



Bottenlevande djur före och efter kalkning i sjöar inom **I**ntegrerad **K**alknings**E**ffekt **U**ppföljning

av

Gunnar Persson¹

¹) Institutionen för miljöanalys,
Box 7050
750 07 Uppsala
E-mail: Gunnar.Persson@ma.slu.se

Bottenlevande djur före och efter
kalkning i sjöar inom Integrerad
KalkningsEffektUppföljning

Tryck 2001/04

Upplaga 40 ex

© Inst. för miljöanalys

ISSN 1403-977X

Sammanfattning

De långsiktiga kemiska och biologiska effekterna av sjö- och vattendragskalkning studeras inom Programmet för Integrerad KalkningsEffektUppföljning. Inom programmet har förekomsten av botten djur följts i, som mest, 15 sjöar. Artsammansättning och individtäthet har följts i tre djupzoner (littoral, sublittoral och profundal) med årliga höstprovtagningar sedan 1989. Data från IKEU-perioden har här hämtats från perioden 1989-1993. Alla sjöar var kalkade innan programmets start med den tidigaste starten 1974 och den senaste 1985.

Inför en kommande utvärdering av botten djurens utveckling i sjöarna finns det anledning att jämföra nuvarande djursamhällen med vad som kan förväntas i normala, icke-sura, icke-kalkade, fattiga skogs sjöar samt att också beskriva hur sjöarna hade sett ut utan kalkning.

I rapporten redovisas två tillvägagångssätt, dels att genom äldre undersökningar i just dessa kalkade sjöar finna svar på både hur deras botten djursamhällen sett ut innan försurning och innan kalkning (ofta i surt tillstånd), dels redovisas med hjälp av en modell förväntat tillstånd i motsvarande sjö med icke-försurad fauna. Modellresultaten har dock inte varit uppmuntrande och tyngdpunkten har lagts på att identifiera och redovisa alla kända tidigare provtagningar och beskrivningar av botten djuren i IKEU-sjöarna. Uppgifterna berör nästan enbart mjukbottenfaunan (sublittoral + profundal) eftersom äldre hårdbottenprovtagningar och littoralprovtagningar över huvud taget saknas nästan helt.

Data från perioden före försurning fanns från 3 av sjöarna. Från 6 sjöar fanns data från perioden med nära förestående kalkning och från 6 sjöar fanns data efter kalk-

ning men före IKEU-provtagningarnas start (tabell 1). Provtagningen har i majoriteten av alla fall gjorts med Ekmanhuggare och provet sållats genom 0,6 mm såll. Årstid och taxonomisk upplösning har dock varierat.

I *sublittoralen* fanns under IKEU-perioden 18-22 taxa i de tidigare undersökta sjöarna: Ejdgjesjön, Stora Härsjön, Gyslättsjön, Långsjön (Åva), Västra. Skälsjön och N. Särnamannasjön. Av dessa hade Gyslättsjön och V. Skälsjön samma eller högre antal taxa före försurningens inträdande. Så kan också ha varit fallet med Stensjön där den taxonomiska upplösningen inte medger fördjupad analys. Av dessa sjöar hade Ejdgjesjön den mest utarmade sublittoralfaunan innan kalkning med 4 arter. I Stora Härsjöns sublittoral fanns 10 arter, i Särnamannasjöns sublittoral 12 arter och i V. Skälsjöns och i Långsjöns sublittoral fanns 18 arter innan kalkning. Återhämtningen till nuvarande tillstånd har som framgår bl. a. av dessa uppgifter varit störst och tydligast i västkustsjöarna.

I *profundal*proven från de sydliga sjöarna Stora Härsjön och Stengårdshultasjön fanns 10 taxa både inför kalkning och under IKEU-perioden. Längre norrut fanns i Långsjön och V. Skälsjön. 6-7 taxa i profundalen under IKEU-perioden. Före kalkning fanns i V. Skälsjön identiskt artantal medan det i Långsjön endast fanns 2 taxa.

Med enbart antalet taxa som indikator framgår således att de stora förändringarna står att finna i sublittoralen medan utvecklingen i profundalen kräver en analys där bl. a. exakta provtagningsdjup och syrgashalter om möjligt beaktas.

Innehåll

Sammanfattning	1
Innehåll	2
Inledning	3
Datafångst	4
Allmän datatillgång för svenska skogssjöar	4
Datatillgång från IKEU-sjöar före 1989	4
Prognosmöjligheter	7
Förutsättningar att återfå bottendjursamhällen efter kalkning	7
Förväntade bottendjursamhällen enligt modellberäkning	8
Möjligheter att bedöma faunaförändringar över tid	10
Referenser	11
Appendix: Bottenfauna i enskilda sjöar	12
Stensjön	12
Gyslättsjön	13
Västra Skälsjön	13
Stora Härsjön	15
Stengårdshultasjön	16
Ejgdesjön	16
Källsjön	17
Övre Särnamannasjön	19
Nedre Särnamannasjön	19
Långtjärn, Åva (Stockholms län)	20

Inledning

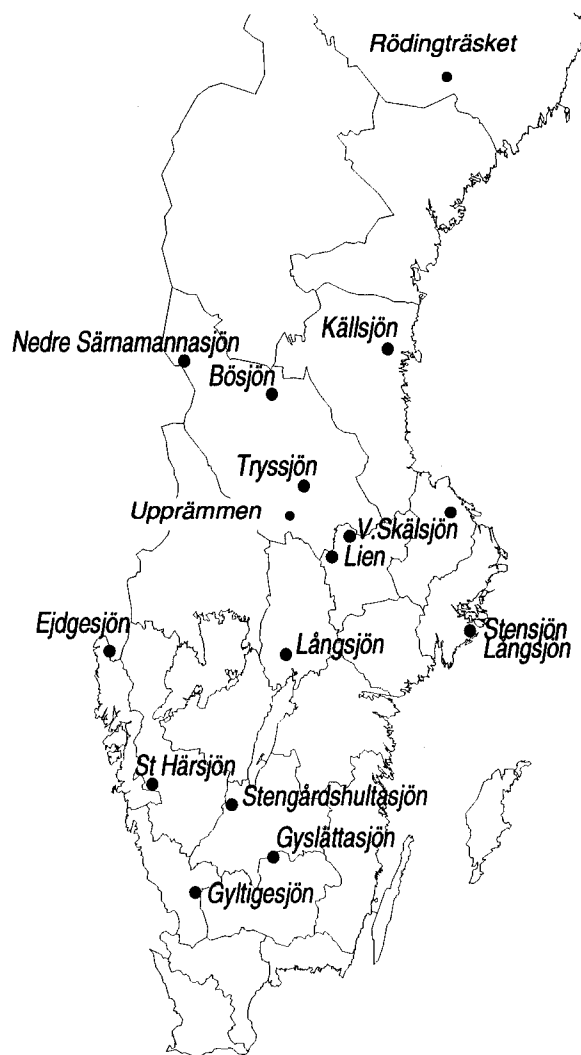
Den biologiska och kemiska utvecklingen efter kalkning har följts i mer än 10 år i 14 sjöar inom programmet för Integrerad Kalknings-EffektUppföljning (IKEU). Programmet startade 1989 och har drivits i sjöar enligt figur 1.

Undersökningarna i Upprämmen och Rödingträsket upphörde 1994 respektive 1998. Nedre Särnamannasjön tillkom 1997 och Långsjön i Stockholms län 1999. I den sistnämnda följs ett återforsurningsförlopp.

Förekomsten av bottendjur har följts sedan programmets start i tre olika bottenmiljöer: littoralen ned till någon meters djup, sublittoralen ned till makrofyternas undre utbredningsgräns – som ibland sammanfaller med temperatursprångskiktet – samt den kalla, och ibland syrgasfattiga profundalen. Littoraldjurens förekomst har inventerats med håvning längs en identisk och begränsad strandsträcka årligen i varje sjö. I de övriga miljöerna har djuren sällats fram ur sedimentproppar som tagits inom identiska provtytor på 4-8 m djup (sublittoral) och i sjöarnas djuphålur (profundal). Provtagningslokaler finns beskrivna i Appelberg & Aldén (1992) eller <http://www.ma.slu.se/IKEU>.

Inom projektet finns ett övergripande syfte att med olika tillgängliga metoder bedöma om de erhållna bottendjursamhällena efter efter en lång period av kalkning överensstämmer med vad som kan förväntas. Det är också önskvärt att beskriva bestånden som de skulle ha sett ut utan kalkning.

Inför en sådan kommande utvärdering har nu har arbetet dels inriktats på att finna äldre undersökningar från de aktuella sjöarna där uppgifter både från tiden före försurning och från den sura perioden före kalkning finns. Dels har arbetet inriktats på att testa en prediktiv modell som ger sannolikheten för olika arters uppträdande i olika miljöer. Modellen baseras på artförekomsten i 26 referenssjöar och koncentreras här på djuren i profundalزونen. Modelarbetet blir nödvändigt bl.a. eftersom beskrivningar av bottnarnas djurliv längre tillbaka i tiden i så stor utsträckning sak-



Figur 1. Kalkade sjöar som någon period åren 1990-2000 ingått i IKEU-projektet

nas. Från V. Skålsjön finns dock Lars Brundins undersökningar 1943. I Gyslättsjön var Karl Lang verksam 1929-30 och från Stensjön finns Gunnar Alms översiktliga beskrivning från 1926-27. Ytterligare ett fåtal undersökningar ger en bild av faunan i surt tillstånd och efter kalkning.

