

Surstötter i kalkade sjöar

Av Anders Wilander

Anders Wilander er forskare vid Institutionen för miljöanalys, SLU, Uppsala.

Inlägg på Svensk-Norsk Kalkningsseminar i Stavanger 2001.

Sammanfattning

Surstötter i kalkade sjöar kan allvarligt påverka littoralfauna. Problemet är tidigare väl beskrivet, men ingen undersökning har utförts sedan syradepositionen minskat. Bösjön, som ingår i IKEU-programmet, studerades intensivt under snösmältningen 2001. Snöpacken var svagt sur, men våtmarkskalkning torde ha störst betydelse för att inget kraftigt försurat vatten återfinns längs sjöns stränder. Littoralfaunan provtogs vid två tillfällen efter islossning. Vid det andra hade antalet taxa ökat, sannolikt tack vare invandring från djupare botten. Henriksson-Medins index för surhet motsvarar ett tillstånd betecknat som "måttligt högt index".

English summary

Acid episodes in limed lakes. In lakes acid episodes are confined to snowmelt periods and icecover. Limed lakes subjected to acid episodes are well described in the literature. But today's much lower acid deposition justifies a new study, performed in Lake Bösjön, northern Dalecarlia, Sweden. Only minor

effects of the snowmelt water was found; partly because the snow was not very acid but more important the lake liming was supplemented by wetland liming. This apparently neutralised the inflowing water. The most acid condition was found in the centre of the lake due to direct deposition. No effect could be found in the littoral fauna samples taken soon after break-up of the ice. At the second sampling the number of taxa had increased, probably due to immigration from deeper bottoms.

Inledning

Surstötter i ytvatten i samband med snösmältning är kända sedan 1970-talet. Att det i samband med smältningen sker en fraktionering visades troligen först av Svante Odén och Johan Bergholm 1972 och därefter i Norge av Arne Henriksen, Dick Wright och Merete Johannesen (se Johannesen m.fl. 1978, 1980). Johannesen visade både i laboratorieförsök och i fältstudier att koncentrationen av H^+ och SO_4^{2-} i den första tredjedelen av smältvattnet var mellan 1,9 och 2,4 gånger högre än koncentrationen i snöpacken. Men det finns även andra faktorer som sänker pH-värdet i avsmältande vatten såsom ren

utspädning och selektiv utsmältning av syra (Galloway et al. 1980). Till dessa kan dessutom bland annat läggas organiska anjoner (humusämnen) och koldioxidtryck (Bishop et al., 2000).

Detta innebär att en definition av surstötter är väsentlig. Således definierar Davies et al. (1992) en episod som varje kortvarig minskning av ANC, medan en surstöt ('acidic episode') är en episod under vilken $ANC < 0$. Då kommer påverkan orsakad av utspädning, organiska syror och koldioxidtryck inte att definieras som surstöt.

De flesta undersökningarna av surstötter gäller rinnande, mindre vatten, som kan påverkas av sur nederbörd under hela året. I sjöar ger vanligen vindinducerade strömmar en sådan omblandning att en surstöt bara kan ske under isbelagda förhållanden. Vid snösmältning sker en inskiktning av smältvattnet strax under isen på grund av temperaturstyrda densitetsskillnader, som kan stärkas av en lägre salthalt i smältvattnet. Inströmmande vatten blandas alltså inte med det kalkade sjövattnet.

Som ett exempel på inskiktning av surt vatten i en kalkad sjö kan N. Baksjön i Värmland nämnas (Grahn och Hultberg, 1977). Dickson (1980) beskriver hur surt tillrinnande vatten samlades längs sjön Undens stränder, medan den centrala delens vatten hade högre pH-värde. Några år senare har flertalet tillflöden kalkats och under senvintern är pH-värdet nu högre i de strandnära områdenas ytvatten (Dickson 1986). Han visar också på den skarpa skiktningen i Råvekärrs

Långevatten där pH-värdet var strax över 4 på 0,5 m djup och runt 6 på 1,1 m djup (Dickson 1983). I en omfattande genomgång fann Hasselrot et al. (1987) att i fyra kalkade islagda sjöar vid Västkusten påverkade inflödande surt vatten pH-värdena ned till ca 2 m inom ca 200 m från inflödet.

