fra andre undersøkelser med lokaliteter som representerer et spenn med hensyn til pH, er at variasjonen langs 1-aksen er sterkt korrelert med pH (Hann & Turner 2000, Schartau et al. 2001).

Korrelasjonen mellom akse 1 og pH viser at de fleste vannene i vår undersøkelse synes å ha en noe mer forsuringfølsom fauna enn det en kan forvente ut fra pH. I tilfelle Rinnanetjärnet, Lundetjärnet og Hökelundssjön er pH 0.5-1,0 lavere enn hva artsinventaret skulle tilsi. En mulig forklaring er at vannene i 2006 er representert med pH fra juni mens de øvrige vannene er korrelert mot august-pH.

Av artsplottet (figur 7) framgår hvilke arter som er assosiert med henholdsvis de sure og de kalkede/ukalkede referanselvannene. Artene som ligger nærmest 1-aksen er de som forekommer i flest lokaliteter og disse har derfor størst innflytelse på analysen. Artene til venstre forekommer hyppigst i de sureste lokalitetene og ble funnet i alle de sure, ikke kalkede vannene på norsk side av grensen. Disse artene var imidlertid sjeldne i de svenske 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 vann enn i nøytrale vann.



Figur 6. Korrelasjon mellom pH og akse 1 (figur 5).
Correlation between pH and axis 1 (figure 5).



Figur 7. Artsplottet basert på DCA-analysen presentert i figur 5.
The species plot based on figure 5.

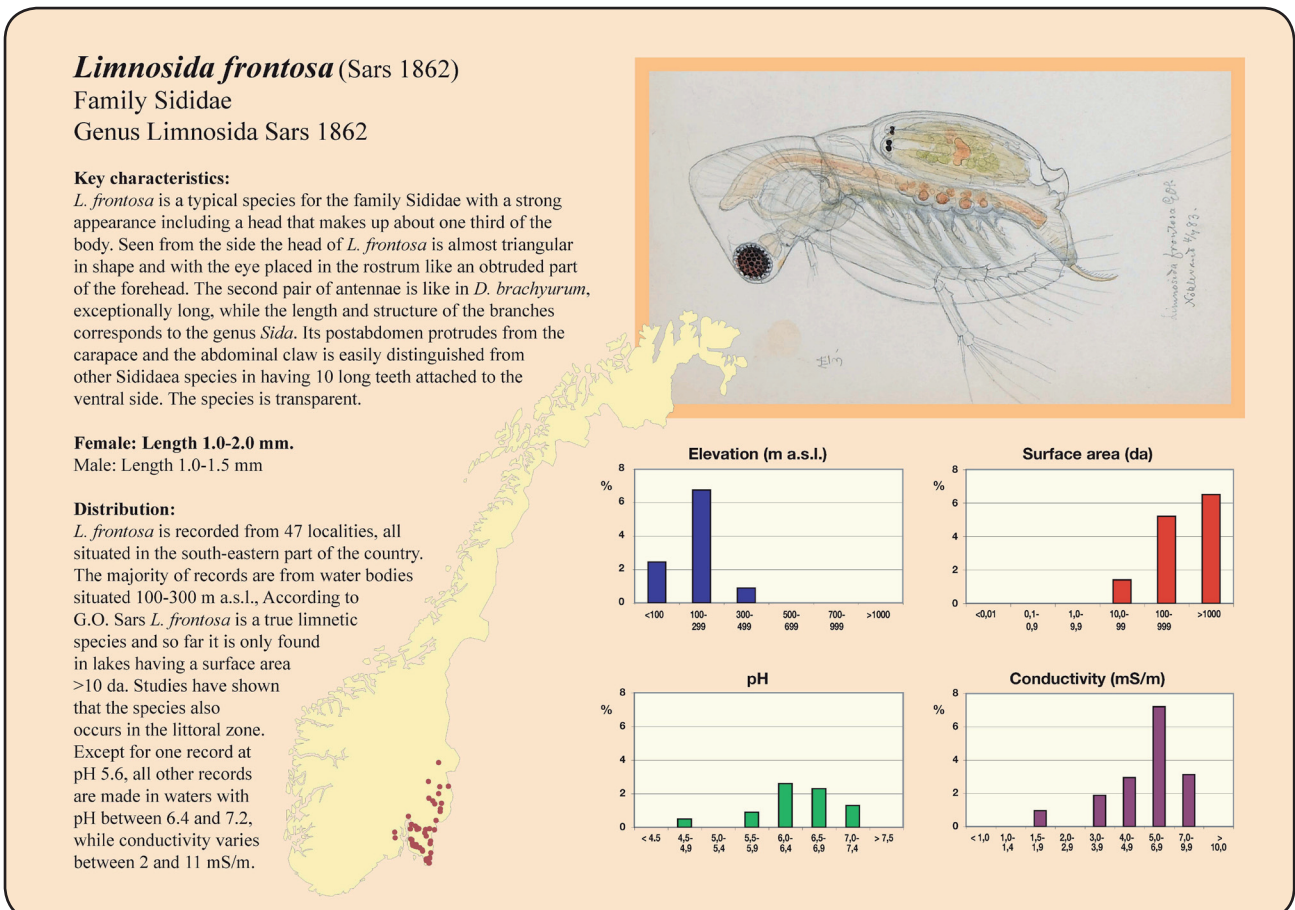
Vannloppene *Limnosida frontosa* (lim fro) *Alona costata* (alo cos) sammen med hoppekrepsen *Eucyclops macrurus* (euc mac) er kun assosiert med lokaliteter der pH>6 (Walseng 1998). Det samme er tilfelle med vannloppene *Ceriodaphnia megops* (cer meg), *C. pulchella* (cer pul), *Ophryoxus gracilis* (oph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