Data från insamlingsarbetet redovisas här i kondenserad form. Hela materialet har så långt det varit möjligt insamlats från råprotokoll och lagrats digitalt. Materialet finns tillgängligt på förfrågan.

Andra typer av undersökningar t. ex. analys av rester från bottendjur (speciellt fjädermyggornas huvudkapslar och käkar) i sedimentproppar har fått anstå eftersom arbetet är omfattande.

Datafångst

Allmän datatillgång för svenska skogssjöar

Kunskapen om de botten- och strandlevande djuren är numera generellt hög i Sverige. I littoralen brukar speciellt faunan på hårda substrat (sten- grus- och hållbotten samt makrofytvegetation) undersökas genom att man genom omrörning eller skrapning lossgör djuren och sedan tar ett kvalitativt prov med håvning. Denna typ av faunainventering finns knappast representerad i äldre sjöundersökningar med vissa undantag (t. ex. Hubendick 1949). Den blev intressant i samband med undersökningar av försurningsskador eftersom just denna typ av fauna visade sig vara speciellt känslig för surhet och dess följdverkningar. Därför finns med början på 1970-talet strandzonens fauna från många skogs- och fjällsjöar undersökt (t. ex.. Lingdell 1983) Kunskapen är spridd i många rapporter vilka i huvudsak sammanfattas i "kalkbibeln" (Henrikson & Brodin 1995).

Från sjöars littoral har senare tillkommit ett stort referensmaterial i form av riksinventeringen 1995 som omfattar prov från ca 700 sjöar i hela landet och har insamlats med samma metod som i IKEU-sjöarna (Wilander et al 1998).

Undersökningar av faunan på och i sjöarnas mjukbottnar (sublittoral och profundal) har en längre historia. Sven Ekman skapade vid sekelskiftet den sedan dess använda bottenhuggaren som gör det möjligt att identifiera och räkna djuren i den sedimentpropp med bestämd areal som tas upp med huggaren. Äldre undersökningar av skogssjöars mjukbottenfauna är dock inte vanliga men har utförts av framför allt Trybom 1895, Brundin (1949), Järnefelt (1925), Lang (1931).

Det finns således ett glest äldre material om skogssjöarnas mjukbottenfauna. De relativt sena undersökningar av mjukbottenfauna som gjorts före och efter kalkning har tidigare sammanställts (Eriksson et al 1982, Henrikson & Brodin 1995).

Arbetet har här koncentrerats på att enbart samla äldre data från de få IKEU-sjöar som tidigare undersökts.

Datatillgång från IKEU-sjöar före 1989

Tillsammans taget finns data "före försurning" från tre sjöar och omedelbart före kalkning från fem, alt. sex sjöar. Uppföljning efter kalkning (fram till 1989) finns för sex sjöar (tabell 1)

Vid den tidigaste provtagningen i Stensjön användes "Ekman-Birges bottenhuggare" med 2,2 dm² yta (Alm 1928). Sållets maskvidd är obekant. Fem prov togs på 15-21 m djup och fem på 5-6 m djup, sannolikt den 23/8 1927. Dessutom togs två prov i den grunda utloppsviken (Lanan).

Även från Gyslättsjön finns en tidig undersökning (Lang 1931). Prov togs dels på försommaren (29/6) 1929 dels på hösten (29/10) 1930 med en specialhämtare avsedd för extremt löst bottenmaterial. På var och en av 15 stationer togs 5,08 dm² yta och provén sållades genom såll med 0,6 mm maskvidd. Djuphålan – där syrgashalten var låg – undveks och största provtagningsdjup var 5,2 m, vilket var ovan temperatursprångskiktet.

Undersökningarna i Västra Skälsjön "före försurning" gjordes av Brundin 27/8 och 29-30/9 1943 (Brundin 1949). Brundin använde Ekmanhuggare och tog prov i en djupprofil från 1,5 till 18,5 m djup men redovisar främst proven från mjukbotten på större än 4 m djup. Data från totalt 20 stationer med dubbelprov från 8 djupnivåer redovisas. Brundin gjorde också en detaljerad taxonomisk analys, framför allt av fjädermyggorna, och samlade kläckande och flygande exemplar vid senare tillfällen. Dessutom gavs en för tiden omfattande beskrivning om miljöförhållandena i övrigt.

V. Skälsjön har senare undersökts 1973, 1977, 1978, 1979, 1980, 1985 och 1987 innan IKEU-undersökningarna startade. Alla un-

undersökningar har utförts av P. Mossberg. Vid redovisning har de grupperats i "surt tillstånd före kalkning" (1973-78) samt "nära efter kalkning" (1979) och "långt efter kalkning" (1985-87) (Mossberg 1979, Mossberg & Nyberg 1976, Mossberg & Nyberg 1979, Eriksson et al 1982, Henrikson & Brodin 1995). Vid Mossbergs provtagningar har Brundins provtagning kopierats förutom att provtagningarna utfördes i mars-april. Resultaten har dels detaljredovisats (Mossberg & Nyberg 1976), dels har en bearbetning med tre djupzoner redovisats: littoral (1-2 m), sublittoral (4-6 m) och profundal (8-18 m) (Brodin & Henrikson 1995). Ekmanhuggare har använts vid alla de senare undersökningarna och proven har sällats i säll med maskvidden 0,6 mm. I föreliggande rapport beskrivs situationen "före kalkning" (figur 4) med data från 1973+77 (ej 1973-78 enligt ovan). Djupen 4-6m redovisas som "sublittoral" och djup större än 14 m som "profundal" (figur 4).

Stora Härsjön ingick i Härskogen-projektet med de första storskaliga kalkningarna 1977 /78. Undersökningar före och efter kalkning var översiktliga, och detaljer kan inte alltid

utläsas i den samredovisning som gjordes. Mjukbottenfaunan provtogs med Ekmanhuggare på 2, 4, 8, 15 och 20 m före kalkning 28/10 1977, och finns detaljredovisad (Alenäs 1979). Efter kalkning har prov tagits 1979, 1981 och 1984 (Alenäs et al 1982, Alenäs 1986). Sållets maskvidd var i detta fall 0,6 mm.

Strandfaunan provtogs före kalkning 1976 och efter kalkning 1979, 1981 och 1984.

Nedre Särnamannasjön kom in i IKEU-projektet relativt sent och därför har även en provtagning utanför IKEU från 1992 tagits med i denna sammanställning. Den motsvarar närmast IKEU-provtagningar vid samma tid i övriga sjöar. Proven togs med Ekmanhuggare på tre djup den 7/8 1992 och standardsäll (0,6 mm) har använts (P. Mossberg opubl.).

Här redovisas också data från Ö. Särnamannasjön 1977 som torde i huvudsak representera bottenfaunan i N. Särnamannasjön innan den kalkades. Metodiken har varit den ovan citerade och proven togs 22/8 1977 (Mossberg 1979).

Tabell 1. Antal bottendjursprovtagningar i olika sjöar dels före kalkning dels efter kalkning men före IKEU (<1989). Data från perioden före luftföroreningsförurning (ca 1950) anges separat (före sur). Kursiv stil anger kvalitativt prov (håvprov) i strandzonen, övriga prov är tagna på mjukbottnar med Ekmanhuggare. Resultat ges också separat för varje sjö (sid 12).

NAMN	Före sur	Före kalkning	Efter kalkning
Stensjön	1		
Långsjön, Åva		2	12
Stengårdshultasjön		1	
Gyslättasjön	2		
Gyltingesjön			
Ejgdesjön			2
Stora Härsjön		2	3,3
Västra Skälsjön	2	2, 2	5, 3
Lien			
Upprämnen			
Bösjön			
Tryssjön			
Nedre Särnamannasjön		1*	
Källsjön			
Rödingträsket			

*Prov från Ö. Särnamannasjön omedelbart uppströms

I Stengårdshultasjön gjordes 1971 en provtagning med Ekmanhuggare på 22 m djup i samband med en inventering i Nissans vattensystem (Lst Jönköping). Sållets maskvidd förutsätts vara 0,6 mm.

I Ejdgesjön har provtagningar gjorts i juni 1974 och 1977 (Ekström opubl.). Båda provtagningarna är gjorda på mjukbotten med Ekmanhuggare på 1 respektive 4 m djup i littoral respektive sublittoral. Den senare är en upprepning av den förra och utförd med standardmetodik (säll med 0,6 mm maskvidd)

Från Källsjön finns provtagningar utanför IKEU från 1985, 1986, 1990 och 1991 (G. Lindgren opubl.) De båda första provtagningarna, som är av störst intresse här, gjordes på två djupnivåer, 8 alt 9 m djup och på 16 alt 18 m djup. Den första provtagningen gjordes i oktober den andra i maj. Standardförfarande med Ekmanhuggare

och säll med 0,6 mm maskvidd användes. Djupen 8-9 m ligger i Källsjön under sublittoralen och i profundalens övre del.

