

Vattenkemiska effekter av 10 års våtmarkskalkning i Skidbågsbäcken

För innehåll och framförda åsikter svarar författaren.

Fotograf : Omslagbild, Länsstyrelsen Dalarna

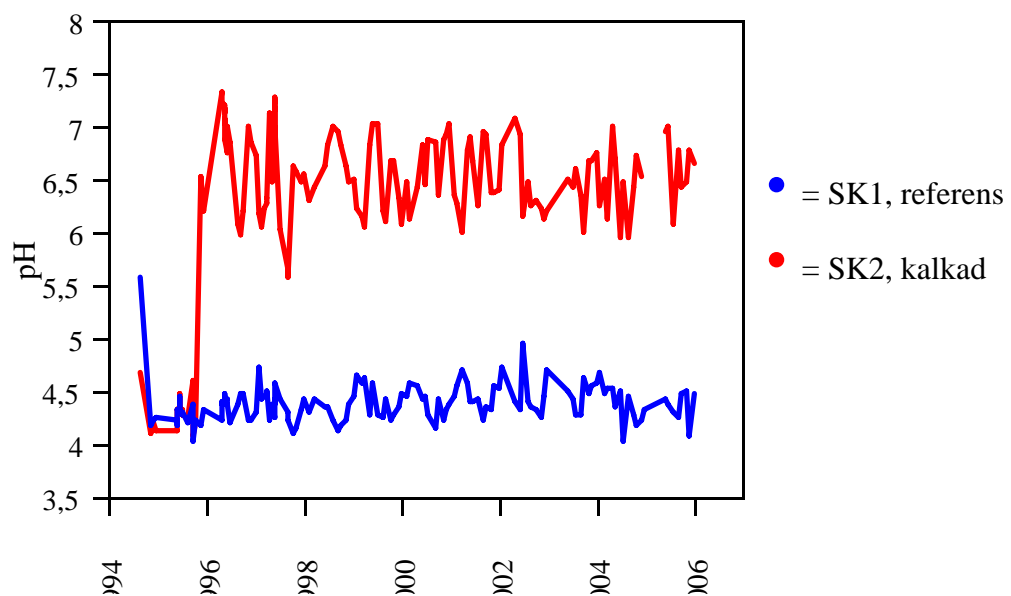
Tryckdatum: Juni 2007.

Tryckeri: Länsstyrelsen i Dalarnas län, Falun.

Upplaga: 100 ex.

ISSN 1403-3127 Länsstyrelsen Dalarna.

Vattenkemiska effekter av 10 års våtmarkskalkning i Skidbägsbäcken, Dalarna.



Stefan Löfgren¹

¹ Institutionen för miljöanalys, SLU, Box 7050, 750 07 Uppsala, Stefan.Lofgren@ma.slu.se

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	i
Sammanfattning	1
1. Bakgrund och syfte.....	2
2. Undersökningsområdet och kalkningsverksamhet.....	2
3. Undersöknings- och utvärderingsmetoder	4
4. Vattenkvaliteten efter kalkning	6
Variabler kopplade till kalciumkarbonatsystemet.....	6
Närsalter och organiskt kol	7
Metaller	8
Sulfat	8
5. Slutsatser och rekommendationer	10
Framtida kalkeffektuppföljning.....	10
Våtmarkskalkningens vattenkemiska effekter	10
Referenser.....	11

Sammanfattning

Undersökningarna i Skidbågsbäcken är p.g.a. försöksupplägget och de långa tidsserierna av stort regionalt och nationellt värde för att påvisa de långsiktiga vattenkemiska effekterna av våtmarkskalkning. Det föreslås därför att länsstyrelsen i Dalarna, inom ramen för kalkeffektuppföljningen, fortsätter att studera vattenkvalitet och flora i området.

Våtmarkskalkningens vattenkemiska effekter

Vattenkvaliteten vid SK2 förändrades givetvis dramatiskt efter våtmarkskalkningen hösten 1995 och slutsatserna från utvärderingen av perioden 1995/2000 (Löfgren 2001) är i hög grad giltiga även för den längre tidsperioden 1995/2005.

Alla variabler kopplade till kalciumkarbonatsystemet uppvisade statistiskt signifikanta ($p < 0,05$) skillnader med SK1. Vid SK2 var vattnets buffertkapacitet ca 850 $\mu\text{eq ANC/l}$ och huvuddelen utgjordes av vätekarbonat. pH varierade runt 6,5, vilket är ca 1,5 pH-enhet lägre än vad som skulle varit fallet om vattnet varit i jämvikt med koldioxidhalten i atmosfären. Det förelåg följaktligen en påtaglig övermättnad med koldioxid i bäckvattnet.

Samtliga baskatjoner uppvisade förhöjda halter vid SK2 och med den mest påtagliga ökningen för kalcium, som ökade ca 60 ggr. Som en följd av de förhöjda jonhalterna ökade konduktiviteten från 2 mS/m till 8 mS/m i bäckvattnet.

Bäckvattnets halter av oorganiskt kväve var förhöjt med ca 35 $\mu\text{g N/l}$ under perioden 2001/05 jämfört med referensperioden. Även det organiskt bundna kvävet var förhöjt med ca 180 $\mu\text{g/l}$, vilket tillsammans med de förhöjda halterna oorganiskt kväve ledde till en ökning av totalkvävehalten med drygt 200 $\mu\text{g Tot-N/l}$. Detta indikerar en förhöjd mineralisering av växtmaterial under de 10 år då myren varit kalkad.

Fosfor uppvisade i stort sett samma mönster som kväve, med den skillnaden att halterna var lägre och att höga halter fosfat endast registrerades episodiskt. Organiskt bunden fosfor uppvisade dock en generell förhöjning efter våtmarkskalkningen och totalfosforhalten ökade från 6 till 18 $\mu\text{g Tot-P/l}$ i bäckvattnet.