4.2.3 Planktoniske krepsdyr

Ser vi bort fra Rinnanetjernet der det kun ble registrert 6 arter i planktonet, var snittet for de øvrige vannene 6 arter vannlopper og 4 arter hoppekreps, det vil si at det var et snitt på 10 arter. Dette kan karakteriseres som høyt sammenlignet med hva som er funnet i norske innsjøer (Hessen et al. 2006). I følge (Pennak 1957) er planktonsamfunnet i gjennomsnitt sammensatt av henholdsvis fem arter vannlopper og tre arter hoppekreps. Fågletjernet var mest artsrikt med 12 arter, respektive åtte arter vannlopper og fire arter hoppekreps.

Daphnia cristata var vanligst vannloppe i planktonet og i tre av vannene var den dominerende art, mens den ble registrert som vanlig (1-10%) i de to andre vannene den ble funnet. I Starkarnstjernet var det slektningen *D. longispina* som dominerte, mens Rinnanetjernet er det første vannet på svensk side av Enningdalsvassdraget der *Daphnia* sp ikke blitt registrert. Også i den norske delen av vassdraget er *D. cristata* vanlig, men forekommer heller ikke her i ukalkete forsurede vann.

I vann med stor fiskepredasjon er *D. cristata* og *D. cucullata* de vanlige *Daphnia*-artene, og forekommer ofte sammen med *Bosmina longirostris* og *B. coregoni*. *D. cucullata* og *B. coregoni* ble ikke funnet i vannene som ble prøvetatt i 2006 og er på svensk side kun blitt registrert i Aspe og Kolstorpevatten. Felles for disse vannene var at de også hadde *Limnosida frontosa*. Denne arten ble i 2006 funnet i Lundetjernet og Tresticketjernet. *L. frontosa* forekommer i næringsrike lokaliteter i områdene vest til Oslofjorden (figur 8).



Rovformene *Leptodora kindti* og *Bythotrephes longimanus* ble ikke påvist i noen av vannene i 2006. Begge artene kan bevege seg raskt og derfor unnslipper å bli fanget.

Calanoiden *Eudiaptomus gracilis* ble funnet i alle lokalitetene, men dominerte kun i Rinnanetjärnet. I Hökelundsjön ble den funnet fåtallig, mens den i de øvrige var vanlig forekommende. Dette er en art med vid toleranse i forhold til forsuring og fins ikke gjerne i sure næringsfattige som i nøytrale næringsrike lokaliteter. Det er kun i høyfjellet at arten mangler. Den andre calanoiden, *Heterocope appendiculata*, ble funnet i tre av vannene; Lilla Holmevatten, Lundetjärnet og Tresticketjärnet. Denne har en østlig utbredelse i Norge der den mangler i sure vann og er derfor karakterisert som en svakt fosuringsfølsom art.

