

# Hva betyr kalsium for artsrikdom og sammensetning av småkreps i Norge?

Av Ann Kristin L. Schartau, Gunnar Halvorsen og Bjørn Walseng

Alle forfatterne er forskere og ansatt ved Norsk institutt for naturforskning, Trondheim/Oslo

Innlegg på Svensk-Norsk Kalkingsseminar.

## Sammendrag

Det biologiske overvåkingsprogrammet rettet mot effekter av sur nedbør inkluderer overvåking av planktoniske og litorale småkreps i 100 faste innsjøer. Målsettingen med overvåkingsprogrammet er å gi en regionsvis evaluering av forsuringssituasjonen samt å følge utviklingen over tid. For å kunne gjøre en vurdering av forsuringstilstanden er kunnskap om naturgitte fysiske, kjemiske og biologiske forhold (naturtilstand) nødvendig. Studier av sammenlignbare lokaliteter i områder som er lite påvirket av forsuring samt paleolimnologiske studier av forsurede innsjøer viser at krepdyrfaunaen i ionefattige innsjøer med lave kalsiumkonsentrasjoner har mange likhetstrekk med forsurete innsjøer; lavt artsantall og liten andel forsuringstolerante arter.

## Bakgrunn

*Langtransporterte forurensninger og deres effekter – det biologiske overvåkingsprogrammet*

Programmet for "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør" omfatter overvåking av luft, jord- og vannkjemi samt vannbiologi. Den biologiske delen av programmet inkluderer:

- Bunndyr i innsjøer og elver
- Planktoniske og litorale krepsdyr i innsjøer
- Fiskebestander i innsjøer og elver

Mens overvåkingen i rennende vann har pågått siden begynnelsen på 1980-tallet ble overvåkingen av faste innsjølokaliteter først igangsatt i 1996. Innsjøprogrammet omfatter totalt 100 innsjøer, hvorav 20 lokaliteter undersøkes hvert år mens de øvrige 80 sjøene undersøkes hvert 4. år; ca. 20 innsjøer per år. Det gjennomføres en mer intensiv overvåking, i form av utvidet antall prøver og prøvetakingstidspunkt, av 10 innsjøer som undersøkes årlig. Målsettingen med overvåkingsprogrammet er å gi en regionsvis evaluering av forsuringssituasjonen samt å følge forsuringsutviklingen over tid. I overvåkingsprogrammet deles Norge inn i 10 regioner basert på geologi, meteorologi og biogeografiske forhold (se SFT 2001).

De akvatiske invertebratene, inkludert krepsdyrfaunaen, viser at forsuringssituasjonen er mer alvorlig i sørlige deler av Østlandet, på Sørlandet og Vestlandet sammenlignet med nordlige deler av Østlandet, Fjellområdene i Sør-Norge og Nord-Norge (SFT 2001). For alle regionene er det imidlertid stor variasjoner mellom lokaliteter. Overvåkingen av krepsdyr gir, så langt, ikke grunnlag for å konkludere med en generell bedring i forsuringssituasjonen i løpet av den femårs perioden overvåkingen har pågått. For enkeltlokaliteter, der det fins eldre data, er det imidlertid indikasjoner på små endringer over de siste 10-25 år. En positiv utvikling, med reetablering av forsuringssensitive arter i siste del av perioden, er først og fremst registrert for deler av Sørlandet (SFT 2001).

#### *Bruk av småkreps som miljøindikatorer*

Det foreligger i dag informasjon om krepsdyrfaunaen fra ca. 2700 lokaliteter i Norge. Både planktoniske og litorale krepsdyr (vannlopper og hoppekreps: totalt ca. 135 arter) er undersøkt og det er vist at gruppen er egnet for overvåking av miljøtilstanden i limniske systemer (Schartau et al. 1997). Til denne gruppen hører mange forsuringfølsomme arter samtidig som det også finnes arter med vid toleranse mht. forsuring. Endringer i vannkvalitet vil kunne gjenspeile seg både gjennom endringer i artsantall og artsinventar og i endrete dominansforhold. Med stor evne til rekolonisering vil en forvente en relativt rask respons i

krepsdyrfaunaen på bedringer i vannkvaliteten.

Erfaringen fra planktonundersøkelser i forsurete områder viser at lav pH fører til økende dominans av små vannlopper som *Bosmina longispina* på bekostning av den calanoide hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis* og den cyclopoide hoppekrepsen *Cyclops scutifer* (Spikkeland 1980, Halvorsen 1985). Det er også vist eksperimentelt (Arvola et al. 1986) og ved kalkingsforsøk (Sandøy & Nilssen 1987) at de sistnevnte artene har redusert eggproduksjon i surt vann. Forekomst i Norge viser at *E. gracilis* er vanlig ned mot pH 4,5 og kan dominere planktonet helt i pH-intervallet 4,5-4,8, mens den nesten aldri er funnet ved pH under 4,5. Selv om *C. scutifer* er påvist i lokaliteter med pH 4,5 er den sjelden eller aldri dominerende i pH-intervallet 4,5-4,8. Forholdet mellom vannlopper, cyclopoide hoppekreps og calanoide hoppekreps vil dermed endres med endringer i forsuringssituasjonen.

De litorale artene *Acantholeberis curvirostris*, *Alona rustica* og *Diacyclops nanus* er arter som kan regnes som survannsindikatorer, dvs. at de forekommer hyppigst i sure lokaliteter (Walseng 1994, Walseng upubl.). Eksperimentelt er det også vist at *A. curvirostris* er meget tolerant overfor lav pH (Locke 1991). Det finnes dessuten mange andre arter som synes tolerante mot forsuring, men som forekommer med høyere frekvens ved noe gunstigere pH. En rekke arter, her i blant mange chydorider, kommer inn ved en bedret vannkvalitet. Arter innen

hoppekrepslekten *Eucyclops*, for eksempel *Eucyclops speratus*, *E. macruroides* og *E. macrurus* (Walseng 1998), er alle karakterisert som forsuringfølsomme. Arter innen slekten *Daphnia* har en sentral funksjon som indikatorer, både for dagens innsjøer og i historisk sammenheng. Allerede ved pH 6,0 begynner daphniene å opptre med avtagende frekvens og de mangler med få unntak i lokaliteter med pH lavere enn 5,4 (Walseng upubl.).

## Naturtilstand – betydning av kalsium

For å kunne gjøre en vurdering av forsuringstilstanden er kunnskap om naturgitte fysiske, kjemiske og biologiske forhold (naturtilstand) nødvendig. Kunnskap om de økologiske forholdene i en innsjø før forsuringen startet er i de fleste tilfeller mangelfull og vi må derfor benytte oss av ikke-forsurede, sammenlignbare lokaliteter (referansesjøer). Paleolimnologiske studier, der plante- og dyrerester i innsjøsedimentene blir undersøkt, kan også gi nyttig informasjon om før-forsuringssituasjonen. I det biologiske overvåkingsprogrammet har vi lagt vekt på å inkludere ionefattige lokaliteter i områder som er lite påvirket av forsuring (Nord-Vestlandet, Midt-Norge og Nord-Norge). Det er også gjennomført paleolimnologiske studier fra 10 innsjøer; resultater foreligger, så langt, fra fire av disse.

Foruten forsuringssituasjonen er det vist at antall arter og arts sammensetning av småkrepsdyr varierer med klima, innsjøareal, produktivitet,

innhold av humus og predasjon fra andre invertebrater og fisk (Schartau et al. 1997). Manglende funn av daphnier og andre forsuringfølsomme arter tas vanligvis som en indikasjon på at innsjøen er påvirket av forsuring. Resultater fra sur nedbør overvåkingen viser imidlertid at dette også er typisk for mange av de mest ionefattige referansesjøene med lave kalsiumkonsentrasjoner.

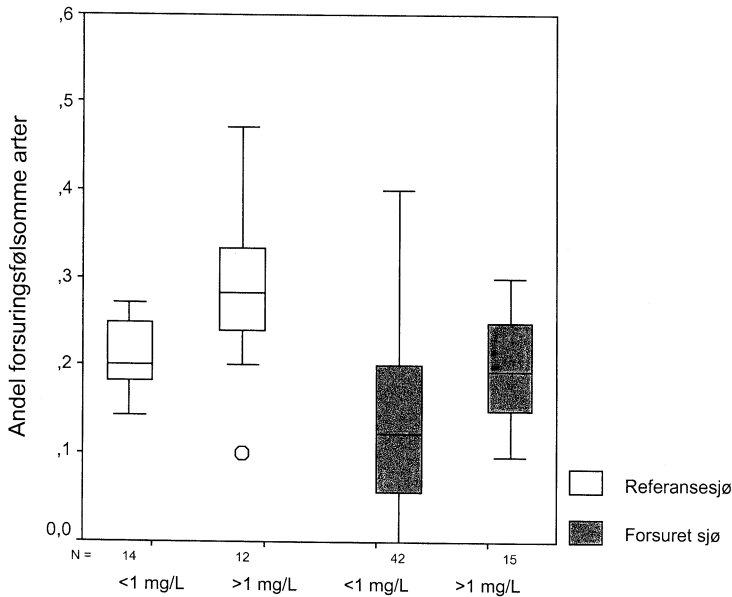
Kalsium har stor biologisk betydning, både direkte som bestanddel i biologisk materiale (eks. skall, beinstrukturer, plantevev) og indirekte ved å regulere opptak av andre ioner. Kalsium påvirker også organismenes livsmiljø. Adsorpsjon av metaller og andre forbindelser til kalsiumkarbonat kan ha en avgiftende effekt. Siden det vanligvis er et godt samsvar mellom vannets innhold av kalsium og karbonat/bikarbonat vil høye kalsiumkonsentrasjoner også bety at vannet har en høy bufferkapasitet i forhold til forsuring.

Gjennom laboratorieforsøk er det vist at individuell vekst og fekunditet hos *Daphnia* spp. avtar med avtagende kalsiumkonsentrasjon i mediet (Hessen & Rukke 2000a, Hessen et al. 2000). Regionale studier av dyreplanktonsamfunn i innsjøer, som i liten grad er påvirket av forsuring, viser også at sannsynligheten for tilstedeværelse av disse vannloppene avtar med avtagende kalsiumkonsentrasjon (Hessen et al. 1995). I tillegg til at daphniene er avhengig av kalsium for skaldannelse (Alstad et al. 1999) så viser forsøk at lave kalsiumkonsentrasjoner gir økt stressrespons i forhold til andre påvirkningsfaktorer,

som for eksempel UV-stråling (Hessen & Rukke 2000b).

I sur nedbør programmet ble daphnier funnet i 50% av referansesjøene med <1 mg Ca/L, mot 90% av referansesjøene med >1 mg Ca/L, og total

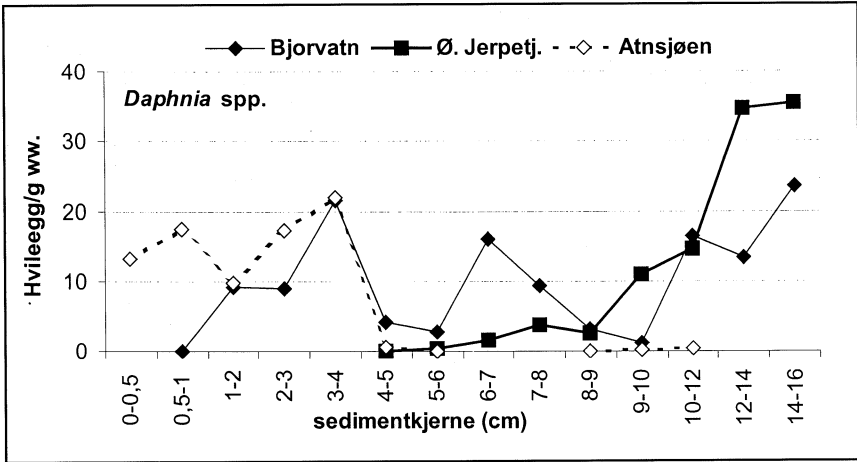
artsrikdom samt andelen følsomme arter avtok med avtagende kalsiumkonsentrasjon (**Figur 1**). I motsetning til total artsrikdom synes andel følsomme arter å være mindre relatert til innsjøareal og klima (Schartau upubl.).



Figur 1. Andel forsurningsfølsomme arter relatert til innsjøens pH og Ca-innhold basert på data fra 83 innsjøer i sur nedbør programmet. Referansesjø: en innsjø som er ubetydelig eller kun svakt forsuret ( $pH > 6,0$ ,  $ANC > 10 \mu\text{ekv/L}$ ,  $LAI < 20 \mu\text{g/L}$ ). Forsurningsfølsom art: sannsynligheten for å finne arten er mer enn fordoblet ved  $pH > 6,0$  enn ved  $pH < 5,0$  (basert på studie av ca 2 700 innsjøer).

Også resultater fra de paleolimnologiske studiene indikerer at lave kalsiumkonsentrasjoner i seg selv kan være begrensende faktor for enkelte av krepsdyrartene (**Figur 2**). I Lille Hovvatn, som har kalsiumkonsentrasjoner på 0,3 mg/L, ble *Daphnia* ikke påvist i noen av sedimentetsjikk-

tene, heller ikke i lag som representerte tiden før innsjøen ble forsuret. Våre resultater fra Lille Hovvatn er i samsvar med en undersøkelse av ionefattige innsjøer på Vestlandet (Hobæk 2000). Her ble *Daphnia* spp. påvist i sedimentene fra kun to av de seks lokalitetene.



Figur 2. For fire av overvåkingssjøene, i sur nedbør programmet, er krepsdyrfaunaen rekonstruert for perioden før forsuringen startet (ca. 1900) og fram til i dag. Dette er gjort ved å studere skallrester og hvileegg (ephippier) av vannlopper funnet i ulike sjikt nedover i sedimentet. Det øverste sedimentsjiktet representerer krepsdyrfaunaen i løpet av den siste 10-års perioden mens det nedreste sjiktet tilsvarende representerer faunaen før forsuringen startet. Figuren viser antall *Daphnia*-hvileegg per gram våtvekt (ww) sediment fra Bjorvatn, Aust-Agder (1,2 mg Ca/L), Øvre Jerpetjern, Buskerud (0,9 mg Ca/L) og Atnsjøen (referansesjø), Hedmark (0,8 mg Ca/L). Lille Hovvatn, Aust-Agder (0,2-0,3 mg Ca/L) ble også undersøkt men hvileegg ble ikke funnet i sedimentet.

## Konklusjon

Sannsynligheten for å finne daphnier og andre forsuringfølsomme arter av planktoniske og litorale småkrepser avtar med avtagende kalsiumkonsentrasjon, selv om vannkvaliteten for øvrig er god. Ved lave konsentrasjoner (<0,5 mg Ca/L) er forholdene så marginale at andre stressfaktorer, som for eksempel UV-stråling og metallforurensning, kan få avgjørende betydning for om artene finnes eller ikke. Ved fastsetting av naturtilstand, for vurdering av en innsjøes økologiske status, må det tas hensyn til disse forholdene. Vurdering av den økologiske statusen til en innsjø med lave kalsiumkonsentrasjoner er vanskelig fordi de naturlig mangler mange av de mest følsomme artene. Det arbeides kontinuerlig med å forbedre grunnlaget

for vurdering av forsuringstilstanden i Norge. Overvåkingsdataene fra 2001 vil gi oss mer kunnskap om samfunnene av småkrepser i ionefattige, ikke-forsurede innsjøer.

## LITTERATUR

- Alstad, N.E.W., Skardal, L. & Hessen, D.O. 1999. The effect of calcium concentration on the calcification of *Daphnia magna*. *Limnol. Oceanogr.* 44: 2011-2017.
- Arvola, L., Salonen, K., Bergström, I., Heinänen, 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: 737-758.
- Halvorsen, G. 1985. Hydrografi, plankton og strandlevende krepsdyr i

Kilåvassdraget, Fyresdal, sommeren 1984. Kontaktutv. vassdragsreg., Univ. Oslo, Rapp. 80: 1-48.

Hessen, D.O. & Rukke, N.A. 2000a. The cost of moulting in *Daphnia*; mineral regulation of carbon budgets. *Freshwater Biol.* 45: 169-178.

Hessen, D.O. & Rukke, N.A. 2000b. UV radiation and low calcium as mutual stressors for *Daphnia*. *Limnol. Oceanogr.* 45: 1834-1838.

Hessen, D.O., Faafeng, B.A. & Andersen, T. 1995. Competition or niche segregation between *Holopedium* and *Daphnia*; empirical light on abiotic key parameters. *Hydrobiologia* 307: 253-261.

Hessen, D.O., Alstad, N.E.W. & Skardal, L. 2000. Calcium limitation in *Daphnia magna*. *Journal of Plankton Res.* 22: 553-568.

Hobæk, A. 2000. Subfossile rester av vannlopper (Cladocera) i sedimenter i seks innsjøer i Sogn og Sunnfjord. NIVA rapport 4297-2000: 1-26.

Locke, A. 1991. Zooplankton responses to acidification: A review of laboratory bioassays. *Water, Air, and Soil Pollut.* 60: 135-148.

Sandøy, S. & Nilssen, J.P. 1987. Cyclopoid copepods in marginal habitats: Abiotic control of population densities in anthropogenic acidic lakes. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 76: 236-255.

Schartau, A.K.L., Hobæk, A., Halvorsen, G., Faafeng, B., Løvik, J.E., Nøst, T., Solheim, A.L. & Walseng, B. 1997. Virkninger av forurensninger på biologisk mangfold: Vann og vassdrag i by- og tettstedsnære områder. Diversitet av dyreplankton og litorale krepsdyr - naturlige gradienter og effekter av forurensninger, fysiske inngrep og introduksjoner. - NINA Temahefte 14: 1-58.

SFT. 2001. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2000. SFT-rapport 834/01, TA-1830/2001.

Walseng, B. 1994. *Alona* spp. in Norway: Distribution and ecology. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25: 2358-2359.

Walseng, B. 1998. Occurrence of *Eucyclops* species in acid and limed water. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 2007-2012.

Walseng, B., Sloreid, S.-E. & Halvorsen, G. 2001. Littoral microcrustaceans as indices of recovery of a limed river system. *Hydrobiologia* 450: 159-172.

## **How important is calcium for the species richness and composition among microcrustaceans in Norway**

### **Summary**

The monitoring programme "Monitoring of long-range transported air-pollution" includes monitoring of pelagic and littoral microcrustaceans from 100 lakes in Norway. The aim of the programme is to evaluate the acidification status and trends following improvements in waterquality. In order to assess the acidification status of a lake, knowledge about the expected natural conditions is necessary. Studies of comparable softwater lakes in less acidified areas (reference lakes) and palaeolimnological studies from the acidified lakes show several points of resemblance with acidified lakes concerning the microcrustacean fauna. These reference conditions are characterised by low species richness and a low ratio of acid sensitive species.