De förhöjda halterna av organiskt bunden kväve och fosfor motsvarades inte av förhöjda halter organiskt material i bäckvattnet från den kalkade myren. Haltförhöjningar under så lång tid som 10 år indikerar att nyproducerat växtmaterial (lägre C/N och C/P kvoter jämfört med torv och annat äldre växtmaterial) är involverat i processen och att den kalkade våtmarken genomgått en eutrofiering.

Av de undersökta metallerna uppvisade zink, kadmium och aluminium statistiskt signifikant ($p < 0,05$) lägre halter i bäckvattnet, sannolikt som en effekt av det förhöjda pH-värdet i de kalkade våtmarkerna där metallerna kan fastna.

Våtmarkskalkningarna påverkar inte sulfathalten särskilt påtagligt utan de trender som uppmätts styrs i huvudsak av den minskade svaveldepositionen.

1. Bakgrund och syfte

Kalkning av försurade sjöar och vattendrag har sedan 1988 haft som biologisk målsättning ”att avgifta vattnen så att den naturliga florin och faunan kan bestå eller återkolonisera det kalkade vattnet”. Den kemiska målsättningen har varit ”att höja pH över 6,0 och alkaliniteten över 0,1 meq/l” (Naturvårdsverket 1988). I handboken för kalkning definieras att den långsiktiga målsättningen är ”att bibehålla och återställa biologisk mångfald så att den liknar de biologiska samhällen som fanns före den antropogena försurningen” (Naturvårdsverket 2002).

Kalkning av våtmarker utgör en av de metoder som används för att höja pH-värdet i ytvatten, men eftersom metoden ger oönskade, negativa effekter på bl.a. våtmarkernas flora har Naturvårdsverket (1994) utarbetat ett policydokument som ger rekommendationer för hur man skall gå till väga för att optimera användningen av metoden och minska skadorna. Under 1994/95 påbörjade Naturvårdsverket det s.k. Rafstedt-projektet, med målsättningen att övervaka de långsiktiga effekterna av våtmarkskalkning och ge underlag för nya råd för verksamheten (Rafstedt 2000).

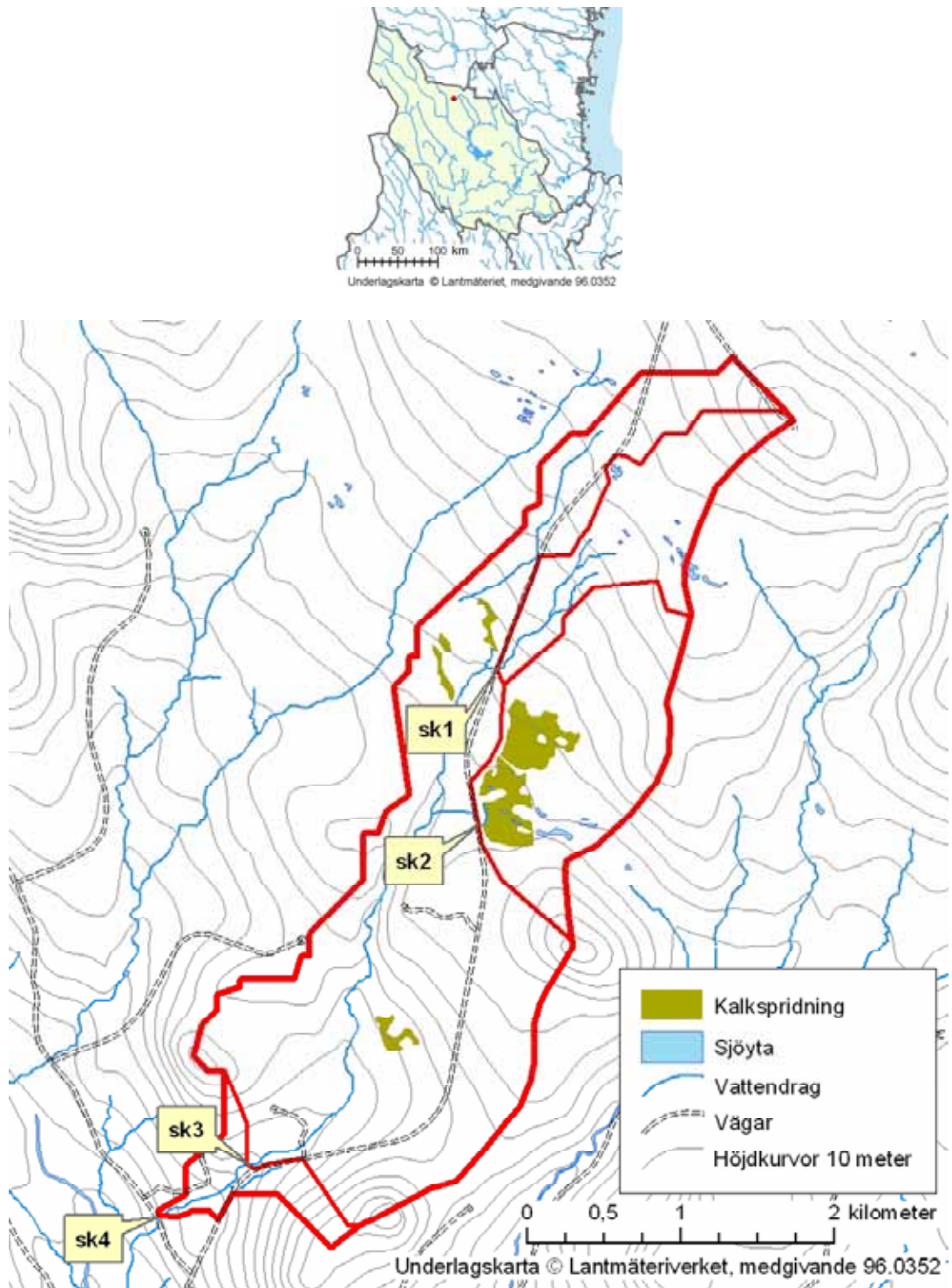
Inom ramen för Rafstedt-projektet förlade länsstyrelsen i Dalarna sina undersökningar till våtmarker i anslutning till Skidbågsbäcken och kompletterade florainventeringarna med studier av hur avrinningskemin från våtmarken påverkades av kalkningen. Kalkningarnas effekter på vattenkemin har utvärderats t.o.m. sommaren 2001 (Löfgren 2001). I denna rapport utvärderas de vattenkemiska effekterna av 10 års våtmarkskalning d.v.s. under perioden 1996-2005. Syftet har varit att särskilja kalkningseffekten från övrig påverkan genom att jämföra vattenkvaliteten i en bäck som avvattnar en okalkad del av myrkomplexet med en bäck som avvattnar en kalkad del.