Thermocyclops oithonoides var vanligste cyclopoide copepode og manglet kun i Rinnanetjärnet. Den dominerte i alle de øvrige vannene med unntak av Tresticketjärnet der den var vanlig forekommende. I 2005 var den dominant i alle vann den ble funnet, det vil si i ni av 11 vann. *T. oithonoides* er en østlig art i Norge og synes å trives best ved midlere pH.

Liksom *T. oithonoides* manglet *Cyclops scutifer* kun i Rinnanetjärnet. Den var dominant i Lilla Holmevatten, Lundetjärnet og i Tresticketjärnet. Dette er den vanligste hoppekrepsen i Skandinavia der den er svært vanlig i næringsfattige der den viser en utrolig variasjon i livssyklus (Elgmork 1985). *C. scutifer* er relativt tolerant overfor lav pH, men er aldri funnet ved pH lavere enn 4,0. Undersøkelser har vist at *Cyclops* sp, sannsynligvis *C. scutifer*, i de fleste tilfeller synes å være favorisert av kalking, og en økning i bestanden er ofte registrert (Eriksson et al. 1983, Hörnström et al. 1992). Undersøkelser har vist at arten bl a får nedsatt eggproduksjon ved lav pH (Arvola et al. 1986).

Det foreligger kun kvalitative håvtrekk er det er derfor knyttet stor usikkerhet med hensyn til tetthetsestimater. Håvtrekkene indikerer at det er en forskjell på faktor 10 mellom Rinnanetjärnet og Starkanstjärnet som de mest individfattige og Lundetjärnet og Tresticketjärnet som de mest artsrike. I Lundetjärnet ble det funnet ca 22000 ind/m³ i august med dominans av *D. cristata*, *B. longirostris* og *T. oithonoides*.

4.2.4 Littorale krepsdyr

I alle vann ble det konstatert dominans av rovformen *Polyphemus pediculus* (*vedlegg 2, nästa sida*). I juni var den dominant i alle vannene og i Hökelundsjön var den nesten total i begge de littorale prøvene (98-99%). I august var den vanlig forekommende i de vannene der den ikke dominerte. Arten kan karakteriseres som en svakt forsuringfølsom art. Den er kommet inn som ny art i både Gärd-sjön (Henrikson et al. 1984) og Store Härsjön (Erikson et al. 1982) etter kalking. Under eksperimentelle betingelser er arten kun funnet ved pH 5,0 eller høyere (Arvola et al. 1986).

