SULFIDJORD

- en Västerbottnisk angelägenhet som bör hållas blöt

Text och bild: naturgeograf Jan Åberg

Längs Bottniska vikens kuster skadades många vattendrag av försurning redan i början av 1900-talet, långt före det sura regnets storskaliga effekter i Sverige. Orsaken till denna tidiga försurning kan härledas till svavelförande sedimentjordar, eller så kallad sulfidjord, som i kontakt med syre omvandlas till sur sulfatjord. I denna artikel ges ett axplock av färsk kunskap om sulfidjord, med referenser till bland annat en Svensk-Finskt konferens om sulfidjord, som hölls den 1-2 november 2010 i länstyrelsens lokaler i Luleå. I artikeln beskrivs också sulfidjordens miljöpåverkan i ett typiskt kustvattendrag i Västerbotten, med efterföljande resonemang kring frågan om sulfidjordens miljöpåverkan är naturlig eller antropogen (orsakad av människan).

Sulfidjord kallas ofta svartmocka längs Norrlandskusten för att den är svart eller svartstrimmig. I andra delar av Sverige, eller i andra delar av världen är den däremot oftast ofärgad på grund av låg halt av FeS i förhållande till FeS_2 (se vidare nedan). Att geotekniskt klassificera sulfidjord utifrån färg för att avgöra den potentiella ”styrkan” på en sulfidjord bör därför undvikas - även i Norrland (Kerstin Poisette, muntl.)

Figur 1. Dikning i sulfidjord kan ge upphov till kraftig oxidation och svavelsyrabildning, med påföljande lösning av metaller och metallutfällning. Diket i bilden finns nära det nuvarande deltat i Dalkarlsån i Västerbottens mellanbygd. Alla öppna diken i området var vid tillfället fyllda med utfällningar vilket tyder på förekomst av oxiderad sulfidjord. Foto: Jan Åberg, maj 2010.

I oxiderad sulfidjord (= sulfatjord) ses ofta kraftiga utfällningar av metaller i de diken som avvattnar marken (Figur 1). I Västerbottens kustland skapar detta till och med problem med själva avvattningen, eftersom täckdikena sätts igen av metallutfällningar. Speciella tekniker har därför utvecklats för täckdikning i Västerbottens

mellanbygd, som anses som ett extra problematiskt område att täckdika (tidskriften Norrbruk 5;2010).

I tekniska sammanhang benämns icke oxiderad sulfidjord som ”potentiell sur sulfatjord” (PSSJ/PASS), medan den oxiderade formen benämns ”sur sulfatjord” (SSJ/AASS). Sur sulfatjord har per definition pH<4 (även om definitionen varierar något). Förekomsten av sur sulfatjord kan säkrast påvisas genom pH-provtagning i markprofilen.

Bildning och utbredning

Syrefira bottensediment som bildas i kusttrakter blir ofta rika på svavel genom att sulfater från havsvattnet lagras in i reducerad form. I sin reducerade (icke oxiderade) form är svavlet främst kopplat till två svavelföreningar: FeS (järnmonosulfid) och FeS_2 (pyrit). Koncentrationen av svavel i sulfidjord uppgår ofta till till 1-2% av totala torrvikten (Anton Boman, muntl.). De sulfidförande lagren är inledningsvis ofta kraftigt mörkfärgade av FeS, som dock vanligen ganska snabbt övergår till den ljusfärgade slutprodukten pyrit. Den svarta färgen som ofta kan ses i bildningsområdena är därför oftast tillfällig. I ett globalt perspektiv är det främst kring Bottniska viken som även äldre lager är mörkfärgade. Orsakerna till detta har bland annat föreslagits bero på brackvattnets lägre koncentration av sulfat, och de starkt reducerande förhållandena kopplat till avsaknaden av kraftiga tidvattenvariationer (Anton Boman, muntl).

Bildningen av sulfidjord är kopplad till bakteriella processer som tar energi från reduktionen av sulfat till sulfid. Processerna är främst beroende av tillgången till syrefria sedimentationsmiljöer med organiskt material och tillgång till sulfat. Processerna går något snabbare i exempelvis tropiska mangroveskogar, men pågår även idag längs exempelvis Bottenvikens kuster.

Genom att havsvatten i sig oftast har en hög sulfathalt sker bildning av sulfidjord i de flesta trakter med kustmynnande vattendrag och syrefria sediment. Några av de mest uppmärksammade sulfidjordsområdena i världen finns vid Bottniska viken (Figur 2) och längs Australiens kuster, där stora områden med deltasediment stigit upp ur havet, genom landhöjning respektive havsnivåsänkning efter den senaste istiden. I Europa har Finland den största arealen sulfidjord, och även de största miljöproblemen kopplade till sulfidjord. I Sverige är skadorna lokalt lika kraftiga som i Finland, men främst knutna till de kustmynnande små eller medelstora vattendragen i norra Norrlands kustland.