2. Undersökningsområdet och kalkningsverksamhet

Skidbågsbäcken ligger i Mora kommun på gränsen till Älvdalens kommun och avvattnas till Rymman, ett biflöde till Rotälven. För en utförlig beskrivning av avrinningsområdet hänvisas till Löfgren (2001). De två övre mätstationerna (figur 1), som denna utvärdering omfattar, avvattnar tämligen likartade och likstora avrinningsområden dominerade av lågproduktiv barrskog och våtmarker. SK1 utgör referens (106 ha) och är opåverkat av kalkning medan SK2 våtmarkskalkats på 14% av arealen (184 ha). Den första våtmarkskalkningen utfördes på två våtmarker inom SK2 hösten 1995 med 20-30 ton/ha kalkad våtmarksareal. Kalkningarna har därefter upprepats med två års mellanrum med en lägre giva på 3-12 ton/ha kalkad våtmarksareal (Tabell 1). Kalken har spridits som kalkstensmjöl (<2 mm) från helikopter i enlighet med den metodik och mängd som är representativ för regionen.

Tabell 1. Area (ha), och kalkad areal våtmark (ha) samt kalkgivor (ton) under perioden 1995-2005 inom respektive delavrinningsområde. Källa: länsstyrelsen Dalarna

Avrinningsområde	Area (ha)	Kalkad areal våtmark (ha)	Giva 1995 (ton)	Giva 1997 (ton)	Giva 1999 (ton)	Giva 2001 (ton)	Giva 2003 (ton)	Giva 2005 (ton)
SK1	106	0	0	0	0	0	0	0
SK2	184	26,5	530	120	120	120	120	120



Figur 1. Skidbågsbäckens läge i Dalarna (övre kartan) och delavrinningsområden i Skidbågsbäcken samt läge för provtagningspunkter och ytor som våtmarkskalkats (nedre kartan). Kartorna är framställda av Stefan Rystedt, Länsstyrelsen Dalarna.

3. Undersöknings- och utvärderingsmetoder

Ytvatten från SK1 och SK2 insamlades 8-12 ggr/år. Samtliga prover skickades till MeAna-konsult AB (ackrediterat av SWEDAC) i Uppsala för analys av olika surhetsvariabler, närsalter, organiskt material, större konstituenten och metaller. För en mer ingående beskrivning av undersökningsmetodiken hänvisas till Löfgren (2001). De vattenkemiska resultaten som legat till grund för denna utvärdering har ställts till förfogande av David Lundvall, länsstyrelsen Dalarna.

ANC (vattnets buffertkapacitet) har beräknats som summan av alla baskatjoner minus summan av mineralsyrornas anjoner i enlighet med ekvation 1.

$$\text{ANC (meq/l)} = (\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}) - (\text{SO}_4 + \text{Cl} + \text{NO}_3) \quad (1)$$

Halten organiska anjoner (RCOO^-) har beräknats i enlighet med ekvation 2 och 3, vilka baseras på Oliver et al. (1983). Konstanterna i ekvation 2 och 3 har tagits fram med stöd av data från vattendrag i Dalarna och övriga Norrland, ingående i Naturvårdsverkets surstötprojekt (Laudon 2000).

$$\text{p}k_a = -1,95 + 2,13 * \text{pH} - 0,147 * \text{pH}^2 \quad (2)$$

$$\text{RCOO}^- \text{ (meq/l)} = (10^{-\text{p}k_a} * 12 * \text{TOC} / (10^{-\text{pH}} + 10^{-\text{p}k_a})) / 1000 \quad (3)$$

Undersökningarna i Skidbågsbäcken påbörjades 1994, d.v.s. ett år innan kalkningarna startade, för att kunna jämföra vattenkvaliteten i SK1 och SK2 innan det senare området behandlades. Detta referensår (1994-08-09 t.o.m. 1995-09-25) användes för att analysera skillnaderna innan kalkning mellan SK1 och SK2 (Löfgren 2001). I denna rapport har de statistiska analyserna (ANOVA) utförts på kalkningsperioden d.v.s. från 1995-10-30 t.o.m. 2005-12-12.

Tabell 2. Medianvärden och statistiskt signifikanta skillnader ($p < 0,05$) i bäckvatten mellan SK1 (referens) och SK2 (kalkad) för de undersökta variablerna under referens- och kalkningsperioden.