Vedlegg n														
<i>Dominansforhold i littoralsamfunnet basert på enkeltprøver. * < 1,0% ** 1-10% *** > 10 %.</i>														
<i>Composition of the littoral crustaceans. * < 1,0% ** 1-10% *** > 10 %.</i>														
	Fågeltj.		Hökeliv.		L. Holmv.		Lundetjern		Rinnandet		Stårkanstj		Trestikket	
	jun	aug	jun	aug	jun	aug	jun	aug	jun	aug	jun	aug	jun	aug
Cladocera														
Diaphanosoma brachyurum (Liév.)T	*			***			*	*	**	**	***	*	*	
Sida crystallina (O.F.M.)	**	**	**	**			**	**	**		**	*	**	**
Holopedium gibberum Zaddach								*					*	**
Ceriodaphnia megops Sars		**	*	**			*						*	***
Ceriodaphnia pulchella Sars	***	***	*	***	***	*	**				*	**	*	***
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)		*	*	*					*	**	*	**		
Daphnia cristata Sars			*	*	*		*	*			*	*	*	**
Daphnia longispina (O.F.M.)												*		
Scapholeberis mucronata (O.F.M.)	***	***	*	**	*	***	***	**	***	**	**	*	**	**
Simocephalus expinosus (Koch)														**
Simocephalus vetula (O.F.M.)		*	*	*				*						
Bosmina longirostris (O.F.M.)	**	**	*	***	*		***	**				***	*	
Bosmina longispina Leydig	*	*	*	*	*		*	*	**	***	**	**	***	**
Acantholeberis curvirostris (O.F.M.)									**	*		**		
Lathonura rectirostris (O.F.M.)				*									*	*
Ophryoxus gracilis Sars	*	*	*	*							*	*	*	*
Streblocerus serricaudatus (Fisch.)		*	*	*			*		**	*			*	*
Acroperus harpae (Baird)	*	**	*	**	*	*	**	***	**	**	*	**	**	*
Alona affinis (Leydig)	*	*	*	*			*		*	*	*	**	*	*
Alona costata Sars			*	*										
Alona guttata Sars	*		*	*	*	**	*	*	**	*			*	
Alona intermedia Sars											*			
Alona karelica Stenroos									*					
Alona quadrangularis (O.F.M.)	*										*			
Alona rectangula Sars	*													
Alona rustica Scott									*					
Alonella excisa (Fischer)	*	*	*						**		*	**		
Alonella exigua (Fischer)		**		**		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Alonella nana (Baird)		*		**		**	*	*	***	*	**	**	*	*
Alonopsis elongata Sars	*	*	*	*	*	***	*	*	*	*	**	**	*	*
Chydorus piger Sars						*								
Chydorus sphaericus (O.F.M.)	*	*	*	*	*	*	**	*	**	*	***	***	**	*
Disparalona rostrata (Koch)				*										
Eurycerus lamellatus (A.F.M.)	*	*	*	*			*		*	*	*	**		
Graptoleberis testudinaria (Sars)				*			*		*					*
Pleuroxus truncatus (O.F.M.)		**		*			*	***	*			**		**
Pseudochydorus globosus (Baird)		*		*			*		*					*
Polyphemus pediculus (Leuck.)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
antall ind i prøven	147619	35123	187625	40689	7370	5186	19771	2505	26911	73418	24920	2233	62936	3684
antall meter trekk	13	20	16	20	16	10	15	20	15	15	10	20	8	10
antall in pr m3	135526	49609	212006	57470	8328	3662	20944	3538,1	28507	77773	17599	3154	35557	2602

Vedlegg n														
<i>Dominansforhold i littoralsamfunnet basert på enkeltprøver. * < 1,0% ** 1-10% *** > 10 %.</i>														
<i>Composition of the littoral crustaceans. * < 1,0% ** 1-10% *** > 10 %.</i>														
	Fågeltj.		Hökeliv.		L. Holmv.		Lundetjern		Rinnandetj		Stårkanstj		Trestikket	
	jun	aug	jun	aug	jun	aug	jun	aug	jun	aug	jun	aug	jun	aug
Copepoda														
Eudiaptomus gracilis Sars		*		*	*	**	*	**	*		*		*	*
Heterocope appendiculata Sars							**	**	**	**				*
cal naup	*			*			**	***	**	**			**	**
Macrocylops albidus (Jur.)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**	**	**	*	**
Macrocylops fuscus (Jur.)									*	*			*	
Eucyclops denticulatus (A.Graet.)	*	*	*	*	*	**	*	*			*	**	*	
Eucyclops macrurides (Lillj.)							**	**			**	*		
Eucyclops macrurus (Sars)	*		*	*			**	**			**	*		
Eucyclops serrulatus (Fisch.)		*	*	*	*	*	*	**		*	**	**	*	*
Eucyclops speratus (Lillj.)			*	*			*	**			*	**		
Paracyclops affinis Sars	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*
Ectocyclops phaleratus		*		*			*	*						
Cyclops scutifer Sars					*								*	*
Megacyclops viridis (Jur.)											*			
Acanthocyclops robustus Sars				*					*				*	
Diacyclops abyssicola								*					*	*
Diacyclops nanus (Sars)		*						*	*				*	*
Mesocyclops leuckarti (Claus)	*	*		*	*	*	***	*	*		*	*	*	*
Thermocyclops oithonoides (Sars)	*	*	*	**	*	**	**	***			***	*	*	***
Microcyclops varicans Sars							**	**	**	*	***	***	*	***
naup				***	*	**	**	***	**	*	***	***	*	***
cycklododitt indet	**	**		**	**	**	**	***	**	**	***	***	*	***
antall ind i prøven	147619	35123	187625	40689	7370	5186	19771	2505	26911	73418	24920	2233	62936	3684
antall meter trekk	13	20	16	20	16	10	15	20	15	15	10	20	8	10
antall in pr m3	135526	49609	212006	57470	8328	3662	20944	3538,1	28507	77773	17599	3154	35557	2602