Material och metoder

Bösjön (680235 141799) ligger i norra Dalarna och har en yta av 1,1 km² och en teoretisk omsättningstid på 1,2 år. Sjön har kalkats vid tre tillfällen sedan 1990 och dessutom har våtmarkskalkningar gjorts i nordliga, östliga och sydliga delar av tillrinningsområdet, vilket har medfört stor variation i pH-värden mellan åren. pH-värden under 6,0 observeras ofta under mars i samband med snösmältning. Därför valdes sjön för att detaljstudera snösmältningens effekt på vattenkemi och littoralfauna. I ett provtagningsprogram omfattande 14 stationer togs prover i upp till fyra djup vid tre tillfällen i samband med snösmältningen (se Figur 1 och Tabell 1). Proven analyserades med avseende på större kemiska konstituentier och organiskt material. Efter islossning togs vid två tillfällen littoralfaunaprover med sparkmetoden, SS-EN 27828 (se tabell 2).

Hur var förhållandena vid Bösjön?

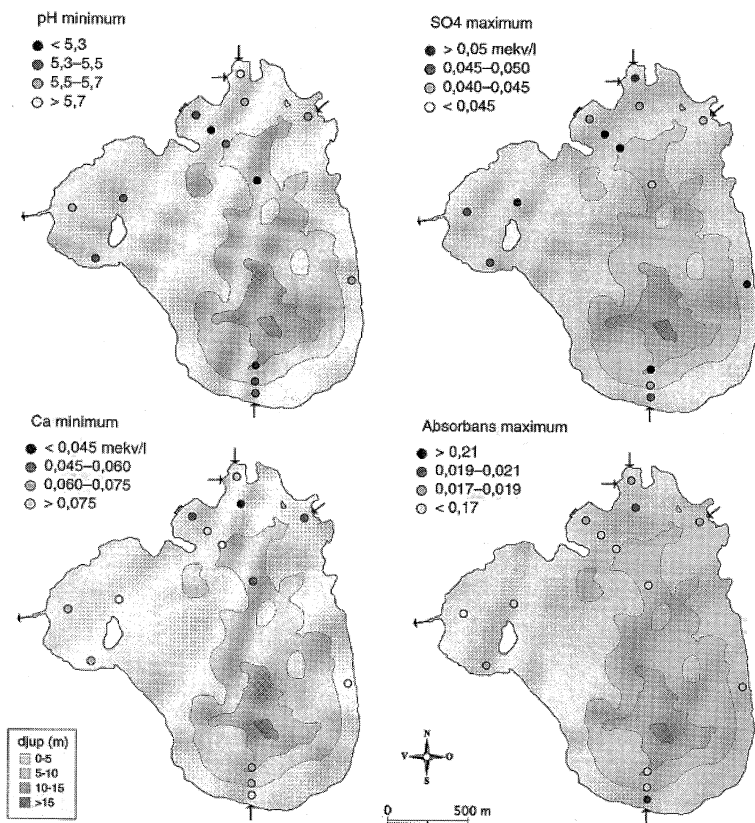
Den mängd syra som deponeras i snön under vintern och sedan smälter ut under våren avgör omfattningen av surstötter. Snökemin vid Bösjön studerades genom provtagningar av en snöprofil (tabell 1).

Tabell 1. Snökemi vid Bösjön vid tre provtagningstillfällen under 2001.

Månad	Dag	Snödjup cm	pH	Ca mekv/l	Alk. mekv/l	SO ₄ mekv/l	TOC mg/l
3	19	85	5.09	0.006	-0.008	0.009	1.5
4	10	47	5.06	0.004	0	0.008	1.6
4	24	35	5.37	0.003	0.008	0.016	2

Snökvaliteten är som förväntad, med undantag för dess måttliga surhet. Syran smälter ut tidigt, vilket framgår av stigande pH-värden och alkalinitet.

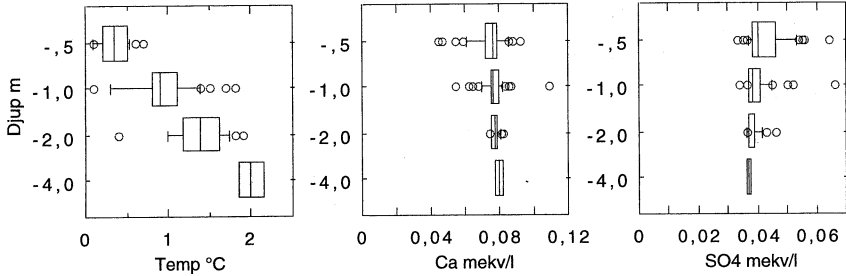
De vattenkemiska resultaten visas som extremvärden av de tre provtagningarna i figur 1.