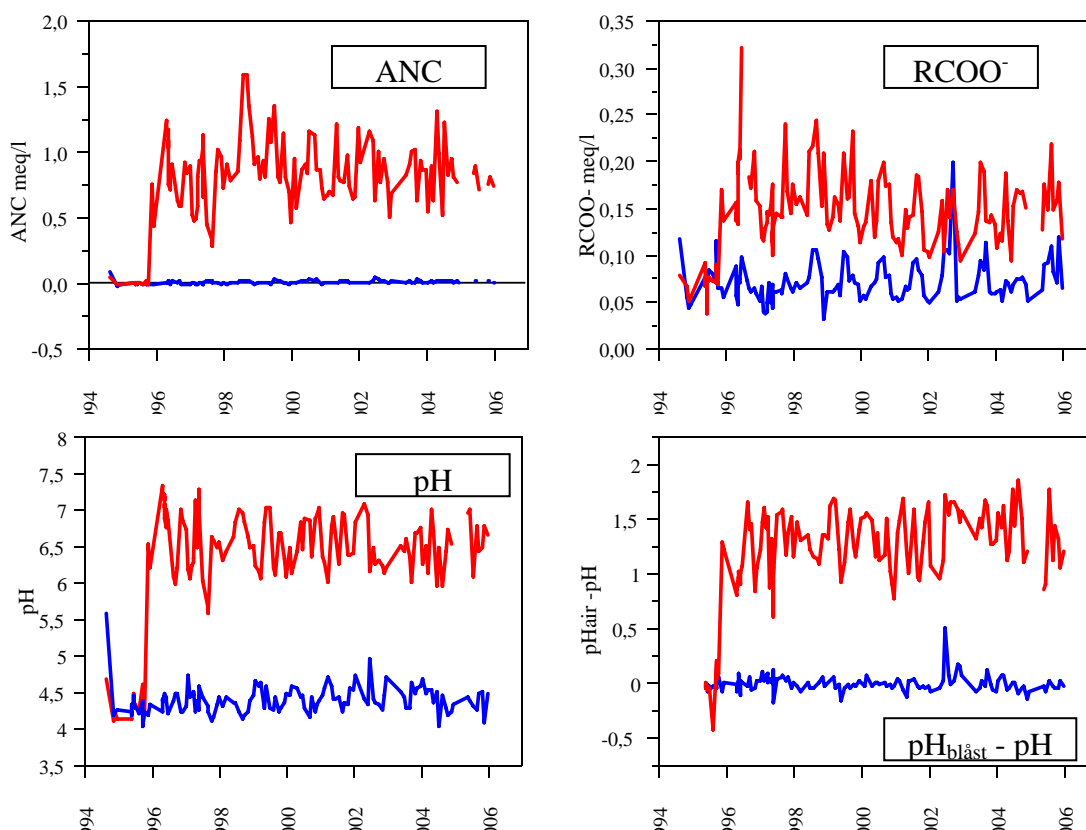
Parameter	Enhet	Referensperiod, 940809-950925			Kalkningsperiod, 951030-051212		
		SK1	SK2	ANOVA	SK1 (referens)	SK2 (kalkad)	ANOVA
Kond	mS/m	2,49	2,42		2,00	8,16	$p < 0,0001$
Abs 420nm of		0,294	0,363		0,354	0,317	$p < 0,01$
Abs 420nm f		0,313	0,299		0,289	0,268	$p < 0,0001$
TOC	mg/l	15,5	15,4		13,4	14,4	
Susp	mg/l	0,5	0,5		7,0	6,0	
NH ₄ -N	µg/l	5	5		5	7	$p < 0,001$
NO ₂ +NO ₃ -N	µg/l	5	5		15	43	$p < 0,0001$
Org-N	µg/l	270	270		366	433	$p < 0,05$
Tot-N	µg/l	280	287		340	510	$p < 0,001$
PO ₄ -P	µg/l	1	1		1	2	
Res-P	µg/l	5	5		10	15	$p < 0,05$
Tot-P	µg/l	7	6		12	18	$p < 0,01$
pH		4,29	4,30		4,42	6,45	$p < 0,0001$
pH luftat		4,28	4,31		4,42	7,92	$p < 0,0001$
Alk/Ac	meq/l	-0,095	-0,092		0,060	0,739	$p < 0,0001$
ANC	meq/l	0,007	0,013		0,016	0,868	$p < 0,0001$
SO ₄	meq/l	0,032	0,027		0,019	0,020	$p < 0,0001$
Cl	meq/l	0,009	0,009		0,012	0,016	$p < 0,001$
NO ₃ -N	meq/l	0,000	0,000		0,001	0,003	$p < 0,0001$
R _{COO} - (Oliver)	meq/l	0,073	0,073		0,066	0,147	$p < 0,0001$
Ca	meq/l	0,014	0,016		0,014	0,848	$p < 0,0001$
Mg	meq/l	0,007	0,009		0,007	0,021	$p < 0,0001$
Na	meq/l	0,023	0,029		0,026	0,033	$p < 0,0001$
K	meq/l	0,003	0,005	$p < 0,05$	0,003	0,006	$p < 0,0001$
H ⁺	meq/l	0,051	0,050		0,038	0,000	$p < 0,0001$
NH ₄ -N	meq/l	0,000	0,000		0,000	0,001	$p < 0,001$
Cu	µg/l	0,20	0,24		0,49	0,52	
Pb	µg/l	0,63	0,70		0,65	0,44	
Zn	µg/l	4,8	5,3		4,6	2,8	$p < 0,05$
Cd	µg/l	0,023	0,029		0,022	0,015	$p < 0,0001$
Al	µg/l	201	209		193	153	$p < 0,05$
Fe	µg/l	783	545		960	426	
Mn	µg/l	19	24		18	18	