Scapholeberis mucronata (O.F. Müller 1776)

Family Daphniidae Sars

Genus Scapholeberis Schoedler 1858

Key characteristics:

This species differs much from other daphnids both in its exterior habitus and by its behaviour, however anatomical details have the same peculiarities which is characteristic for this family. The head bends forward and is almost a continuum of the dorsal rand of the carapace. Quite often the anterior part of the head (forehead) is armoured with an upward turned horn. Sars described this variant as a true species, *S. cornuta*. Anteriorly the dorsal hind of carapace ends up in a strong spine. Its postabdomen has much in common with the postabdomen found in *Ceriodaphnia* sp. *S. mucronata* has a dark colour sometimes almost black.

Female: Length 0.6-1.4 mm.

Male: Length 0.4-0.8 mm.

Distribution:

S. mucronata is very common littoral species and is found in nearly 30% (610 loc.) of the investigated water bodies. It is found in all parts of the country. The frequency of localities containing the species decrease with altitude, i.e. it occurs with a frequency of 46% between 100 and 300 m a.s.l. compared to only 4% above 1000 m a.s.l. It is found in water bodies of all sizes, but is especially common in small ponds and ditches. It is common in both acid and alkali water as well as in electrolyte rich and electrolyte poor water.

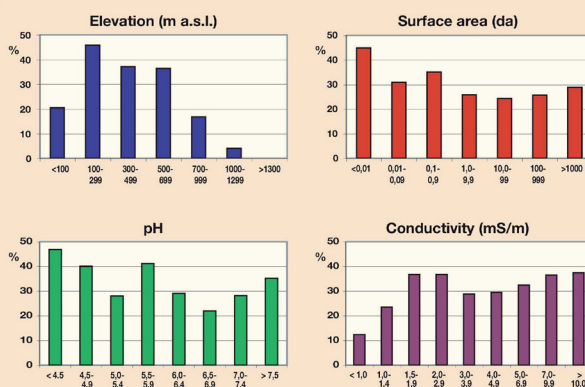
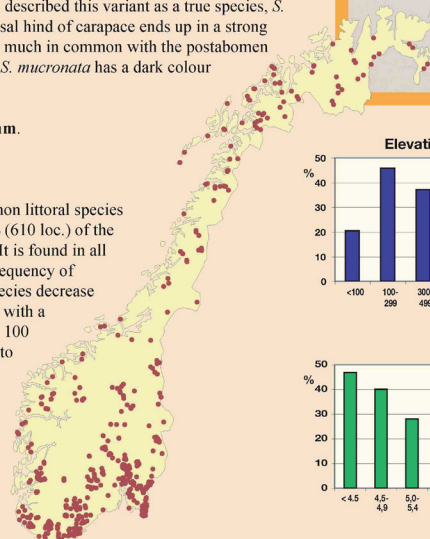
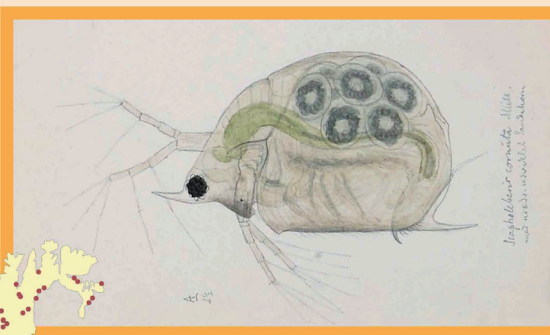


Figure 9. Vannloppen Scapholeberis mucronata. The cladoceran Scapholeberis mucronata.