Figur 1. Areell fördelning av pH-värde (minimum), SO₄ (maximum), Ca (minimum) och vattenfärg (absorbans, maximum) vid provtagningar under våren 2001. Provplatsen för littoralfauna markerad med J.

Låga pH-värden förekom i de centralare delarna av sjön (Figur 1), vattnet här var samtidigt klarare än vid stränderna. Brunare vatten med relativt hög Ca-halter fanns längs stränderna. Detta bör vara en effekt av våt-

markskalkning i tillrinningsområdet, det humösa vattnet var neutraliserat. Här smälte snön och gav en pH-sänkning i ytvattnet. Fördelningen i djupprofilerna beskrivs i figur 2.



Figur 2. Termisk och kemisk skiktning i Bösjön under senvintern 2001.

Även om minimumvärdena för pH på 5,24 och alkalinitet på $-0,005$ mekv/l klart visar på en episod så uppfylls inte Davies (1992) kriterium på 'episodic acidification' då ANC skall vara <0 mekv/l. Det lägsta värdet på ANC var $0,041$ mekv/l, beroende på halten av humusämnen.

Halten av total-Al var ungefär 120 $\mu\text{g/l}$, sannolikt beroende på hög halt av humusämnen. Den oorganiska,

toxiska fraktionen av Al varierade med pH-värdet och var som högst ≈ 100 $\mu\text{g/l}$ vid de lägsta pH-värdena. Vid pH-värden $>5,6$ var de lägre än 70 $\mu\text{g/l}$. Halterna är således potentiellt toxiska.

Utgående från littoralfaunan är en sådan effekt inte helt uppenbar (tabell 2). Surhetsindexets värde betecknas som "måttligt högt index".

Tabell 2. Littoralfauna i Bösjön (Metod SS-EN 27828).

År	Månad	Antal taxa	Henriksson-Medin index
1998	10	12 (med M42 16)	1 (4)
1999	10	16	4
2000	10	21	3
2001	0521	18	4
2001	0605	29	6

Förändringen mellan de två provtagningarna under våren 2001 beror bland annat på ett ökat antal taxa av Ephemeroptera och Trichoptera (från 3 till 5 respektive 4 till 7). Vi tolkar

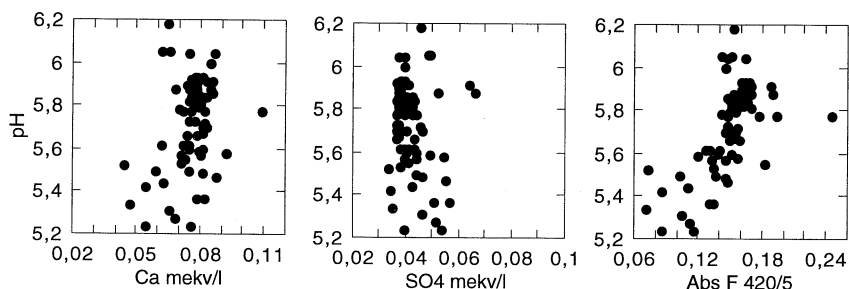
ökningen av antalet taxa som en effekt av invandring av individer från något djupare vatten. Ett HMI index på 6 innebär förekomst av snäckor, musslor och iglar.

Diskussion

Orsaker

Surstötter i sjöar har flera orsaker, men i första hand avses deposition av stark syra. Denna har under en 20-års period minskat med ca 70% och snön var detta år bara svagt sur. Deponerad sulfat har liten effekt på sjöns pH-värde (Figur 3). en viss effekt av stark syra framgår av att förhållandet till sulfat är svagt negativt. Kalkningspåverkan framgår av den, om än svaga, positiva korrelationen mellan pH-värde och

Ca. Högre halter av humussyra (vattenfärg som absorbers) sammanfaller med högre pH-värden. Vatten med hög humushalt kommer från kalkade omgivningar; alltså blir förhållandet omvänt mot det förväntade. De genomgående svaga relationerna torde bero på effekter av kalkningarna. Kalkning i tillrinningsområdet förhindrade alltså omfattande surstötter.



Figur 3. Förhållandet mellan pH-värde och Ca, SO4 samt vattenfärg under våren 2001.

Surstötsproblemet är knappast ens i detta område helt borta, även om depositionen minskat avsevärt. Men styrka och frekvens bör ha minskat avsevärt under de senaste decennierna (cf Laudon 2000).

Effekter på biota

Effekten på littoralfaunan i Bösjön synes inte vara stor. Antalet taxa steg inom två veckor från 18 till 29, det senare det högsta uppmätta sedan mätningarnas början. Mycket tyder på att ökningen beror på en invandring av framför allt sländlarver från djupare vatten.

Henriksson (1988), som undersökte bottenfauna i två vikar i Gårdsjön,

anser att "Asellus in one acidified bay of Lake Gårdsjön had migrated to deeper water while it was found in a less affected part of the limed lake". I den senare viken fanns fler organismer på 2-3 m djup än den mer påverkade. Samtidigt förekom känsliga arter av sländlarver på bägge ställen. Hävningar i stranden gav endast signifikanta skillnader i förekomst av *Asellus aquaticus* och *Sialis lutaria*.

Hur anpassas kalkningsförfarandet till surstötter i sjöar?

Av den kommande Handbok för kalkning av sjöar och vattendrag framgår att "Sjökalkning är mindre lämpligt för att motverka påverkan från surt

tillrinningsvatten på grunda bottnar och ytligt sjövattnen. En särskilt känslig tid är vintern islagda period och snösmältning”.

I Bösjön har sjökalkningen kompletterats med våtmarkskalkning och detta har tydligen bidragit till att någon allvarlig surstöt inte uppträdde, åtminstone inte detta år. De sura förhållandena i mer centrala delar av sjön torde bero på snösmältningen direkt på sjön. Sådana förhållanden, åtminstone i den omfattning som observerades i Bösjön, har mindre betydelse för sjöns biota. Genom kalkning på sjöisen kan eventuella problem lätt undvikas.

Referenser

- Bishop, K., Laudon, H. & Köhler, S. 2000. Separating the natural and anthropogenic components of spring flood pH decline: A method for areas that are not chronically acidified. *Wat. Resour. Res.* 36:1873–1884.
- Davies, T.D., Tranter, M., Wigington Jr, P.J., & Eshleman, K.N. 1992. 'Acid episodes' in surface waters in Europe. *J. Hydrol.* 132:25–69.
- Dickson, W. 1980. Properties of acidified waters. *Proc. Int. Conf. Ecol. Impact acid precip. Norway. SNSF* pp. 75–83.
- Dickson, W. 1983. Liming toxicity of aluminium to fish. *Vatten* 39:400–404.
- Dickson, W. 1986. Kalkning av sjöar och vattendrag. I Kalkning av sjöar och vattendrag. Kalkningsmessa i Hagfors 3-5 oktober 1985. *Naturvårdsverket Rapport* 3167. p 3–18.
- Driscoll, C.T., Ayling, W.A., Fordham, G.F. & Oliver, L.M. 1989. Chemical response of lakes treated with CaCO₃ to reacidification. *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 46:258–267.
- Galloway, J.N., Schofield, C.L., Hendrey, G.R. Peters, N.E & Johannes, A.H. 1980. Sources of acidity in three lakes acidified during snowmelt. *Proc. Int. conf. Ecol. Impact acid precip. Norway. SNSF* pp. 264–265.
- Grahn, O. & Hultberg, H. 1977. Undersökningar i samband med kalkning av sjöarna N. Baksjön, Övern, Lången, V:a Rödvattnet, Runnsjön och St Hällsjön i Arvika och Torsby kommuner, Värmlands län. IVL.
- Hasselrot, B., Andersson, I.B., Alenäs, I. & Hultberg, H. 1987. Response of limed lakes to episodic acid events in southwestern Sweden. *Water Air Soil Poll.* 32:341–362.
- Henriksson, L. 1988. Effects on water quality and benthos of acid water inflow into the limed Lake Gårdsjön. In Liming of Lake Gårdsjön (ed. W. Dickson). *National Swedish Environmental Protection Board Report 3426* pp. 309–327.
- Johannesen, M., Henriksen, A. 1978. Chemistry of snow meltwater: Changes in concentration during melting. *Wat. Resour. Res.* 14:615–619.
- Johannesen, M., Skartveit, A. & Wright, R.F. 1980. Streamwater chemistry before, during and after snowmelt. *Proc. Int. Conf. Ecol. Impact acid precip. Norway. SNSF* pp. 224–225.
- Laudon, H. 2000. Separating natural acidity from anthropogenic acidification in the spring flood of northern Sweden. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 160.