4. Vattenkvaliteten efter kalkning

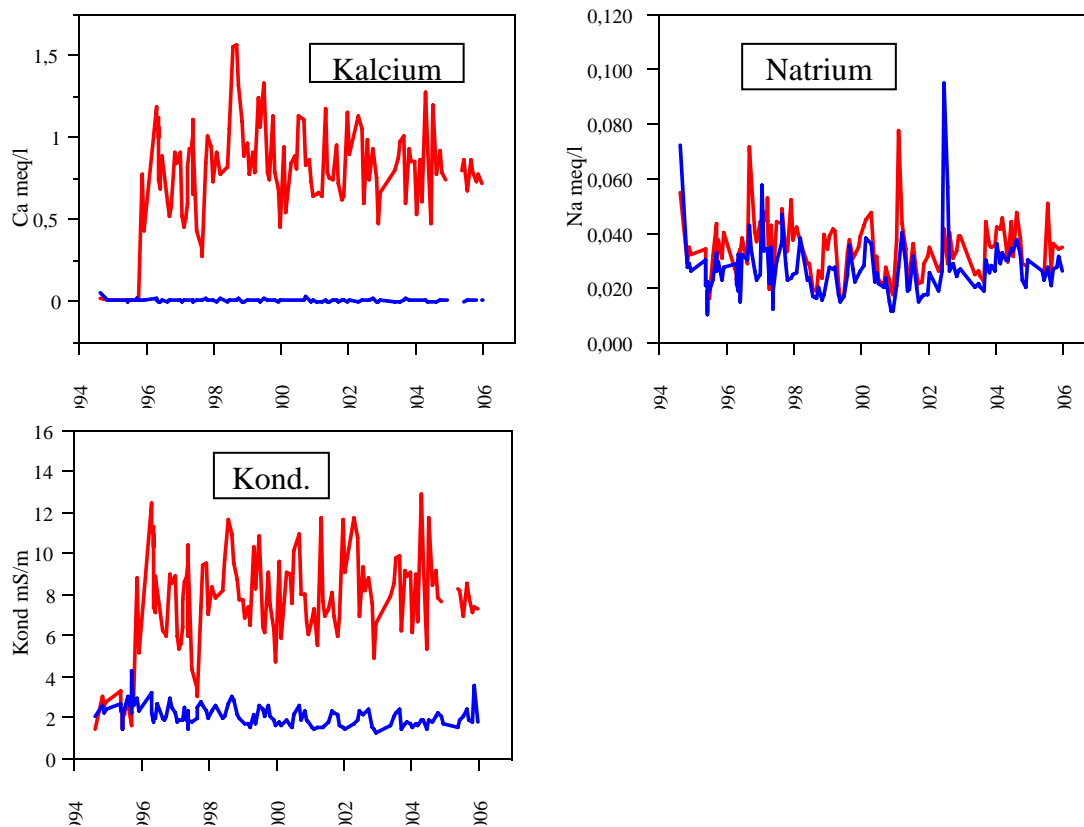
Variabler kopplade till kalciumkarbonatsystemet

Vattenkvaliteten vid SK2 förändrades givetvis dramatiskt efter våtmarkskalkningen hösten 1995. Alla variabler kopplade till kalciumkarbonatsystemet påverkades och uppvisade statistiskt signifikanta ($p < 0,05$) skillnader med SK1 (Tabell 2). Bäckvattnets buffertkapacitet ökade drygt 70 gånger från 16 $\mu\text{eq ANC/l}$ till 868 $\mu\text{eq ANC/l}$ (Tabell 2, Figur 2) varav huvuddelen eller drygt 80% utgjordes av vätekarbonat. Även de organiska ämnenas basiska egenskaper ökade till det dubbla från 66 $\mu\text{eq RCOO}^-/\text{l}$ till 147 $\mu\text{eq RCOO}^-/\text{l}$ (Figur 2). Det senare förklaras av att vattnets pH ökade från 4,3 till 6,5 (Figur 2), vilket medförde att humussyrorna i betydligt högre grad dissocierade (avgav vätejoner).

Effekten av ökningen i ANC på pH var dock betydligt lägre än vad som skulle kunna förväntas, eftersom det förelåg ett påtagligt övertryck av koldioxid i bäckvattnet jämfört med vad det skulle varit om det förelåg jämvikt med koldioxidhalten i atmosfären. Överskottet koldioxid sänkte pH-värdet med i medeltal 1,5 enheter (Figur 2). Koldioxidtrycket har en påtaglig inverkan på vattnets pH-värde när det innehåller vätekarbonat (alkalinitet), vilket tidigare visats för många sjöar och vattendrag i Dalarna (Löfgren 1995). Däremot påverkar koldioxidtrycket inte pH mer än marginellt då alkalinitet saknas (jfr. SK1 och referensperioden för SK2, Tabell 2).



Figur 2. Bufferkapacitet (meq ANC/l), halten organiska anjoner (meq RCOO⁻/l), pH samt skillnaden i pH vid aktuellt koldioxidtryck och i jämvikt med atmosfärens koldioxidhalt ($\text{pH}_{\text{bläst}} - \text{pH}$) i bäckarna vid SK1 (blå) och SK2 (röd).



Figur 3. Halterna av kalcium (meq Ca/l) och natrium (meq Na/l) samt konduktiviteten (mS/m) i bäckarna vid SK1 (blå) och SK2 (röd).

Våtmarkskalkningarna medförde statistiskt signifikant ($p < 0,05$) ökade halter av samtliga baskatjoner, men med den mest påtagliga ökningen för Ca, som ökade ca 60 ggr (Tabell 2, Figur 3). Även Mg, Na och K ökade något efter våtmarkskalkningen, men medianhalterna skiljde endast några få $\mu\text{eq/l}$ mellan SK1 och SK2. Som en följd av de ökade jonhalterna ökade konduktiviteten från 2 mS/m till 8 mS/m i bäckvattnet.