Scapholeberis mucronata er en vanlig art i Enningdalsvassdraget og er så langt funnet i 93% av vannene. Den er ofte vanlig forekommende eller dominant i littoralsonen. Den ble registrert som dominant i fire av vannene i 2006, mens den var vanlig forekommende i de øvrige. Arten er tolerant overfor de fleste miljøforhold (figur 9) og det er lite som tyder på at den favoriseres av kalking.

B. longispina og *Alonopsis elongata* er ofte dominante arter i littoralsonen i næringsfattige vann og førstnevnte har ofte vært dominant i littoralsonen til undersøkte vann i Enningdalsvassdraget. Den ble funnet å dominere i Rinnanetjärnet og Tresticketjärnet, mens den ble funnet relativt fåtallig i de øvrige vannene. *A. elongata* dominerte kun i Lilla Holmvatten, noe som kan ha sammenheng med at dette var den klareste lokaliteten med lavest humusinnhold.

Ceriodaphnia pulchella var dominant i Fågletjärnet, Lilla Holmevatten og Tresticketjärnet. Dette er en plankton-littoral form som kan dominere både i littoralsonen og i planktonet. Den er en pH-følsom art som sjelden er funnet ved pH<6,0. Høye tettheter av indikerer stabilt god vannkvalitet. Slektingen *C. quadrangula* overtar med synkende pH og ble funnet vanlig forekommende i Rinnanetjärnet og Starkanstjärnet.

Sida crystallina kan ofte forekomme i store tettheter i vegetasjonen og er en av de største artene i strandsonen og derfor er viktig i biomassesammenheng. Den forekommer ofte i store tettheter på undersiden av nøkkeroseblader. Den var vanlig forekommende i alle vann med unntak av Rinnanetjärnet. Den synes favorisert av kalking da det ble registrert en økning av arten etter at kalking av Stora Hårsjön startet opp (Appelberg 1995).

Blant de forsuretolerante artene var *A. curvirostris* vanlig forekommende i Rinnanetjärnet og Starkanstjärnet. Blant chydoridene, den mest tallrike slekten med hensyn til arter, forekom verken forsurefølsomme eller forsuretolerante arter i store tettheter.

Blant hoppekrepsene var det kun *Macrocyclus albidus* som ble påvist i alle vann, og da aldri dominerende. Tallmessig var imidlertid *T. oithonoides* den vanligste også i littoralsonen. Den manglet i Rinnanetjärnet, mens den var dominant i Lundetjärnet, Starkanstjärnet og Tresticketjärnet. Blant hoppekrepsene ble det tillegg registrert dominans av *Mesocyclus leuckarti* i Lundetjärnet.

5 Konklusjon

Resultatene fra 2006 bekrefter inntrykket vi har fra tidligere, nemlig at sure ukalkete vann har en artsfattig fauna uten forsuringfølsomme arter og med et betydelig innslag av det som vi karakteriserer som forsuringstolerante arter. Rinnanetjärnet er det første vannet på svensk side av vassdraget som tilhører denne kategorien. Dersom vi antar at de øvrige vannene som ble undersøkt i 2006 har hatt en fauna tilnærmet den vi finner i Rinnanetjärnet i dag, så har det skjedd enn merkbar endring i retning av samfunn med innslag av mange forsuringfølsomme arter. *D. cristata* er eksempel på en forsuringfølsom art som var tilstede i plankonet i alle innsjøene med unntak av Rinnanetjärnet.