I Långsjön i Stockholms län, där återförsurningsundersökningar nu görs, har bottenfaunaprover tagits med standardmetodik vid sammanlagt 14 tillfällen under perioden 1977-87. Prover togs dels året före kalkning i april och december, dels tre år efter kalkning två gånger per år. Senare togs prover enbart i mars-april. Två ekmanhugg togs på vardera 1 resp. 2 m djup och därefter på varannan meter ut till största djupet. Materialet beskrivs i en samlad utvärdering av korttidseffekter av kalkning i nio sjöar (Eriksson et al 1982) men är i sin helhet opublicerat (Mossberg opubl.).

Data om förekomsten av olika bottendjur har samlats i en databas omfattande de mätningar som utgör underlag för tabell 1. Databasen är tillgänglig på förfrågan.

Prognosmöjligheter

Förutsättningar att återfå botten-djursamhällen efter kalkning

De bottenlevande djuren utgör en mycket heterogen grupp vad gäller taxonomisk ställning, livshistoria, näringsval och uppehållsmiljö. Insektslarverna, en viktig komponent av botten- och stranddjuren, lämnar dessutom vattenmiljön under vissa perioder.

Gruppens komplexitet kan ligga bakom de iakttagelser som gjorts om varierande reaktion på kalkning och en förhållandevis stor växling mellan olika arters närvaro enskilda år (Lingdell & Engblom 1997). Vid undersökningar av littoralfaunan i IKEU-sjöarna visade sig den procentuella andelen gemensamma taxa åren 1989 till 1995 i respektive sjö vara ca 10-15% (Lingdell & Engblom 1997). Detta pekar på en stor ut- och invandring av olika taxa på lokalerna. För prediktioner innebär detta problem, eftersom arternas tendens att ambulera leder till lägre sannolikhet att finna arten när en modell konstrueras.

I övrigt gäller att samma 6 förutsättningar som för djurplankton skall vara uppfyllda (Persson & Ekström 2001) för att samma samhälle ska kunna återfås som före störningen:

1. Zoogeografiska och spridningsbiologiska förutsättningar
2. Vattenkemiska förutsättningar
3. Födötillgång
4. Fiskpredation
5. Evertebrat predation
6. Övriga interaktioner

Bland bottendjuren kan speciellt musslor och snäckor samt större kräftdjur ha spridningsbiologiska problem medan insekter kan antas ha speciellt lätt att återkolonisera. Alla insekter återkoloniserar dock inte inom ett eller två år utan de kan också be-

höva i storleksordningen 5 år för etablering. Den förhållandevis långsamma återkoloniseringen har beskrivits bl. a. i Härskogenprojektet (Alenäs 1986). Vad gäller vattenkemiska förutsättningar antas åtminstone snäckors och musslors framgång vara beroende av ett högt pH-värde för skalbildningen (Økland 1980). Detta kan gälla även kräftdjur, men *Asellus aquaticus* tycks samtidigt kunna tolerera lågt pH men reagera positivt på kalkning (Eriksson et al 1982).

Födötillgångens betydelse har framför allt diskuterats som en förklaring till öknings av vissa arters populationer omedelbart efter kalkning d.v.s. under ca 1-4 år. Den föda som då tillgängliggörs består av grovdetritus och organiskt material som ackumulerats i sjön under många år om den varit tillräckligt sur (Grahn et al 1974).

Tillgängliggörandet drivs både av en ökad grovdetritusfragmentering av bl.a. *Asellus*, samt av ökad bakterietillväxt (Gahnström et al 1980). Det berör hela sjön men framför allt littoralen.

De djur som lever på eller i sedimentbottenarna, speciellt de profundalt levande djuren är beroende av det regn av sedimentrande organiska partiklar som härrör dels från planktonalger och djur stadda i nedbrytning, dels från utflockat, tidigare löst, organiskt humusmaterial. I hypoteserna om kalkningseffekter ingår att planktonproduktionen initialt (ca 1-4 år) ökar och därmed även näringstillgången för profundaldjuren. Möjligheten finns sedan att framför allt fosfortillgången kan vara lägre än före den sura perioden vilket ger botten-djuren lägre näringstillgång. Om därtill sjön blir brunare efter kalkning kan det tolkas som en minskad humusutflockning vilket också sänker näringstillgången i bottenarna. Slutligen finns möjligheten att en större andel av producerat växtplankton bryts ned i de övre vattenskikten och inte når botten eller att en större andel snabbt sedimenterar, t. ex. om kiselalger utveck-

las. Allt detta påverkar vilken bottenfauna som kan förväntas.

Till förutsättningarna för faunan hör också predationen framför allt från fisk. Detta gäller framför allt i littoralen och sublittoralen men däremot normalt inte i profundalen eftersom det i IKEU-sjöarna inte finns fiskarter som äter djur som lever dolda i sedimenten. Om fiskpopulationerna efter kalkning expanderar, minskar framför allt de grupper av den aktiva eller strandlevande faunan (tofsmyggor, skinnbaggar, skalbaggar och trollsländlarver) som i fiskfritt tillstånd kunnat leva exponerade för predation men som snabbt betas ned av de flesta fiskarter. En sådan påverkan kan också slå igenom på djurplanktonbestånden. Man bör emellertid notera att ingen av IKEU-sjöarna varit helt fisktom och att de bestånd av mört och siklöja som expanderat i Gyslättsjön och Stora Härsjön snarast påverkat predationen på djurplankton.

Förväntade bottendjursamhällen enligt modellberäkning

Byggandet av en modell startar med att man identifierar artsamhällen med inbördes stora likheter i sammansättning och stor skillnad mot andra samhällen. Man arbetar ofta med TWINSPAN-gruppering för att finna dessa artkonstellationer. Utgångspunkt i detta fall var profundala artsamhällen i 26 referenssjöar (Persson 1996, <http://www.ma.slu.se/gp/>) som kunde hänföras till 4 samhällstyper (Johnson 1995). Canonical correspondence analysis (CCA) användes för att koppla mätvärden för 7 olika miljövariabler till de olika arternas varierande förekomst. Variablerna var: sjöyta, djup, latitud, pH, vattenfärg, maximum-temperatur, syrgas-minimum. Discriminant function analysis (DFA) användes sedan för att bygga funktioner av de sju miljövariablerna som kunde förutsäga förekomsten av de fyra samhällstyperna. I grupperna fanns med olika grad av sannolikhet en mängd arter vilket ger en prediktion av förekomst av

olika arter med varierande grad av sannolikhet (tabell 2).

Utgående från miljövariablerna från de kalkade sjöarna (1989-93) predikterades att 11 av de 14 ingående IKEU-sjöarna borde ha bottendjursamhällen i enlighet med grupp 1 bland de 4 grupperna identifierade bland referenssjöarna (Johnson 1995). Resterande tre sjöar förutsades ha artsammansättning enligt Grupp 4 (tabell 2).

Miljön för Grupp-1-samhällena utgjordes av en relativt stor sjö, med stort djup, välbuffrad och med klart vatten. Tretton arter predikterades förekomma med >75% sannolikhet i sjöarna i gruppen. Jämfört med prediktionen innehöll proven från sjöarna bara 7 av dessa taxa i >50% av sjöarna och av de 21 taxa som förutsades förekomma med en sannolikhet >50% fanns bara 10 taxa i >50% av sjöarna.

De tre sjöar som förutsades tillhöra grupp 4 var Gyslättsjön, Långsjön och Gyltigesjön. De skulle enligt modermaterialet för modellen vara relativt små (medel 0,7 km²) med relativt lågt pH (medel 6,5) och relativt bruna. Tio taxa förutsades förekomma med mer än 50% sannolikhet och 8 av dessa fanns också i proven från sjöarna.

Överensstämmelsen mellan prediktion och verklig förekomst var alltså relativt god för Grupp 4-sjöarna. För Grupp 1-sjöarna lämnar överensstämmelsen en del övrigt att önska. I denna brist på överensstämmelse finns förmodligen en avvikelse för de kalkade sjöarna. Vid ett givet miljötillstånd (mätt med de 7 variablerna) kan en annan fauna finnas, kanske en speciell "kalksjöfauna" som har andra komponenter än grupperna från de okalkade sjöarna.

I ett appendix om faunan i varje sjö kommer predikerat artantal enligt denna modell att anges och jämföras med funnet artantal före sjön blev sur, omedelbart före kalkning, efter kalkning men före 1989 samt inom IKEU 1989-93.

Tabell 2. Den predikterade medianförekomsten av olika taxa i IKEU-sjöarna (P%) jämförd med frekvensen av sjöar där arten/taxat påträffades (%F). Prediktion enligt en modell baserad på bottenfaunans sammansättning i 26 svenska referenssjöar där 11 IKEU-sjöar visat sig tillhöra modellens Grupp 1 och 3 sjöar (Gyslättsjön, Långsjön och Gyltigesjön) tillhöra modellens Grupp 4 (Johnson 1995).

TWINSpan-grupp 1 Taxa	Sannolikhet		TWINSpan-grupp 4 Taxa	Sannolikhet	
	P(%)	F(%)		P(%)	F(%)
Oligochaeta	99	100	Procladius spp.	75	100
Procladius spp.	75	100	Sergentia coracina	75	100
Tanytarsus spp.	75	75	Tanytarsus spp.	75	100
Pisidium spp.	75	67	Oligochaeta	75	100
Spirosperma ferox	75	58	Pisidium spp.	75	0
Heterotanytarsus apicalis	75	58	Chaoborus flavicans	66	100
Nematoda	75	50	Monodiamesa spp.	66	0
Protanypus spp.	75	42	Hydracarina	57	100
Micropsectra spp.	75	33	Zalutschia zalutschicola	56	100
Turbellaria	75	25	Stictochironomus rosenschoeldi	56	50
Heterotrissocladius subpilosus	75	25	Chironomus anthracinus	47	50
Monodiamesa spp.	75	17	Heterotanytarsus apicalis	47	0
Paracladopelma spp.	75	8	Polypedilum spp.	38	0
Sergentia coracina	50	92	Nematoda	38	0
Stictochironomus rosenschoeldi	50	67	Micropsectra	28	0
Hydracarina	50	58	Turbellaria	28	0
Psectrocladius spp.	50	25	Tubifex tubifex	28	0
Heterotrissocladius marcidus	50	25	Spirosperma ferox	19	0
Polypedilum spp.	50	17	Heterotrissocladius. marcidus	19	0
Gammarus spp.	50	0	Psectrocladius	50	25
Tubifex tubifex	50	0	Protanypus spp.	9	0
Chaoborus flavicans	25	58	Gammarus spp.	0	0
Zalutschia zalutschicola	0	33	Heterotrissocladius subpilosus	0	0
Chironomus anthracinus	0	17	Paracladopelma spp.	0	0

Möjligheter att bedöma faunaförändringar över tid

Huvudsyftet med föreliggande rapport har varit att identifiera och beskriva det äldre bottenfaunamaterial som finns från IKEU-sjöarna. Även om själva analysen av materialet får göras vid senare tillfälle framgår redan nu vilka möjligheter som kan finnas.

Då det gäller hårbottenprovtagningar och littoralprovtagningar över huvud taget är de äldre undersökningarna mycket få och metoderna dåligt preciserade. Möjligheterna till tolkning är helt enkelt väsentligt mindre än för mjukbottenprovtagningarna.

Dessa kan å sin sida utvärderas tämligen långt mycket tack vare att fältmetodiken i det stora hela varit mycket homogen. Ekmanhuggare och såll med 0,6 mm maskvidd har helt dominerat.

De problem som måste bearbetas är :

1. Den varierande taxonomiska upplösningen
2. Variationer i den provtagna ytan
3. Variationer i årstid
4. Varierande djupzonering
5. Hämtarhantering och sållets egentliga maskvidd

I några sjöar där analysen gjorts med låg taxonomisk upplösning (pkt 1) kan det vara lämpligt att framför allt bedöma förekomsten av lätt identifierade större taxonomiska grupper i andra hand karaktäristiska enskilda arter. Sådana arter kan vara relativt storvuxna och kräva relativt stor provtag-

ningsyta eftersom stora djur i regel har lägre individtäthet. Provstorleken får därvid en större betydelse (pkt 2) och dubbelprov med Ekmanhuggare kan vara i underkant av det önskvärda. Ingen normering för detta har gjorts i presentationen av data från sjöarna (Appendix). Problemet med årstidsvariationer (pkt 3) är minst för grupper med hela livscykeln i vatten. Över huvud taget är dock variationer i bottendjurens individtätheter stora och svåra att koppla till någon styrande faktor. En försiktig tolkning av storleksordningar snarare än exakta mätvärden kan då vara på sin plats. Vad gäller djupzonering (pkt 4) kan faunan i en sjös djuphåla ofta tunnas ut och förändras enskilda år beroende på syrgassituationen. Detta framgår bl. a. av det insamlade materialet men har inte särskilt beaktats. Mindre variation och bättre spegling av tillförseln av organiskt material kan då uppnås genom att bedöma faunan på något mindre djup i profundalen.

Även djupzoneringen och lokalisering av prov i sublittoralen kan vara kritisk vid jämförelse eftersom nivån innehåller varierande habitat (ex. växtklädd eller med järnutfällningar). Språngskiktets läge påverkar också faunan, även dess mellanårsvariationer. Sublittoralen är ändå efter littoralen det intressantaste området för jämförelser. Där förekommer många större lättidentifierade djur med känslighet för surhet, predation och interaktion. Profundalens fauna kan vara mer svårtolkad.

Vid presentationen i Appendix har inget av dessa problem eller förtjänster särskilt framhållits. De måste dock beakts vid en fortsatt utvärdering.

Referenser

- Alenäs, I. 1979. Rapport över biologiska och fysikalisk-kemiska provtagningar för kalkningsprojektet Härskogen 1977-78. Göteborg 1979-01-15. Institutet för Vatten och Luftvårdsforskning. 25 p.
- Alenäs, I. 1986. Kalkningsprojektet Härskogen 1976-86. Vattenkemisk och biologisk respons på kalkningsåtgärder i sju västsvenska sjöar. IVL Rapport L86/201. Göteborg 1986-12-18. Institutet för Vatten och Luftvårdsforskning. 25 p.
- Alenäs, I., Hultberg, H. & andersson, I. 1982. Sammanställning av för- och uppföljande undersökningar i Härskogenområdet sjöar. Göteborg maj 1982. Institutet för vatten och luftvårdsforskning.
- Alm, G. 1928. Fiskeribiologiska undersökningar i Äfvavattnen. Stockholms Sportfiskeklubb, Årsbok 1927-1928. s. 5-19.
- Appelberg, M. & Aldén, U. 1992. Integrerad uppföljning av kalkningens effekter på sjöar och vattendrag – en treårsrapport. Information från Sötvattenslaboratoriet 1992:4.
- Appelberg, M., Ekström, C. & Hörnström, E. 1990. Stora Härsjön - ett exempel på integrerad uppföljning av kalkningens effekter. Information från Sötvattenslaboratoriet 1990:1.
- Brundin, L. 1949. Chironomiden und andere Bodentiere der südschwedischen Urgebirgseen. Rep.Inst. Freshw. Res., Drottningholm 30, 914 s.
- Engblom, E. & Lingdell, P.-E. 1983. Bottenfaunans användbarhet som pH-indikator. Naturvårdsverket, Rapport 1741.
- Eriksson, F., Hörnström, E., Mossberg, P. & Nyberg, P. 1982. Ekologiska effekter av kalkning i försurade sjöar och vattendrag. Information från Sötvattenslaboratoriet 1982:6.
- Gahnström, G., Andersson, G. & Fleischer, S. 1980. Decomposition and exchange processes in acidified lake sediment. I: Drabløs, D. & Tollan, A. (eds) Proc., Internat. Conf. Ecol. Impact Acid Precip., Norway, SNSF project, pp 306-307.
- Grahn, O., Hultberg, H. & Landner, L. 1974. Oligotrophication, a self-accelerating process in lakes subjected to excessive supply of acid substances. *Ambio* 22: 318-324.
- Hanson, M. 1974. Zooplankton i fulufjällsjöar med lågt pH. Information Sötvattenslab. Drottningholm 1974:5.
- Henrikson L. & Brodin Y.V. (Eds.) 1995. Liming of acidified surface waters; a Swedish synthesis. Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Hubendick, B. 1947. Die Verbreitungsverhältnisse der limnischen Gastropoden in Südschweden. *Zool. Bidr. Fr. Uppsala* 24:419-559.
- Johnson, R.K. 1995. The indicator concept in freshwater biomonitoring. In: P.S. Cranston (ed) Chironomids – from Genes to Ecosystems, Proc. 12th internat. Symp. Chironomidae, Canberra, Australia, CSIRO, Melbourne.
- Järnefelt, H. 1925. Zur Limnologie einige Gewässer Finlands. *Annales Soc. Zool.-Botanicae Fennicae Vainamo* 2:185-352.
- Lang, K. 1931. Faunistisch-ökologische Untersuchungen in einigen seichten oligotrophen bzw. dystrophen Seen in Südschweden. *Kgl. Fysiogr. Sällsk. Handl. N.F.* 42:18.
- Lingdell, P.E. & Engblom, E. 1997. Bottenfauna i IKEU-sjöarnas litoralzon. I: Biologisk mångfald i kalkade sjöar; utvärdering av IKEU-programmets sex första år. Naturvårdsverket, Rapport 4816.
- Mossberg, P. 1979. Bottenfaunans sammansättning i sura oligotrofa sjöar. Information från Sötvattenslaboratoriet 1979:11.
- Mossberg, P. & Nyberg, P. 1979. Bottom fauna of small and acid forest lakes. *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 58:77-87.
- NV 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket, Rapport 4913.
- Nyberg, P. 1995. Liming strategies and effects: The Lake Västra Skälsjön case study. I: L. Henrikson & Y.V. Brodin (Eds.) Liming of acidified surface waters; a Swedish synthesis. Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Persson, G. 1996. 26 svenska referenssjöar 1989-1993; en kemisk-biologisk statusbeskrivning. Naturvårdsverket, Rapport 4552.
- Persson, G. & Ekström, C. 2001. Djurplankton före och efter kalkning i sjöar inom Integrerad KalkningsEffektUppföljning. Inst. f. Miljöanalys, Rapport 2001:6, Uppsala.
- Saeter, O. 1979. Chironomid communities as indicators of water quality. *Holarctic ecology* 2:65-74.
- Trybom, F. 1895. Lygnern jemte Sundsjön, Stensjön och stora Svansjön i Elfsborgs och Hallands län. *Medd. Kgl Landtbruksstyr.* No 28.
- Wiederholm, T. 1980. Use of benthos in lake monitoring. *J. wat. poll. cont. fed.:* 537-547.
- Wilander, A., Johnson, R.K., Goedkoop, W. & Lundin, L. 1998. Riksinventering 1995; En synoptisk studie av vattenkemi och bottenfauna i svenska sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket, Rapport 4813.
- Økland, J. 1980. Environment and snails (Gastropoda): Studies of 1000 lakes in Norway. I: Drabløs, D. & Tollan, A. (eds) Proc. Int. Conf. Ecol. Impact Acid Precipitation, Sandefjord, Norge, SNSF-projekt s. 322-323
- Økland, K.A. 1980. Mussels and crustaceans: Studies of 1000 lakes in Norway. I: Drabløs, D. & Tollan, A. (eds) Proc. Int. Conf. Ecol. Impact Acid Precipitation, Sandefjord, Norge, SNSF-projekt s. 324-325

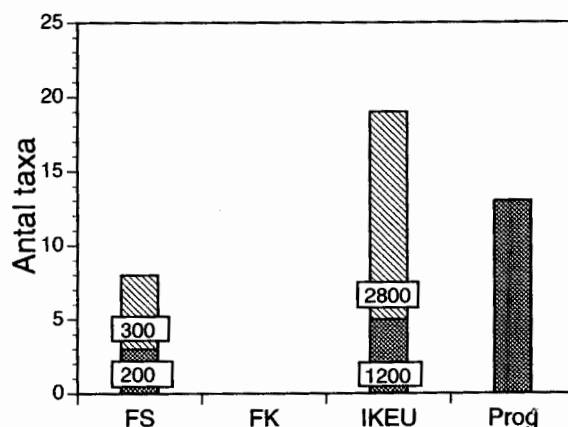
Appendix: Bottenfauna i enskilda sjöar

Stensjön

Undersökningen av Stensjöns sublittoral- och provundalfauna i augusti 1927 är inte lika detaljerad som dagens undersökningar. De uppgifter som ges är emellertid kvantitativa och troligen användbara som referensvärden (tabell 3). Den begränsning som kan finnas är att sållets maskvidd kan ha varit större än senare tiders standard (0,5-0,6 mm). På detta kan det låga antalet mindre djur tyda, små insektslarver kan emellertid också saknas p.g.a att de kläckts tidigare under samma sommar och inte nått fångstbar storlek. Med dessa förbehåll var medelindividdtätheten i själva sjön 315 ind/m² fördelat på 8 angivna grupper. Totalbiomassan var 0,78 g/m².

Uppgifter om bottenfaunan i Stensjön omedelbart före och efter kalkning tycks saknas och intervallet till nästa provtagning blir därför drygt 60 år (IKEU 1989). Vid jämförelse med resultaten från IKEU-provtagningarna (figur 2) finns tre försvårande omständigheter, dels provtagningsårstiden, dels maskvidden, dels den tidigare dåliga taxonomiska upplösningen. Allt detta bidrar sannolikt till det fattiga intryck som fömedlas av data före försurning i figur 2. Man kan dock trots detta i tabell 3 notera förekomsten av viktiga grupper som ärtmusslor (*Pisidium*), sötvattensgråsugga (*Asellus*) och dagsländor (*Ephemeroptera*). Om man ser till nutida data finns minst en tiopotens fler fjädermyggor i nutida prov,

vilket mycket väl enbart kan bero på årstid och sållets maskvidd. Med ett tillskott av chironomider är det också möjligt att biomassan skulle ha kunnat vara 2,7g/m² vilket är medelvärdet för den behandlade IKEU-perioden. När man slutligen bedömer antalet funna arter i profundalen finns trots sämre upplösning på 1920-talet ungefär lika många taxa som under IKEU-perioden. Däremot slås man av den relativt stora skillnaden mellan funna arter och prognosticerade. Som tidigare nämnts förutsäger prognosen som med en given sannolikhet närvaron av en viss art. Den



Figur 2. Antal påträffade taxa (staplar) i Ekmanhugg på mjukbotten före försurning (FS), åren före kalkning (FK) – ofta i surt tillstånd – samt inom IKEU år 1989-93 och enligt en prognosmodell (Prog) för profundalen i motsvarande icke kalkade sjötyp. Artantal i profundal anges med skuggad stapel, artantal i sublittoral motsvarar hela stapeln. Siffror på staplarna anger avrundad individtäthet (ind/m²) i respektive provgrupp.

Tabell 3. Data om Stensjöns mjukbottenfauna, dels från sublittoral (5-6 m) och profundal (15-21 m) i själva sjön dels littoral i utloppsviken (Lanan). Troligt provtagningsdatum den 27/8 1927, sållets maskvidd okänd (Alm 1928).

Djupzon	5-6 m	15-21 m	1,0-1,5 m
Antal prov	5	5	5
Total biomassa g/m ²	0,727	0,818	1,09
Totalt ant./m ²	272,7	363,6	236,4
Nematoda ant./m ²	.	9,1	.
Pisidium spp. ant./m ²	81,8	.	54,5
Oligochaeta, totalt ant./m ²	100	290,9	109,1
Asellus aquaticus ant./m ²	.	.	27,3
Ephemeroptera, totalt ant./m ²	9,1	.	9,1
Ceratopogonidae ant./m ²	9,1	.	.
Chironomidae, totalt ant./m ²	72,7	63,6	36,4

kan dock inte ta hänsyn till olika former av ersättande eller vikarierande arter vilket sannolikt ger en överförsägelse av antalet samtidigt förekommande arter.

Gyslättsjön

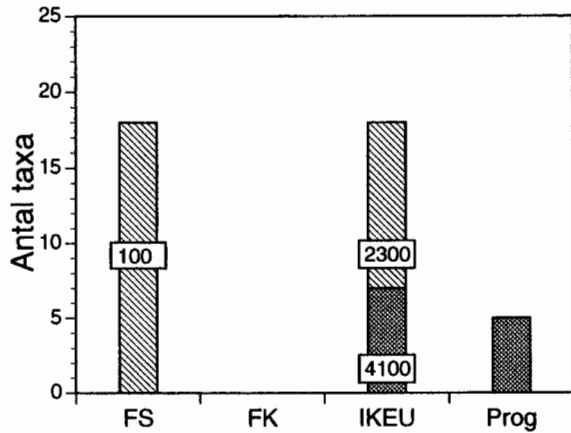
I samband med Langs bottenfaunaundersökningar 1929 gjordes även observationer av makrofytvegetation (Lang 1931) och vattenkemi (Lönnerblad 1931). Bägge är viktiga för beskrivningen av förhållandena i sjön.

I de littoralprov som togs 1929 och redovisas i förbigående nämns förekomst av *Tanyptus*, *Polypedilum*, *Cladopelma* och *Cryptochironomus* samt *Palpomyia*, och *Ephemera*. I de totalt 30 prov som togs på mjukbotten 1929+1930 fanns 10 typer av chironomider bland totalt 21 taxa. *Asellus aquaticus* noterades liksom *Ephemera vulgata* och *Caenis horaria* bland dagsländorna. Inga snäckor noterades men 3 arter av *Pisidium* (*P. cinereum*, *P. hibernicum*, *P. Lilljeborgi*)

Totalt i de 30 proven fångades 74 individer av fjädermyggruppen. Som näst största grupp noterades *Pisidium* spp. med totalt 19 individer. Detta är dock en underskattning eftersom många *Pisidium*-prov förolyckats. *Corethra plumicornis* (= *Chaoborus crystallinus*) följde därefter med 11 individer. Oligochaeta fanns i endast 1 exemplar.

Höstprovtagningen 1930 är mest jämförbar med senare tiders och gav ett bredare artspektrum och en större individtäthet än sommarprovtagningen. Den totala individtätheten var då 138 ind/m² fördelat på 81 ind/m² av fjädermyggor, minst 20 ind/m² av *Pisidium* och 10 ind/m² av *Chaoborus*. Övriga grupper fanns i enstaka exemplar.

När bottenfaunan åter undersöktes ca 60 år senare noterades samma artantal (figur 3). Vidare noterades inte heller nu snäckor vare sig i littoral eller i övrigt. I nutiden har vidare inga ärtmusslor (*Pisidium*) noterats i sublittoral eller i profundal men i något



Figur 3. Data om artantal och individtäthet av bottenjur i Gyslättsjön. Beteckningar enligt figur 2

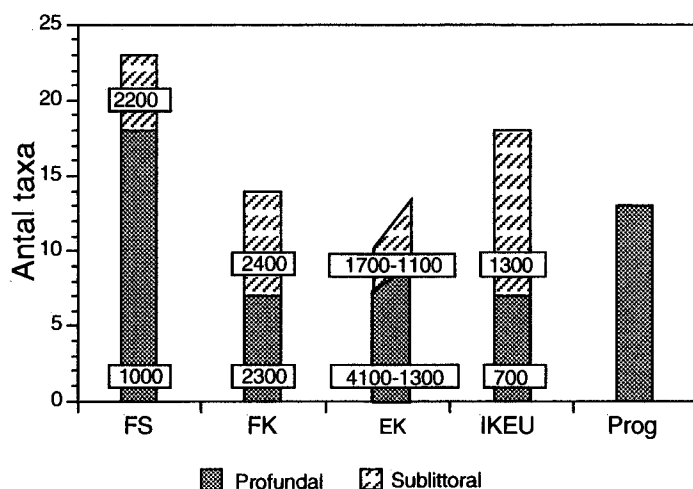
enstaka exemplar i littoralen. Detta avviker från den tidigare rikliga förekomsten och kan betecknas som en kvarstående föroreningsskada. Övriga indikatorer som flera olika dagsländearter fanns nu som då.

I relation till faunans överensstämmande sammansättning är individtätheten oförklarligt avvikande. Endast Langs höstprov redovisas i figuren och en uppgift om identisk maskvidd på sållet finns. Lang var desutom mycket medveten om risken med Ekmanhuggare i lösa mycket dyga sediment och använde en specialhämtnare. Antingen har denna inte fungerat tillfredsställande eller också är nutida individtäthet en tiopotens högre.

Jämförelsen med prognosticerat individantal är intressant därför att Gyslättsjön klassificerats som humös vilket enligt modermaterialet för modellen leder till att endast 5 taxa prognosticeras med 75% sannolikhet. Observationerna ger här 7 registrerade taxa.

Västra Skälsjön

Vid Brundins undersökning 1943 redovisades data från sublittoral (4-6 m djup) och profundal (8-18 m). Medan faunan var homogen inom sublittoralen fanns ett utpräglat profundalt individmaximum på 12-13 m



Figur 4. Data om artantal och individtätthet av botten djur. Beteckningar enligt figur 2. Data från fem provtagningar efter första kalkning (EK) men före IKEU-programmets start har lagts in i figuren.

djup med ca dubbelt så hög täthet av framför allt fjädermygglarver (*Tanytarsus gregarius*). Minimal individtäthet fanns på 8 och 18m djup. Syrgasmättnaden var 36% på den djupaste punkten. Medelindividtätheten var i sublittoralen 2200 ind/m² och i profundalen 1500 ind/m², vilket Brundin betecknar som högt. Senare undersökningar utförda av Mossberg 1973-87 har utvärderats av Nyberg (1995). De förändringar som sammanfattas i tabell 4 rör skillnader mellan perioderna före kalkning och lång tid efter kalkning (ca 10 år). Dataunderlaget har inte medgett att mellanårsvariationen har vägts in vid bedömningen och resultatet måste tolkas med detta i minnet.

I V. Skälsjöns littoral fanns före kalkning 26 taxa som ca 10 år efter kalkning stigit till 34 taxa trots att inga snäckor då ännu invandrat. Däremot hade ärtmusslan (*Pisidium*), som fanns i Brundins prov men saknades före kalkning, återkommit inom 10 år.

I littoralen ökade 7 grupper och minskade 7 andra grupper. I sublittoralen ökade 10 grupper medan 7 minskade och i profundalen ökade 4 grupper medan 10 minskade, varav 5 signifikant. Den totala individtätheten av fjädermygglarver i profundalen minskade från 1900 ind/m² till 1250 ind/m².

När sublittoral och profundal fauna ca 10 år efter kalkning jämfördes med motsvarande data åren efter kalkning, åren före kalkning och provtagningen 1943 före försurning visade en clusteranalys att faunan före och nära efter kalkning var mycket lika men i stort mycket avvikande från

faunan långt efter kalkning. Denna var i sin tur mest lika faunan från 1943. En jämförelse med materialet från 1943 har också gjorts av Eriksson et al (1982) med hjälp av Saeters trofiindex (Saeter 1979). Indexet bygger på artsammansättning och mängd av fjädermyggor i profundalen och stiger ju mer lågproduktiva sjöarna är. Det kan anta 15 som högsta värde och motsvarar då ultraoligotrofi.

År 1943 var index 11,6. Före kalkning var värdet 10,0 och efter kalkning 10,0-11,0 ($\bar{x}=10,6$). Indexet pekar på en mindre fattig miljö vid försurning och en möjlig återgång mot "nära ultraoligotrofi" vid kalkning. Förkomsten efter kalkning av tofsmyggarterna *Heterotrissocladius subpilosus* och *H. Määri* tyder också på mer oligotrofa förhållanden jämfört med den sura perioden. Läger man till detta att fåborstmaskarna (*Oligochaeta*), som regleras av tillgången på organiskt material, minskade efter kalkning stämmer detta med den bild av tilltagande fattigdom som ges av växt och djurplankton. Detta förlopp speglas också i figur 4 där de många provtagningarna efter kalkning men före IKEU har beretts plats. Individtätheten i sublittoralen var lägre under IKEU-perioden än före försurning, i stort tillstånd och nära efter inledd kalkning. Förändringen inleddes under perioden med fem provtagningstillfällen före IKEU enligt figur 4. När man ser till individtätheten i profundalproven kan möjligen ett maximum skönjas åren före och efter kalkning följt av en tydligt lägre individtäthet under IKEU-perioden.

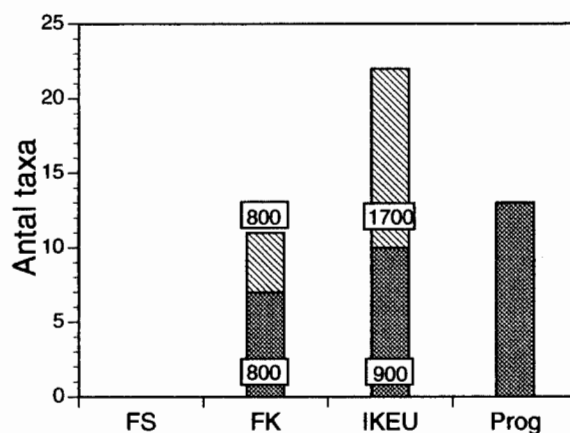
Tabell 4. Förändringar i individtäthet för olika grupper i Västra Skälsjön mellan en period före kalkning (1973-1978) och en period långt efter kalkning (1985-1987). Ökning +, minskning -. Signifikansnivåer *= $p < 0,05$, = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$. Från Nyberg (1995).

Taxa	Littoral	Sublittoral	Profundal
Oligochaeta	+	+	-
Asellus aquaticus	0	+	
Ephemeroptera	-		
Sialis lutaria	+	+	+
Trichoptera	0	+*	-
Pisidium spp.	+	+	+
Procladius spp.	+	-	+
Ablabesmyia spp.	-	+	-.***
Heterotanytarsus apicalis	+	+	-
Heterotrissocladius marcidus	-	-	-
Psectrocladius spp.	-	+	-.***
Parakiefferiella spp.	0	-	
Zalutschia sp.	-		
Dicrotendipes spp.	-	-	-.***
Microtendipes spp.	-.**	-.***	-
Pagastiella orophila	+	+*	+
Sergentia spp.		-	-.***
Stictochironomus rosenschoeldi	+	+	
Tanytarsus spp.	0	-	-.***

Stora Härsjön

Vid provtagningarna inför kalkning i oktober 1977 hade den sublittoral faunan få taxa (liksom strandfaunan) och endast 11 taxa påträffades (figur 5). För profundalen angavs 7 taxa. Som framgår av tabell 5 försvåras jämförelsen med nutida data av att den taxonomiska upplösningen inte går så långt. Det är dock helt tydligt att inga snäckor eller ärtmusslor (*Pisidium*) påträffades. Maskar (*Oligochaeta*) finns inte heller angivna. Individtätheten är också låg i sublittoralen. Faunans avvikande sammansättning understryks också av den extrema dominansen av fjädermygglarver (*Chironomidae*). Biomassan var 2,2 g/m² i sublittoralen och 2,9 g/m² i profundalen.

Bland förändringarna i littoralzonen vid kalkning noterades speciellt att dagsländan *Leptophlebia* förekom samt att *Eurycercus lamellatus* ökade omedelbart efter kalkning men sedan minskade fram till 1984 (Appelberg et al 1990). I sublittoralen noterades särskilt att *Asellus aquaticus* inlett en ökning efter kalkning som höjt individtätheten



Figur 5. Data om artantal och individtäthet av botten djur i Stora Härsjön. Beteckningar enligt figur 2.

ten från 0,2 ind/m² 1977 till 1,5 ind/m² 1984. Efter kalkningen noterades också mer försurningskänsliga arter av familjerna *Ephemeroidea*, *Caenidae* och *Baetidae* (Alenäs et al 1982, Alenäs 1986). Alenäs (1986) rapporterade också en ökad förekomst av både tofsmygglarver (*Chaoborus* sp.) och musselkräftor (*Ostracoda*) i profundal zonen.

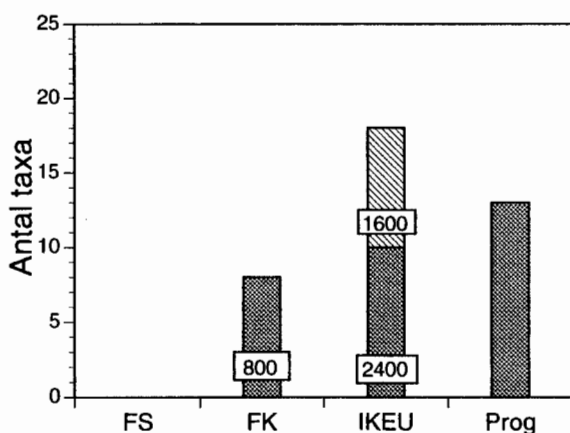
Tabell 5. Individtäthet (ind/m²) på mjukbotten i Stora Härsjön 28/10 1977. Data från 2+4 m djup representerar sublittoral och data från 15+20 m representerar profundal i figur 5

Djup (m)	2	4	8	15	20
Libellulidae		20			
Polycentropidae	90	100	180	80	40
Phrynganidae		20			
Paraleptophlebia sp.		80			20
Sialis lutaria		60	20		
Asellus aquaticus		140	180		
Chironomidae	940	140	120	1360	80
Chironomini	860	140	20	1000	60
Tanypodinae	40		60	320	20
Orthocladinae	40		40	40	
Ceratopogonidae	40				
Chaoborus spp.			40	40	

Stengårdshultasjön

År 1971 gjordes en faunainventering av Naturvårdsverket i Nissans vattensystem och i Stengårdshultasjön togs då prov på 22 m djup. Både biomassa och individtäthet var förhållandevis höga med en viktsmässig dominans av fåborstmaskar (*Oligochaeta*) och med en antalsmässig dominans av fjädermyggor. Totalt bestämdes 8 taxa varav 5 tillhörande gruppen fjädermyggor (tabell 6).

I jämförelse med nutida profundalfauna (IKEU i figur 6) är skillnaderna små. *Chaoborus* påträffades inte 1971 vilket dock inte är någon avgörande skillnad. Liksom i övriga sjöar ger prognosen högre artantal.



Figur 6. Data om artantal och individtäthet av bottenjur i Stengårdshultasjön. Beteckningar enligt figur 2.

Tabell 6. Individtäthet och biomassa 20/7 1971 på 22 m djup i Stengårdshultasjön.

	Täthet (ind/m ²)	Biomassa (g/m ²)
Totalt	776	3,58
Pisidium sp.	155	0,10
Oligochaeta *	89	2,47
Chironomidae**	443	1,00

* *Spirosperma ferox*, *Limnodrilus cf. claparedeanus*

** *Monodiamesa sp.*, *Pagastiella orophila*, *Sergentia sp.*

Tanytarsus gregarius gr. *Procladius sp.*

Ejdgesjön

Båda de äldre provtagningarna i Ejdgjesjön har gjorts efter de inledande kalkningarna. Vid den första provtagningen i juni 1974 torde dock till stor del samma generationer ha provtagits som var med om den första kalkningen i april samma år. Faunan kan alltså dels vara utbildad under den sura tiden dels ha drabbats av akuta störningar i samband med kalkningen. Den antas dock här representera tillståndet före kalkning. Vid den senare provtagningen i juni 1977 torde dock faunan vara anpassad till den kalkade miljön. Båda provtagningarna är gjorda på mjukbotten med Ekmanhuggare på 1 respektive 4 m djup i littoral respektive sublittoral.

Tabell 7. Individtäthet (ind/m²) på mjukbotten i Ejdgesjön 25/6 1974 och 14/6 1977. Provtagna med Ekmanhuggare (0,6 mm såll) Data från 4 m djup representerar här sublittoral (Ekström opubl.).

Datum	19740625	19740625	19770614	19770614
Djup (m)	1	4	1	4
ID	Stn 1+2	Stn 3	Stn 1+2	Stn 3
Antal hugg	6	3	6	3
Lestes sp.	7,4			
Calopterygidae*	15			
Lumbriculus variegatus	22	15	7,4	15
Polycentropus flavomaculatus	15		7,4	
Chaetopteryx-Anitella	44			
Mystacides azurea	7,4			
Ablabesmyia spp.		15	7,4	15
Aeschnidae		15		
Somatochlora spp.		30		
Sialis lutaria			15	
Chorduliidae			15	
Limnephilus spp.			7,4	
Asellus aquaticus			30	59
Leptophlebia vespertina			7,4	
Athripsoides cinereus			7,4	
Hydracarina				15
Ceratopogonidae				15
Tanytarsus spp.				15
Athripsodes atherrimus				15

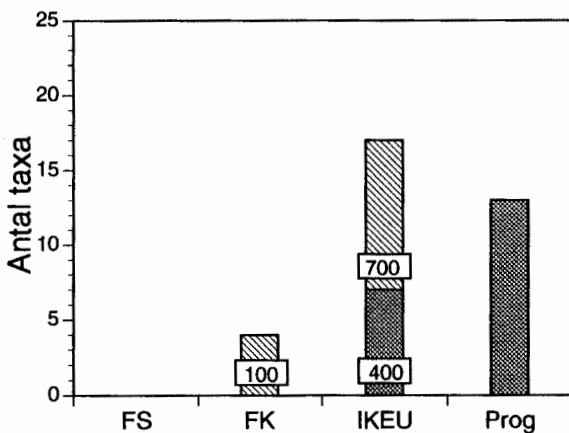
* = Agriidae

Resultaten ger en bild av en utarmad fauna vid den första provtagningen då bl. a. *Asellus aquaticus*, *Ephemeroptera* och *Pisidium* saknas. Totalt i både littoral och sublittoral fångades 9 taxa, varav några trollsländelarver. Individtätheten var mellan 70 och 150 ind/m², d.v.s. mycket låg. I figur 7 anges sublittoral-data från 4 m djup, vilket endast

ger 4 taxa. Vid den senare provtagningen fanns 13 taxa. Av dessa hade 10 st tillkommit samtidigt som 6 taxa försvunnit bl. a. några trollslände- och nattsländelarver. Artsammansättningen var med andra ord starkt förändrad. Bland dagsländorna hade *Leptophlebia vespertina* tillkommit och bland kräftdjuren *Asellus aquaticus*. Den totala individtätheten hade däremot inte stigit över 150 ind/m² utan låg kvar på samma nivå. Faunan efter kalkning och nutida fauna (IKEU i figur 7) är således väsentligt artrikare och individrikedom har också tilltagit någon gång efter 1977.

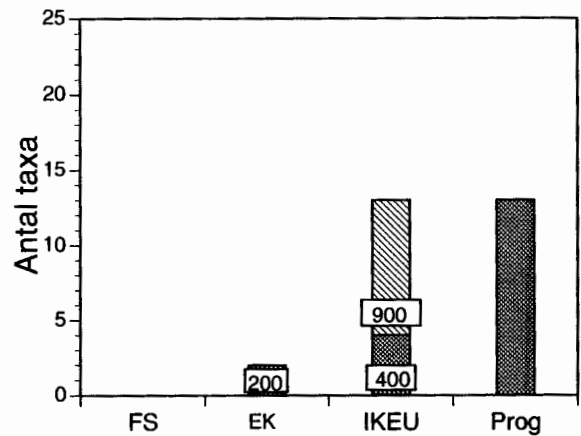
Källsjön

Proven från 1985 och 1986 gav en liknande bild från 8-9 m djup vid båda tillfällena. Individtätheten låg där mellan 1400 och 3200 ind/m², och 7 respektive 10 arter påträffades (tabell 8, figur 8). De lägre siffrorna härrör från majprovtagningen 1986. Proven från större djup var väsentligt fattigare. På våren 1986 påträffades totalt endast 5 ind/m² av *Sergentia* sp. på 18 m djup medan 200



Figur 7. Data om artantal och individtäthet av bottendjur i Ejdgesjön. Beteckningar enligt figur 2.

individer (huvudsakligen *Sergentia* sp.) påträffades på 16 m djup på hösten innan (anges som profundalprov efter kalkning i figur 8). Dessa mycket låga tätheter kan med stor sannolikhet förklaras av total eller näst intill total syrgasbrist i bottenvattnet. I oktober åren 1990 och 1991, då prov från 16 m djup också togs var individtätheten inte lägre än 400 ind/m² på 16 m djup. Det kan också noteras att tätheten av maskar (*Oligochaeta*) ökat starkt till åren 1990 och 1991 jämfört med år 1985 och 1986. Vidare kan noteras att ett exemplar av det glacialmarina relikta kräftdjuret *Mysis relicta* fångades vid provtagningen 1991. *Mysis* har också fångats 19840806 (Ekström opubl.)



Figur 8. Data om artantal och individtäthet av bottenjur i Källsjön. Beteckningar enligt figur 2. Data från nov.1985 anges som EK = efter kalkning.

Tabell 8. Individtäthet (ind/m²) av olika taxa på mjukbotten provtagen med Ekmanhuggare i Källsjön (Lindgren opubl.) 8-9 m djup motsvarar övre profundal.

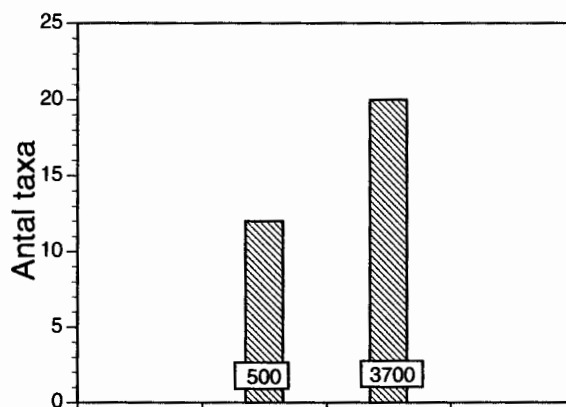
Datum	19851124	19851123	198605	198605
Djup (m)	8	16	9	18
Oligochaeta	56	67	15	
Asellus aquaticus	11	0	0	
Procladius sp.	44	0	89	
Zalutschia sp.	11	0	0	
Zalutschia zalutschicola	133	11	5	
Sergentia spp.	1989	144	800	5
Stictochironomus spp.	756	0	444	
Tanytarsus spp.	11	0	0	
Hydracarina	56	11	5	
Sphaeriidae	133	0		
Övr. Bivalvia	0	0	74	
Totalt	3200	233	1432	5

Tabell 9. Individtäthet (ind/m²) av olika taxa på mjukbotten provtagen med Ekmanhuggare i Övre Sämnansjön den 22/8 1977 (Mossberg 1979). Alla prov representerar littoral eller sublittoral.

Djup (m)	1,7	3,2	4,4	5,8
Molanna albicans				20
Dytiscidae			20	
Hydroporus sp.			20	
Procladius spp.				40
Thienemannimyia gr.	20			
Heterotrissocladius marcidus	120			20
Protanypus morio		140	20	40
Psectrocladius sp.			40	20
Sergentia coracina	20			
Stictochironomus rosenschöldi	20	480		
Paratanytarsys sp.	20			
Tanytarsus sp.	220	380	20	180
Totalt	420	1000	140	320

Ö. Särnamannasjön

Omedelbart uppströms Nedre Särnamannasjön ligger Övre Särnamannasjön som inte kalkats och istället används som sur referens till den nedre kalkade sjön. Sjöarea och maxdjup överensstämmer nästan mellan sjöarna och man kan anta att data om bottenfauna från sommaren 1977 i den övre sjön i huvudsak speglar den fauna som fanns i den nedre sjön före kalkning. Detta omdöme gäller då i första hand artsammansättningen, mängderna kan vara mer variabla. Fiskbeståndet rapporterades vid denna tid vara nästan utslaget (Hanson 1974). pH vid den aktuella tiden anges till 4,8-4,9 (Mossberg 1979). Vid provtagningen i augusti 1977 var totala antalet taxa 21 varav 12 hade kvantitativ betydelse (tabell 9). Surhets känsliga grupper som snäckor, musslor och dagsländor saknades och faunan dominerades av fjädermygglarver. Även mängderna av olika organismer i Ekmanhuggen var begränsade (tabell 9).



Figur 9. Data om artantal och individtätthet av bottendjur i Särnamannasjöarna (se text). Beteckningar enligt figur 2.

N. Särnamannasjön

Några år innan N. Särnamannasjön kom in i IKEU-projektet gjordes bottenfaunaprovtagningar i den kalkade N. Särnamannasjön (Mossberg opubl.). Dessa data från augusti 1992 är direkt jämförbara med ovan-

Tabell 10 Individtätthet (ind/m²) av olika taxa på mjukbotten provtagen med Ekmanhuggare i Nedre Särnamannasjön den 7/8 1992 (Mossberg opubl.). Tre hugg har tagits på varje djup och alla prov representerar littoral eller sublittoral.

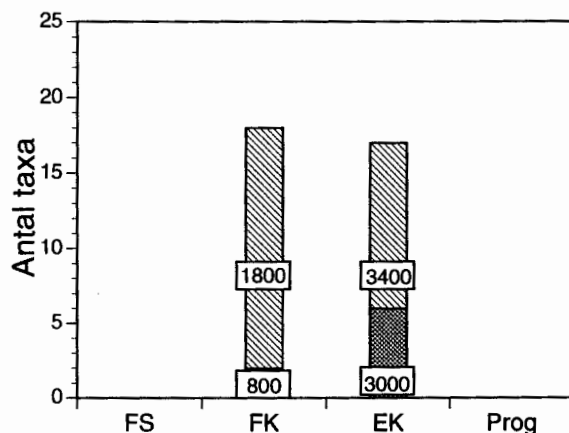
Djup (m)	2,0	3,0	4,0
Turbellaria	15	29	29
Lumbriculidae			15
Naididae		29	15
Spirosperma sp.	15		
Stylodrilus heringianus	117		15
Nematoda	103	44	0
Apatania sp.		15	
Molanna albicans	15	73	59
Procladius spp.		249	440
Protanypus caudatus			44
Protanypus morio		15	88
Heterotrissocladius grimshawi	147		
Psectrocladius spp.		15	
Zalutschia zalutschicola		15	29
Polypedilum spp.		132	44
Sergentia coracina			44
Stictochironomus rosenschöldi	15	1422	587
Micropsectra spp.	29	88	367
Tanytarsus spp.	15	323	2918
Hydracarina	44	44	
Totalt	513	2493	4840
Biomassa (g/m ²)	0,45	2,45	2,41

stående data från den övre sura sjön. I huggen fångades 20 taxa jämfört med 12 enligt tabell 9. Skillnaden mellan djursamhällena i Övre respektive Nedre Särnamannasjön låg främst i den större fångsten av icke-fjädermyggor i den kalkade sjön, medan fjädermyggorna förekom med samma antal taxa i båda sjöarna (11 taxa jämfört med 10 taxa) enligt tabell 9 och 10. En viktig skillnad är dock den större individtäteten i den kalkade sjön, framför allt av fjädermyggor. Ett av de kvantitativt viktigaste släktena, *Micropsectra* sp., återfanns över huvud taget inte i proven från Ö Särnamannasjön. Utan att härddra de kvantitativa skillnaderna måste de betecknas som stora.

Långsjön, Åva (Stockholms län).

Undersökningarna av mjukbottenfaunan i Långsjön är omfattande, speciellt uppföljningen efter kalkning. Materialet beskrivs i en samlad utvärdering av korttidseffekter av kalkning i nio sjöar (Eriksson et al 1982). Dessutom har bottenfaunan i sjön följts under ytterligare 6 år (Mossberg opubl.). Bland känsliga grupper som snäckor, musslor och kräftdjur registrerades efter kalkning *Radix peregra* och *Pisidium* sp. som ökade i littoralen liksom *Asellus aquaticus*. Efter kalkning tillkom också ytterligare en känslig dagsländart, *Cloeon dipterum*. Bland övriga grupper/arter som reagerade positivt fanns i littoralen *Oligochaeta*, *Molanna angustata*, *Sialis lutaria*, *Heterotrissocladius marcidus* och *Tanytarsus* spp.

I profundalen ökade framför allt *Zalutschia zalutschicola* medan *Chironomus anthraci-*



Figur 10. Data om artantal och individtätet av botten-dju i Långsjön, Åva. Beteckningar enligt figur 10 EK anger perioden efter kalkning. Prognos saknas.

nus-gruppen minskade. Även *Chaoborus flavicans*, som är delvis frilevande, ökade.

I figur 10 redovisas data från våren före kalkning och från 13 provtagningar efter kalkning (EK i figuren). Jämförbara IKEU-data saknas. Som framgår av figuren är framför allt individtäteten hög i Långsjön. Variationen är också förhållandevis stor mellan olika år i uppföljningsserien. Det totala artantalet i sublittoralen förändrades inte mycket vid kalkningen utan skillnaden låg främst i de beskrivna skillnaderna i dominansförhållanden.

Sammantaget anges att artförändringarna i de nio sjöarnas profundaler tyder på en minskad sedimentation av organiskt material och man berör särskilt att en minskad utflockning av organiskt material efter kalkning bör betyda minskad sedimentation och ökad uttransport (Eriksson et al 1982)