Närsalter och organiskt kol

Både ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) och nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), dvs. det oorganiska, direkt växttillgängliga kvävet (Oorg-N), uppvisade statistiskt signifikant ($p < 0,05$) förhöjda halter höst och vinter i SK2 särskilt de tre första åren efter den första kalkningen 1995 (Figur 4). Utgående från analyser av det ytliga myrgrundvattnet drog Löfgren (2001) slutsatsen att de höga halterna oorganiskt kväve de första åren var orsakade av kraftig mineralisering av döda *Sphagnum*-mossor och otillräckligt växtupptag. Därefter anpassade sig sannolikt växtligheten till de nya förhållandena och omsatte det mineraliserade kvävet. Medianvärdet för oorganiskt kväve i bäckvattnen vid SK2 var $47 \mu\text{g N/l}$ under perioden 2001/05 ($n=32$, Figur 4) att jämföra med $10 \mu\text{g N/l}$ under referensperioden (Tabell 2), vilket indikerar en fortsatt kraftig mineralisering av dött växtmaterial upp till 10 år efter den första kalkningen.

Jämfört med referensperioden 94/95 var det organiskt bundna kvävet förhöjt under perioden 2001/05 med ca $180 \mu\text{g Org-N/l}$ i bäckvattnet vid SK2, vilket tillsammans med de förhöjda halterna av Oorg-N ledde till en ökning av totalkvävehalten från $287 \mu\text{g Tot-N/l}$ till $510 \mu\text{g Tot-N/l}$. Även jämfört med SK1 var totalkvävehalterna $170 \mu\text{g Tot-N/l}$ högre vid SK2 (Tabell 4), vilket indikerar att även Org-N härstammade från den kalkade myren.

Fosfor uppvisade i stort sett samma mönster som kväve, med den skillnaden att halterna var lägre och att höga halter av oorganiskt fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) endast registrerades episodiskt. Residualfosfor (Res-P), vilket i huvudsak torde utgöras av organiskt bunden fosfor, uppvisade dock en generell förhöjning ($p < 0,05$) efter våtmarkskalkningen vid SK2 i bäckvattnet (Tabell 4). I det senare ökade totalfosforhalterna (Tot-P) från referensperiodens 6 $\mu\text{g/Tot-P/l}$ till kalkningsperiodens 18 $\mu\text{g/Tot-P/l}$. Även jämfört med SK1 var totalfosforhalterna 6 $\mu\text{g/Tot-P/l}$ högre vid SK2 (Tabell 4). Denna haltförhöjning registrerades även under perioden 2001/05 då medianhalten Tot-P var 19 $\mu\text{g/Tot-P/l}$.

Ökningen i halter av Org-N och Res-P motsvarades inte av någon ökning i halten organiskt material (TOC) i bäckvattnet vid SK2 (Tabell 4, Figur 4). Löfgren (2001) förklarade ökningen i organiskt bundna kväve och fosfor med att det var ett mer kväve- och fosforrikt organiskt material (lägre C/N- respektive C/P-kvoter) som frigjordes från den kalkade myren, sannolikt kopplat till de döda *Sphagnum*-mossorna. Haltförhöjningar under så lång tid som 10 år indikerar dock att även mer nyproducerat växtmaterial är involverat i processen och att den kalkade våtmarken genomgått en eutrofiering.