6 Litteratur

- Appelberg, M. 1995. Liming strategies and effects: the Lake Stora Härsjön case study. Liming of acidified surface waters. A Swedish synthesis. L. Henrikson and Y. W. Brodin, Berlin. Springer Verlag: 339-351.
- Arvola, L., Salonen, K., Bergström, I., Heiänen, A. & Ojala, A. 1986. Effects of experimental acidification on phyto-, bacterio- and zooplankton in enclosures of a highly humic lake. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 71(6): 737-758.
- Einsle, U. 1993. Crustacea, Copepoda, Calanoida und Cyclopoida. Stuttgart, Gustav Fisher Verlag.
- Elgmork, K. 1985. Prolonged life cycles in the planktonic copepod *Cyclops scutifer* Sars. – *Verh. int. Ver. Limnol.* 22: 3154-3158.
- Eriksson, F., Hörnström, E., Mossberg, P. & Nyberg, P. 1983. Ecological effects of lime treatment of acidified lakes and rivers in Sweden. *Hydrobiologia* 101: 145-164.
- Flössner, D. 1972. Krebstiere, Crustacea, Kiemen- und Blattfüsser, Branchiopoda, Fischläuse, Branchiura. – *Tierwelt Deutschl.* 60: 1-501.
- 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.
- Herbst, H.V. 1976. Blattfusskrebse (Phyllopoden: Echte Blattfüsser und Wasserflöhe). – Kosmos-Verlag Franckh, Stuttgart, 130 s.
- Hessen, D. O., B. A. Faafeng, V. H. Smith, V. Bakkestuen, and B. Walseng. 2006. Extrinsic and intrinsic controls of zooplankton diversity in lakes. *Ecology* in press
- Hesthagen, T., Walseng, B. & Karlsen, L.R. 2002. Effekter av forsurening og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget, Østfold. NINA-oppdragsmelding 761: 1-42.
- Hesthagen, T., Walseng, B., Karlsen, L.R. & R. Langåker (in press) Effects of liming on the aquatic fauna in a Norwegian watershed: why do crustaceans and fish respond differently. *Water, air and soil pollution*.
- 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:
- Huitfeldt-Kaas, H. H. 1918. Ferskvandsfiskenes indvandring og utbredelse i Norge, med et tillæg om Krebsen. Kristiania, Centraltrykkeriet.
- Hultberg, H. & Andersson, I.B. 1982. Liming of acidified lakes: induced long-term changes. *Water, Air, and Soil Pollut.* 18: 311-331.
- Hörnström, E., Ekström, C. & Andersson, P. 1992. 10 Mellansvenska sjöar, kalkningseffekter på plankton och vattenkemi. – Statens naturvårddsverk, Rapport 4048:
- 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.
- Pennak, R.N. 1957. Species composition of limnetic zooplankton communities. – *Limnol. Oceanogr.* 2: 222-232.

- 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 crustacean communities and environmental variables in Killarney, Sudbury. – *Water, air and soil pollution* 130: 1325-1330.
- Smirnov, N.N. 1971. Chydoridae. Fauna USSR, Crustacea 1 (2). – Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1974, 644 s.
- Raddum, G.G., Hagenlund, G. & Halvorsen, G.A. 1984. Effects of lime treatment on the benthos of Lake Søndre Boksjø. – *Rep. Inst. Freshwat. Res., Drottningholm* 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.
- 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.
- Vasshaug, J. & Vøllestad, A. 1990. Undersøkelser av fiskevann i Østfold i årene 1950-52. Fylkesmannen i Østfold, miljøvern avdelingen, rapport 14/1990: 84.
på vannkjemiske forhold og krepsdyr. – *NINA Utredning* 54: 1-97.
- Walseng, B. & Hansen, H. 1994. Krepsdyr og bunndyr i sure vann i Østfold. *NINA Oppdragsmelding* 335: 1-29.
- Walseng, B. & Karlsen L.F. 1997. Reetablering av forsuringsfølsomme invertebrater etter kalking av ferskvann i Østfold. *NINA Oppdragsmelding* 490: 32.
- Walseng, B. & Karlsen L.F. 2001. Planktonic and littoral microcrustaceans as indices of recovery in limed lakes in S.E. Norway. *Water, air and soil pollution.* 130: 1313-1318.
- Walseng, B., Raddum, G.G. & Kroglund, F. 1995. Kalking i Norge. Invertebrater. *DN-utredning* 1995-6. 63 s.
- Walseng, B., Halvorsen, G. & Storeid, S.E. 2001. Littoral microcrustaceans (Cladocera and Copepoda) as indices of recovery of a limed water system. – *Hydrobiologia* 450: 159-172.
- Walseng, B., Yan, N. & Schartau, A.K. 2003. Identifying littoral microcrustacean (Cladocera and Copepoda) indicators of acidification in Canadian Shield lakes. *Ambio* 32(3): 208-213.



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN