

# Djurplankton efter kalkning av 14 sjöar inom IKEU-projektet.

Av Gunnar Persson

Gunnar Persson er forskare ved Institutionen för miljöanalys, Sveriges lantbruksuniversitet.

Innlegg ved Svensk-Norsk Kalkingsseminar.

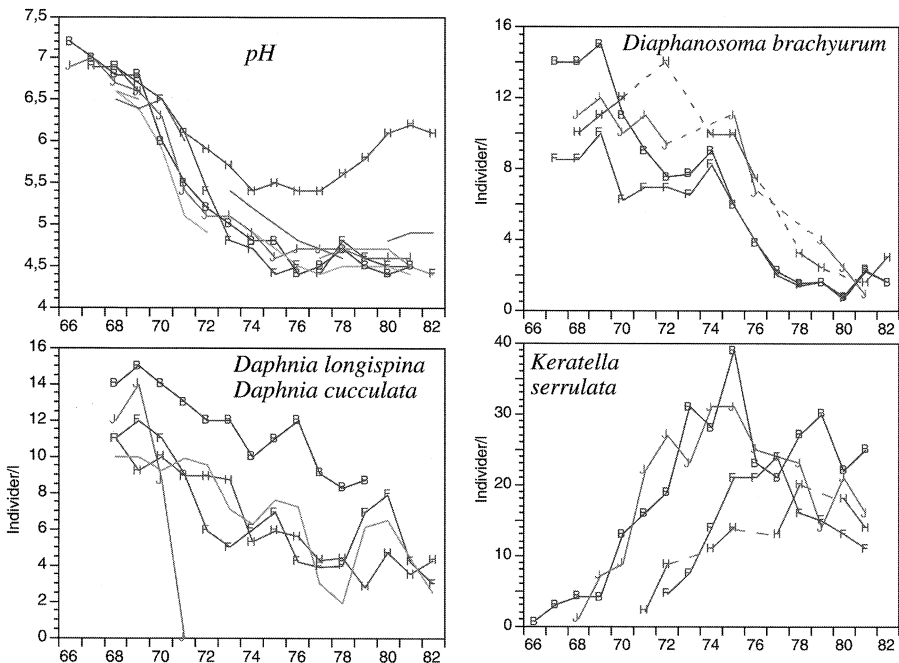
## Abstract:

Nutida djurplanktonsamhällen i de långtidskalkade sjöarna (13-26 års kalkning) inom projektet Integrerad KalkningsEffektUppföljning (IKEU) jämförs med uppgifter om tidigare djurplankton-sammansättning. Nutida antal taxa är minst dubbelt så högt som före kalkning i de sex sjöar där äldre data finns, medan två sjöar visar obetydliga förändringar. Gruppen hjuldjur (Rotatoria) visar de största skillnaderna. En jämförelse av kvantitativa data visar att individtäteten i IKEU-sjöarna är signifikant lägre för Rotatoria och Cladocera i jämförelse med icke-kalkade neutrala referenssjöar. Detta ligger i linje med övriga observationer som pekar på lägre produktionsnivå i IKEU-sjöarna än i de referenssjöar som undersöks parallellt med samma metodik. Jämförelse med ett bredare referensmaterial liksom fördjupad analys av predationspåverkan kommer att eftersträvas

## Inledning

När en sjö försuras kan man vänta sig att antalet djurplanktonarter minskar på ett karaktäristiskt sätt (Review: Brett 1989, Degerman et al. 1995). Minskningen berör alla grupper, möjligen med undantag av Diaptomidae och inleds vanligen med att släktet *Daphnia* försvinner. I detta fall tycks fysiologiska störningar ligga bakom försvinnandet men i många andra fall kan förändringar i de biotiska interaktionerna vara mer betydelsefulla (Nilssen et al. 1984). Försvinnande djurplanktonarter ersätts i mycket liten utsträckning av nytillkommande och artantalet minskar därför drastiskt, ofta till hälften eller mindre.

De kvantitativa förändringarna i individtätet och biomassa är generellt sett sämre belysta eftersom få kvantitativa undersökningar drevs före och under försurningens inledningsfas (Brett 1989). Allt tyder dock på en generell sänkning av individtäteten enligt en av de få studier som gjorts under ett inledande försurningsförlopp (Moring & Pejler 1988, figur 1).



Figur 1. pH samt djurplanktonutveckling under ca. 15 år i sjöar på Lygnerns vider, SE Göteborg. Exempel ges på minskande individtätethet under försurningen för tre arter och ökande för en. Omritat från Morling & Pejler (1990).