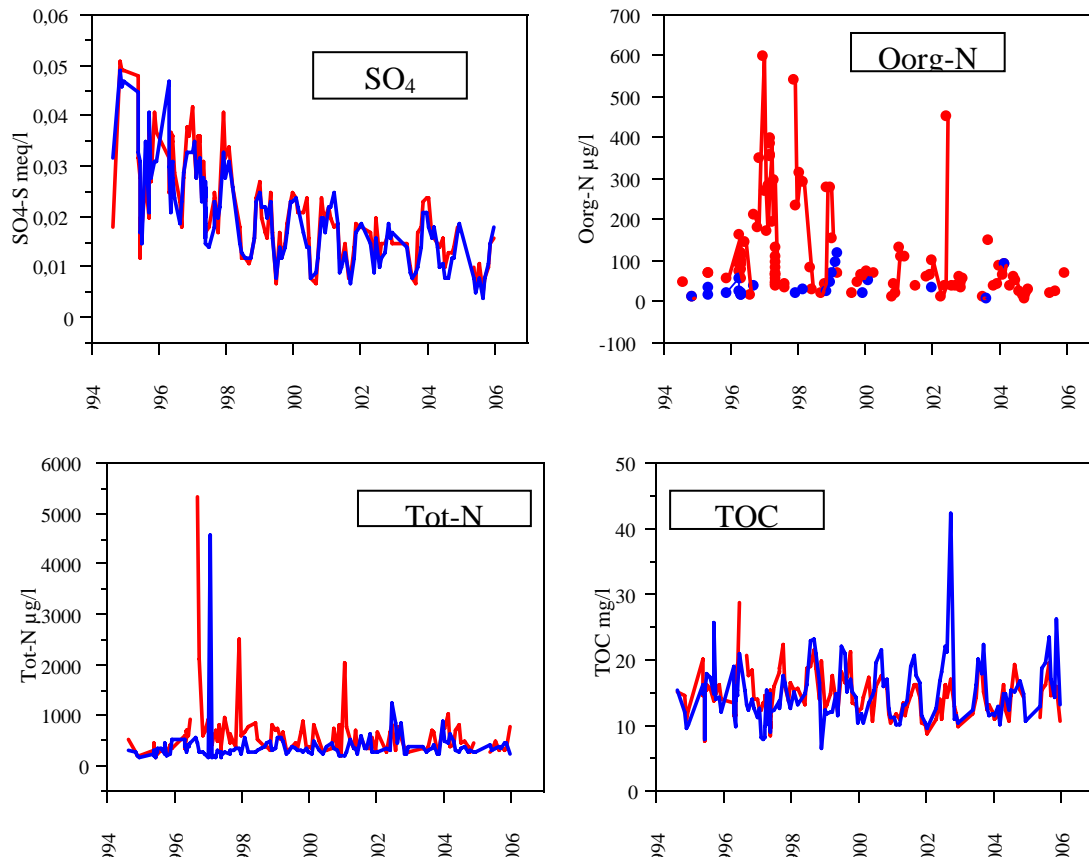
Metaller

Av de undersökta metallerna uppvisade endast zink (Zn), kadmium (Cd) och aluminium (Al) statistiskt signifikanta skillnader ($p < 0,05$) efter kalkningen mellan bäckvattnen vid SK1 och SK2 (Tabell 4). Halterna av dessa metaller minskade i det våtmarkskalkade området med ca 1,8 $\mu\text{g Zn/l}$, 0,007 $\mu\text{g Cd/l}$ och 40 $\mu\text{g Al/l}$ (Tabell 4), sannolikt som en effekt av det förhöjda pH-värdet (Lydersen & Löfgren 2000) i våtmarkerna. Däremot kunde ingen statistiskt signifikant skillnad registreras för koppar (Cu) bly (Pb) och järn (Fe) vilka bildar starka komplex med organiskt material (humus). Järn och mangan påverkas dessutom av redoxförhållandena i vattnet och är mer lösliga vid reducerad miljö (Lydersen & Löfgren 2000). Utgående från studier av bl.a. myrgrundvattnet drog Löfgren (2001) slutsatsen att våtmarkskalkningen och det höga pH-värdet ledde till att metallerna fastnade i våtmarken. Även resultaten från den 10-åriga kalkningsperioden stöder denna slutsats.

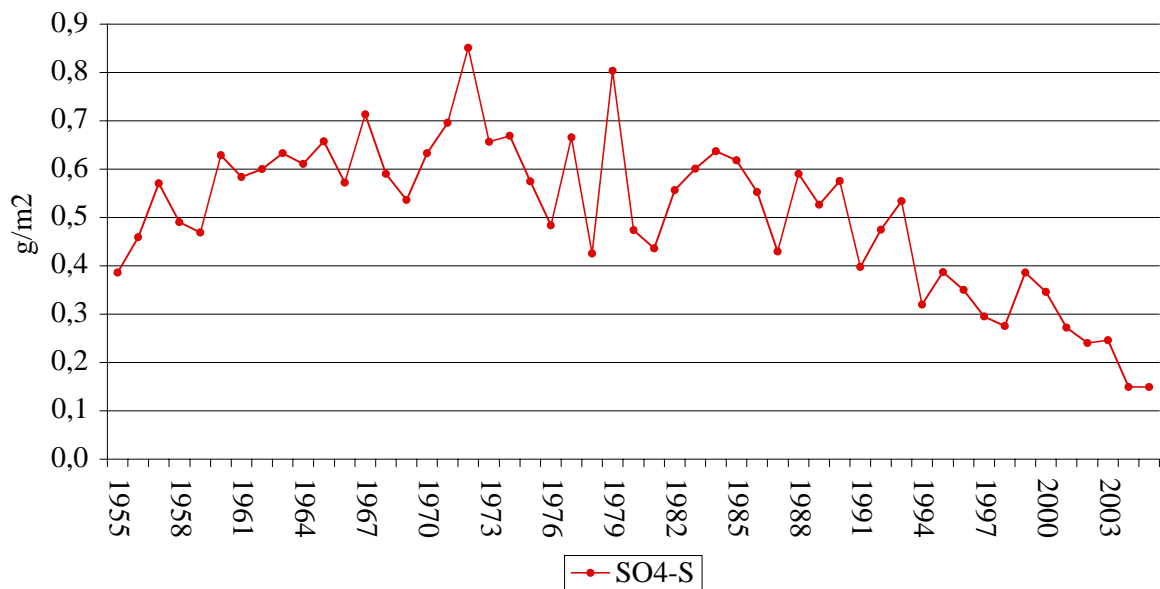
Sulfat

Det förelåg en mycket liten (0,001 meq/l) statistiskt signifikant skillnad ($p < 0,0001$) i sulfathalter (SO_4) mellan SK1 och SK2, vilket indikerar att våtmarkskalkningarna inte påverkar denna variabel särskilt mycket. Sulfathalterna sjönk emellertid påtagligt i båda områdena, från ca 30 $\mu\text{eq/l}$ under referensperioden till ca 20 $\mu\text{eq/l}$ i slutet på 1990-talet varefter halterna planat ut (Figur 4). Det senare är sannolikt förknippat med den generellt minskade svaveldepositionen över Sverige sedan början på 1980-talet (Figur 5).

Den minskade halten av sulfat i bäckvattnet mellan 1994 och 2005 vid SK1 har gett upphov till en statistiskt signifikant ökning av ANC med ca 0,017 meq/l ($p < 0,001$). Denna ökning har dock inte påverkat pH. Bäckvattnets surhetstillstånd styrs följaktligen i huvudsak av humussyrornas aciditet och ej av det sura nedfallet, vilket innebär att området är naturligt surt. Även surstötarna under vårfloeden i SK1 orsakas primärt av naturliga processer (Löfgren 1995, Löfgren & Laudon 2004).



Figur 4. Halterna av sulfat (meq SO_4/l), oorganiskt kväve ($\text{Oorg-N} = \text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$, $\mu\text{g/l}$), totalkväve (Tot-N, $\mu\text{g/l}$) och organiskt material (mg TOC/l) i bäckarna vid SK1 (blå) och SK2 (röd).



Figur 5. Svaveldepositionen (våtdeposition) över Mellansverige under perioden 1955-2005. Data från MISU och IVL.

5. Slutsatser och rekommendationer

Framtida kalkeffektuppföljning

Undersökningarna i Skidbågsbäcken utgör ett bra exempel på ett klassiskt försöksupplägg där man vill studera effekterna av någon form av behandling. Undersökningarna är p.g.a. försöksupplägget och de långa tidsserierna av stort regionalt och nationellt värde för att påvisa de långsiktiga effekterna av våtmarkskalkning inte bara vattenkemiskt utan även med avseende på våtmarkernas flora. Det föreslås därför att Naturvårdsverket och länsstyrelsen i Dalarna fortsätter att studera vattenkvalitet och flora i SK1 och SK2. Det vattenkemiska parameterintervallet bör överensstämma med det som använts i denna undersökning, för att möjliggöra framtida utvärderingar av de långsiktiga kalkningseffekterna på surhetstillstånd, organiskt material, närsalter och metaller. Det vore önskvärt att provtagningen kunde utföras månadsvis med undantag av vårfloden då prov insamlas var tredje dag under två veckor då den mest intensiva snösmältningen försiggår.

Våtmarkskalkningens vattenkemiska effekter

- Vattenkvaliteten vid SK2 förändrades givetvis dramatiskt efter våtmarkskalkningen hösten 1995 och slutsatserna från utvärderingen av perioden 1995/2000 (Löfgren 2001) är i hög grad giltiga även för den längre tidsperioden 1995/2005.
- Alla variabler kopplade till kalciumkarbonatsystemet uppvisade statistiskt signifikanta ($p < 0,05$) skillnader med SK1. Vid SK2 var vattnets buffertkapacitet ca 850 $\mu\text{eq ANC/l}$ och huvuddelen utgjordes av vätekarbonat. pH varierade runt 6,5, vilket är ca 1,5 pH-enhet lägre än vad som skulle varit fallet om vattnet varit i jämvikt med koldioxidhalten i atmosfären. Det förelåg följaktligen en påtaglig övermättnad med koldioxid i bäckvattnet.
- Samtliga kationer uppvisade förhöjda halter vid SK2 och med den mest påtagliga ökningen för kalcium, som ökade ca 60 ggr. Som en följd av de förhöjda jonhalterna ökade konduktiviteten från 2 mS/m till 8 mS/m i bäckvattnet.
- Bäckvattnets halter av oorganiskt kväve var förhöjt med ca 35 $\mu\text{g N/l}$ under perioden 2001/05 jämfört med referensperioden. Även det organiskt bundna kvävet var förhöjt med ca 180 $\mu\text{g/l}$, vilket tillsammans med de förhöjda halterna oorganiskt kväve ledde till en ökning av totalkvävehalten med drygt 200 $\mu\text{g Tot-N/l}$. Detta indikerar en förhöjd mineralisering av växtmaterial under de 10 år då myren varit kalkad.
- Fosfor uppvisade i stort sett samma mönster som kväve, med den skillnaden att halterna var lägre och att höga halter fosfat endast registrerades episodiskt. Organiskt bunden fosfor uppvisade dock en generell förhöjning efter våtmarkskalkningen och totalfosforhalten ökade från 6 till 18 $\mu\text{g Tot-P/l}$ i bäckvattnet.
- De förhöjda halterna av organiskt bunden kväve och fosfor motsvarades inte av förhöjda halter organiskt material i bäckvattnet vid SK2. Hållförhöjningar under så lång tid som 10 år indikerar att nyproducerat växtmaterial (lägre C/N och C/P kvoter jämfört med torv och annat äldre växtmaterial) är involverat i processen och att den kalkade våtmarken genomgått en eutrofiering.
- Av de undersökta metallerna uppvisade zink, kadmium och aluminium statistiskt signifikant ($p < 0,05$) lägre halter i bäckvattnet, sannolikt som en effekt av det förhöjda pH-värdet i de kalkade våtmarkerna där metallerna kan fastna.
- Våtmarkskalkningarna påverkade sulfathalten i begränsad utsträckning och de trender som uppmätts styrs i huvudsak av den minskade svaveldepositionen.

Referenser

- Laudon, H. 2000. Separating natural acidity from anthropogenic acidification in the spring flood of northern Sweden. Doktorsavhandling vid SLU, Silvestria 160, ISBN 91-576-5894-3.
- Lydersen, E. & Löfgren, S. 2000. Vad händer när kalkade sjöar återförsuras? En kunskapsöversikt och rikanalys. Naturvårdsverket rapport 5074.
- Löfgren, S. 1995. Naturlig surstöt i Dalavattendrag. I G. Persson & T. Wiederholm (red.) Sjöar och vattendrag – årsskrift från miljöövervakningen 1995. Sid 73-77. ISBN 91-620-4625-X.
- Löfgren, S. 2001. Vattenkemiska effekter av våtmarkskalkning i Skidbågsbäcken. Länsstyrelsen Dalarna rapport 2001:18, 22 pp.
- Löfgren, S & Laudon, H. 2004. Surstötar i norra Dalarna 1994-2002. Länsstyrelsen Dalarna Rapport 2004:7, 37 pp.
- Oliver, B.G., Thurman, E.M., & Malcolm, R. 1983. The contribution of humic substances to the acidity of colored natural waters. *Geochemica Cosmochemica Acta* 47:2031-2035.
- Naturvårdsverket. 1988. Kalkning av sjöar och vattendrag. Allmänna Råd 88:3.
- Naturvårdsverket. 1994. Kalkning av våtmarker. Policydokument. ISBN 91-620-9546-3.
- Naturvårdsverket. 2002. Kalkning av sjöar och vattendrag. Handbok 2002:1. ISBN 91-620-0115-9
- Rafstedt, T. 2000. Kalkning av våtmarker. Uppföljning växtekologiska effekter. Naturvårdsverket 5075.



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN

*För mer information kontakta info@w.lst.se
För att beställa fler exemplar lansstyrelsen@w.lst.se
www.w.lst.se
ISSN 1403-3127*