När sjöar kalkas görs detta generellt med antagandet att försurningsförändringarna skall vara reversibla, det vill säga att utvecklingen enligt figur 1 skall förlöpa spegelvänt till utgångsläget. För att visa om så sker finns framför allt korttidsundersökningar tillgängliga (Degerman et al. 1995, Hörnström et al 1993). Dessutom finns undersökningar som starkt visar på de biotiska interaktionernas betydelse både vad gäller predation av evertebrater och framför allt av fisk (Nyberg 1998, Stenson & Svensson 1994). Ännu kan man dock inte visa om försurningsförändringarna är helt reversibla eller vilket djurplanktonsamhälle en långtidskalkad sjö kommer att få.

Att besvara dessa frågor ingår som en viktig deluppgift i undersökningarna inom programmet för Integrerad KalkningsEffektUppföljning (IKEU) där just långsiktiga effekter av kalkning på olika delar av ekosystemen undersöks. Undersökningarna startade 1990 och de sjöar som ingår (tabell 1) har numera en lång kalkningshistoria (13-26 år, år 2000). De har också olika typer av fiskbestånd (tabell 1) och är spridda över södra och mellersta Sverige. Sjöarna finns individuellt beskrivna (liksom deras djurplanktonbestånd) på internet: <http://www.ma.slu.se/IKEU>. Djurplankton i sjöarna har också beskrivits av Persson & Ekström (2001).

	Yta (km <sup>2</sup> )	Maxdjup (m)	pH min-max	Färg (mg Pt/l)	Växtplankton (mm <sup>3</sup> /l)	Fiskarter
Stensjön	0,37	21,1	6,3-7,6	40	0,47	Ab,Mö,Lö,Ge,Slö
Stengårdshultasjön	4,64	26,2	6,4-7,6	57	0,52	Ab,Mö,Si,Gä,La,Å l
Gyslättsjön	0,33	8,3	5,8-7,1	64	0,74	Ab,Mö,Br,No
Gyltigesjön	0,4	20	6,3-7,4	43	0,19	Ab,Mö,Slö,Br, Gä
Ejgdesjön	0,91	28	6,4-7,7	12	0,2	Ab,Ör
Stora Härjsjön	2,77	47	6,6-7,6	17	0,24	Ab,Mö,Slö,Gä
Längsjön	0,67	15	5,9-7,0	58	0,76	Ab,Mö,Ge,Sa,Gä
Västra Skälsjön	0,42	19,2	5,9-7,2	6	0,2	Ab,Rö
Lien	1,53	29,2	6,2-7,2	39	0,14	Ab,Mö,Ge,No,Gä, La
Bösjön	1,11	16,7	6,1-7,6	43	0,18	Rö,Ör,El,Si
Tryssjön	0,3	19,6	5,6-7,1	108	0,1	Ab,Ör,El
Upprämnen	3,99	31	6,3-7,2	31	0,11	Ab,Ör,Rö
N.Särnamannasj	0,417	4,3	5,6-7,2	4	0,11	Ör
Källsjön	0,224	17,4	6,2-7,4	161	0,18	Ab,Mö,No,Gä

Tabell 1. IKEU-sjöarnas storlek, djup, pH (min-max), vattenfärg, säsongsväxtplankton-biovolym och fiskarter. Ab=Abborre, Mö=Mört, Si=Sik, No=Nors, La=Lake, Lö=benlöja, Ge=Gers, Slö=Siklöja, Ör=Öring, Br=Braxen, Gä=Gädda, Sa=Sarv, Rö=Röding, La=Lake, El=Elritsa, Ål

## Material och metoder

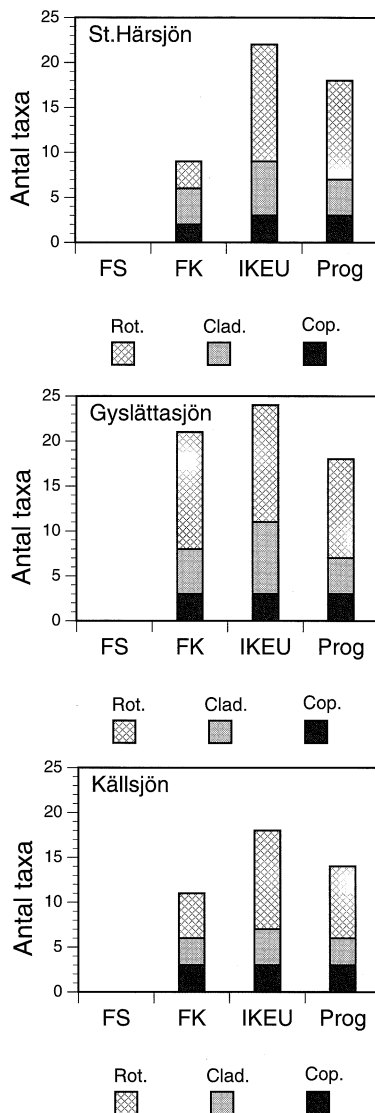
Artförekomsten i sjöarna har beskrivits med hjälp av håvprov (65-75 µm + 25µm maskvidd) tagna vertikalt över sjöarnas djupområden. Proven har konserverats i formalin och analyserats under lupp och/eller mikroskop (C. Ekström). Cyclopoida copepoder har oftast ej bestämts till art. Kvantitativa prov har från projektets start tagits i två sjöar (Västra Skälsjön och Stora Härjsjön). I ytterligare tre sjöar med planktonätande fisk har tätheten följts från 1996 och från år 2000 följs tätheten i alla sjöar. Proven tas på varannan meters djup med vattenhämtare (Limnos, 4,3 l), vattnet filteras (40µm maskvidd), provet konserveras med JJK och slås och samman till blandprov för skikten 0-8 m och 10-18 m före analys under omvänt mikroskop. Proven tas i mitten av månaderna juni, juli, augusti och september.

Med samma metodik genomförs också parallella provtagningar i 15 miljöövervakningssjöar spridda över landet och med olika fiskbestånd (<http://www.ma.slu.se/IKEU>). Bland dessa sjöar finns ett fåtal sura och en majoritet cirkumneutrala som inte berörts av försurning och som antas spegla normalförhållanden i ickeförsurade sjöar.

Zooplanktondata har också insamlats från tidigare undersökningar i de nu kalkade IKEU-sjöarna. Detta rör främst artförekomst som redovisas sammanlagt för perioden före kalkning (FK), och i enskilda fall perioden före den sura (FS). Till dessa uppgifter om artförekomst har också fogats en prognos baserad på förväntad artförekomst i opåverkade neutrala sjöar dels i södra, dels i norra Sverige (Persson och Ekström 2001). Den baseras i huvudsak på Pejler (1965, 1983).

## Resultat och diskussion

Data om tidigare artförekomst i IKEU-sjöarna finns före den sura perioden för en sjö (Stensjön) och från perioden före kalkning från 8 sjöar. För övriga sjöar saknas data före kalkning eller finns data bara för kräftdjur. I Stensjön där håvprov finns från år 1927 överensstämde antalet taxa av kräftdjur med antalet under IKEU-perioden. Däremot fanns 1927 bara en fjärdedel av det nutida antalet rotatorietaxa. Skillnaden beror sannolikt på att en allför grovmaskig håv då användes. Bland övriga sjöar med data före kalkning och under IKEU-perioden fanns ytterligare fem där antalet taxa under den inledande IKEU-perioden (1991-92) var minst dubbelt så högt som under perioden innan kalkning. Två sjöar hade mindre än 30% fler taxa under IKEU-perioden jämfört med under perioden före kalkning. Sjöarna med mer än fördubblat antal taxa som svar på kalkningen representeras här av Stora Härsjön (figur 2a). Typiskt för alla sjöar i gruppen är den stora ökningen av antalet rotatorie-taxa, en måttlig ökning av antalet cladocer-taxa och ett tillskott av ett copepod-taxa. Det är också typiskt att antalet taxa under IKEU-perioden överstiger det prognosticerade. Enligt prognosen skulle man i en sydlig sjö kunna finna 18 och i en nordlig 15 taxa. Tillfälliga eller ovanliga arter kan dock inte ingå i en sådan lista. Likväl torde några arter av den typen kunna uppträda i varje sjö vilket höjer det totala artantalet. Man kan framför allt vänta fler cladocer-taxa dels inom släktet *Daphnia*, där två arter i en sjö kan förekomma, dels inom hinnkräftgruppen som helhet.

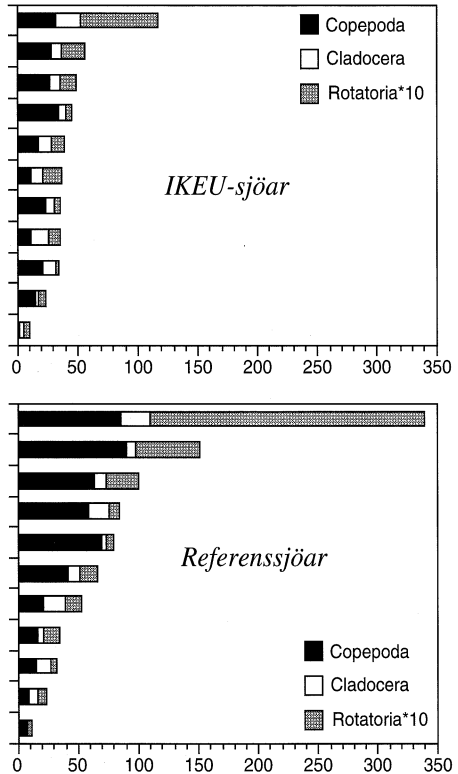


Figur 2. Antal påträffade arter i håvprov före försurning (FS), åren före kalkning (FK) - oftast i surt tillstånd - samt inom IKEU år 1991-92 och enligt en generell prognos för svenska skogssjöar (Prog). Arter inom grupperna hjuldjur (Rot.), hinnkräftor (Clad.) och hoppkräftor (Cop.) redovisas. Stora Härsjön representerar typiska förändringar i 6 sjöar medan Gyslättsjön och Källsjön utgör undantag (se text).

I de två sjöar där ökningen av antalet taxa inte var lika tydlig (figur 2b, c) fanns i det ena fallet (Gyslättsjön) fler cladocer-taxa efter kalkning, i det andra fallet (Källsjön) fler rotatorie-taxa. Det kan finnas olika orsaker till dessa skillnader. Källsjön har enligt undersökningar av kiselalgsfloran i sedimentproppar aldrig varit kritiskt sur (Korsman et al. 2000). pH har knappast understigit 5,7 även om direkta pH-mätningar indikerar tillfälligt betydligt lägre värden. Gyslättsjön har under hela IKEU-perioden betraktats som svårkalkad och har vid många tillfällen även i sen tid haft pH-värden under 6. Sjön har å andra sidan en avvikande hög humushalt jämfört med övriga IKEU-sjöar vilket i andra sammanhang visat sig mildra toxiska effekter av aluminium (Degerman et al. 1995).

I relation till tidigare undersökningar visar denna genomgång av förändringar i antalet taxa vid försurning att framför allt arter inom gruppen Rotatoria är mycket känsliga, förmodligen känsligare än gruppen cladocera (spec. *Daphnia*) som tidigare framhållits som en speciellt god försurningsindikator (Brett 1989). Genomgången motsäger inte att djurplanktonsamhällets sammansättning är reversibel och nu har återgått till ett prognosticerat samhälle utan försurningsskador. Bara i några enstaka sjöar kan dock äldre data bekräfta samhällenas sammansättning före försurning. En jämförelse med de parallellt provtagna referenssjöarna kan baseras på kvantitativa data år 2000 (figur 3) och visar på en tydlig skillnad mellan

grupperna vad gäller Rotatoria och Copepoda. Sura sjöar bland referenssjöarna har då hållits utanför jämförelsen. Skillnaden kan sägas vara mest allmän vad gäller Copepoda. För Rotatoria är det framför allt några höga extremvärden som bidrar till skillnaden. Medelvärden och skillnader sammanfattas i tabell 2.



Figur 3. Sommarmedelindividtätheter i grupperna IKEU-sjöar och referenssjöar år 2000. Jämförelsen grundas på medelvärden för prov tagna juni, juli augusti och september i skiktet 0-8 m med identisk metodik. Individer/l anges för Cladocera och Copepoda medan 10\* ind./l anges för Rotatoria

	Rotatoria (ind/l)	Cladocera ind/l)	Copepoda (ind/l)
IKEU-sjöar, medel	141	9,4	20,4
IKEU-sjöar, median	97	8,4	20,5
Ref.-sjöar, medel	346	10,2	43,6
Ref.-sjöar, median	131	9,2	42,3

Tabell 2. Medel och medianvärden för individtätheter av tre djurplanktongrupper i IKEU- och referenssjöar enligt figur 3. IKEU-sjöarna hade signifikant lägre individtätheter (Wilcoxon sign rank test) av Rotatoria ( $p=0,03$ ) och Copepoda ( $p=0,04$ )

Dessa lägre individtätheter i IKEU-sjöarna skulle kunna tolkas så att sjöarnas djurplankton under en inledande försurningsfas reducerats enligt figur 1, och att utvecklingen efter kalkning inte varit helt reversibel. Enligt hypoteser som tidigare framförts kan detta bero på en lägre fosfortillgänglighet i kalkade sjöar (Jansson et al. 1986, Persson & Appelberg 2001). Inom IKEU-projektet har visats att fosforhalter i relation till organiskt material (TOC) är lägre än i de sjöar som använts som referenser. Detsamma gäller bakteriehalter (Bergström 1999). Den säsongsvisa haltreduktionen av oorganiskt kväve är lägre och växtplanktonmängderna är också lägre i de långtidskalkade sjöarna än i de sjöar som använts som referenser (Persson & Appelberg 2001). Detta är i sig inget bevis på en förändring mot lägre produktivitet eftersom valet av referenser påverkar utfallet. Det kan dock nämnas att iakttagelser av Nyberg (1998) pekar i samma riktning. Han fann efter ca 10 års kalkning lägre kräftdjurstäthet i 7 undersökta sjöar jämfört med före kalkning. Bland dessa fanns Västra

Skälsjön (numera IKEU-sjö) som åren efter kalkning hade hög kräftdjurstäthet (20 ind/l) men efter 10 år betydligt lägre individtäthet (7 ind/l). Detta torde spegla hur näringsbrist kan påverka djurplanktonbestånden mängdmässigt. Det finns för den skull ingen anledning att bortse från effekterna av andra biotiska interaktioner framför allt predationen, vilka kommer att vidare utvärderas. Ett insamling av ett bredare urval av referenser kommer också att eftersträvas framför allt genom att sammanställa data från redan gjorda undersökningar.

## Referenser

- Bergström, A.-C. 1999. En jämförelse av bakterieantal mellan kalkade och okalkade sjöar. Rapport 199:11, Inst. f. Miljöanalys, Sveriges Lantbruksuniversitet Uppsala, ISSN 1403-977X.
- Brett, M.T. 1989. Zooplankton communities and acidification processes (a review). *Wat, Air Soil Poll.* 44:387-414.
- Degerman, E., Henrikson, L., Herrman, J. & Nyberg, P. 1995. The effects of liming on aquatic fauna. In:

Henrikson, L. & Brodin, Y.W. 1995. Liming of acidified surface waters. Springer-Verlag Berlin.

Hörnström, E., Ekström, C., Fröberg, E. & Ek, J. 1993. Plankton and chemical-physical development in six Swedish west coast lakes under acidic and limed conditions. *Can. J. Fish. Aqu. Sci.* 50: 688-702.

Jansson, M., Persson, G. & Broberg, O. 1986. Phosphorus in acidified lakes: The example of Lake Gårdsjön, Sweden. *Hydrobiologica* 139: 81-96.

Korsman, T., 2000. Paleolimnologiska undersökningar av kalkade referenssjöar. Del 1. Källsjön, Gävleborgs län. Inst. f. Ekologi och geovetenskap, Umeå univ. ISBN 91-7191-959-7.

Morling, G. & Pejler, B. 1988. Acidification and zooplankton development in some west-Swedish lakes 1966-1983. *Limnologia* (Berlin) 20:307-318.

Nilssen, J.P., Östdahl & Potts, W.T.W. 1984. Species replacement in acidified lakes: physiology, predation or competition? *Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm* 61: 148-153.

Nyberg, P. 1998. Biotic effects in planktonic crustacean communities in acidified Swedish forest lakes after liming. *Wat. Air Soil Poll.* 101:257-288.

Pejler, B. 1965. Regional- ecological studies of Swedish fresh-water zooplankton. *Zool. Bidr. Uppsala* Band 36:4.

Pejler, B. 1983. Zooplankton indicators of trophy and their food. *Hydrobiologica*. 101: 11-14.

Persson, G. & Ekström, C. 2001.

Djurplankton före och efter kalkning i sjöar inom Integrerad Kalknings-EffektUppföljning. Rapport 2001:6, Inst. Miljöanalys, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala, ISSN 1403-977X.

Persson, G. & Appelberg, M. 2001. Evidence of lower productivity in long term limed lakes as compared to unlimed lakes of similar pH. *J. Wat. Air Soil Pollut.* (130:1769-1774).

Stenson, J.A.E., Svenson, J. E. 1994. Manipulation of planktivore fauna and development of crustacean zooplankton after restoration of the acidified Lake Gårdsjön. *Arch. Hydrobiol.* 131:1-23.

## Summary in English:

### **Zooplankton response to long term liming of 14 lakes within the ISELAW-programme**

A comparison of zooplankton species stocks after long term lake-liming (13-26 years) within the Swedish Integrated Studies of the Effects of Liming Acidified Waters programme to that before liming (available for 8 lakes) shows a more than doubled number of taxa in 6 lakes and minor differences in 2 lakes. Assessments of zooplankton density in 14 ISELAW-lakes and a corresponding number of circumneutral unlimed lakes show abundance of copepods and rotifers to be lower than in the reference lakes. This fits into a theory of lowered productivity in acidified and long-term limed lakes but is also dependant on the references chosen. A possible dependence on different predation pattern of the lakes will also have to be considered.