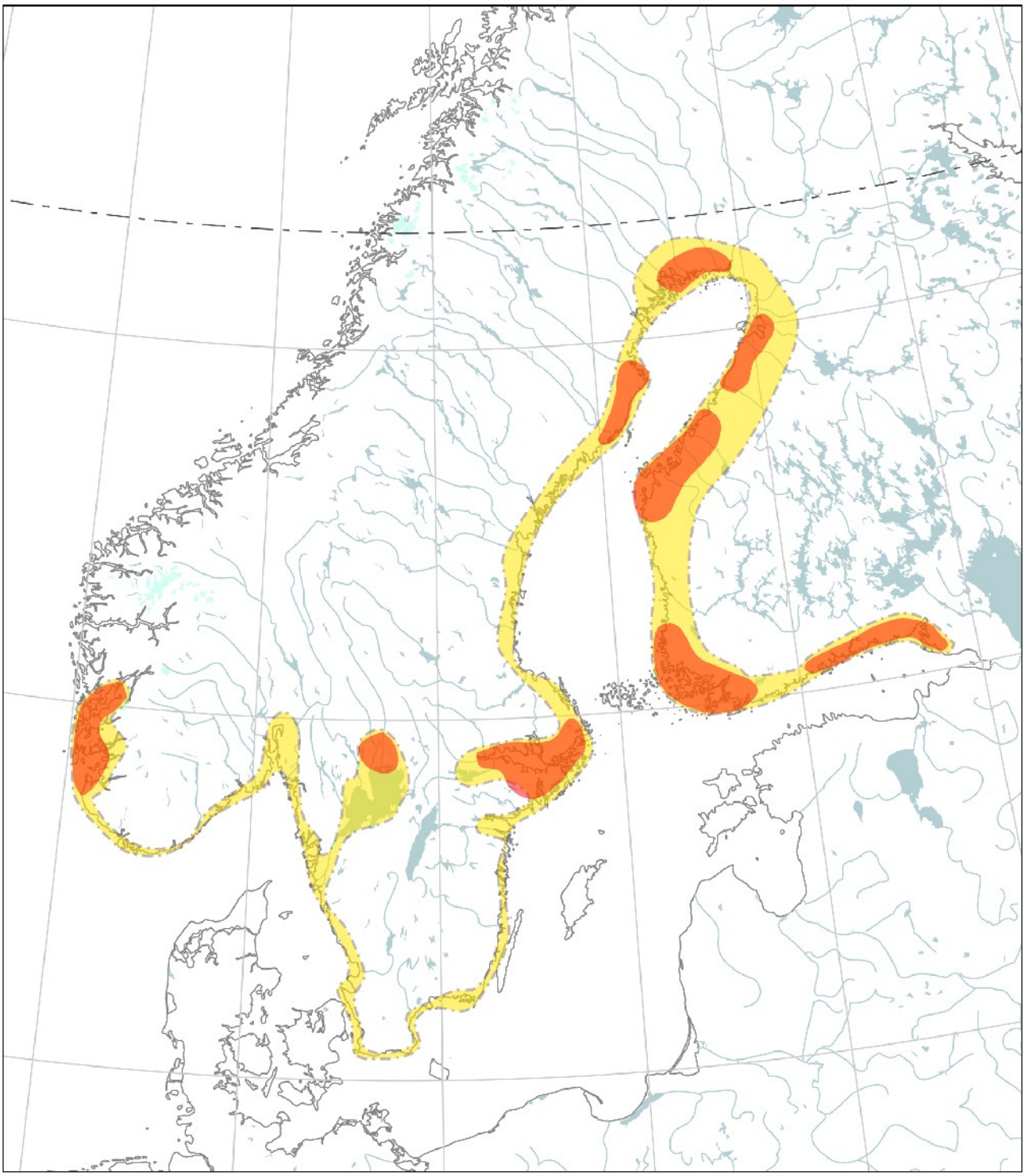
Miljöeffekter

Att sulfidjordarna längs Bottniska viken och Australiens kuster är särskilt uppmärksammade beror delvis på att de är eftertraktade för jordbruk, och behöver torrläggas (oxideras) innan effektivt jordbruk kan genomföras. Sådan tillförsel av syre gör att järnsulfiden oxideras till svavelsyra (H_2SO_4) och att jordens naturliga innehåll av metaller lakas ut i närliggande vattendrag och skapar miljöproblem. Mindre känt är att sulfidoxidationen troligen också påverkar dricksvatten och växtlighet i anslutning till den dikade marken, med risk för förhöjda metallhalter i exempelvis komjölk och grönsaker (se vidare i artikel av Fältmarsch m.fl., 2008).

Beräkningar från australiska miljömyndigheter visar att sulfidjord som innehåller 1 ton järnsulfider kan ombildas till ca 1,5 ton svavelsyra (Sammnut, 2000). I Finland talar man i generella ordalag om att oxidering av 10 cm sulfidjord motsvarar ca tusen år av surt regn.

Surstötarna som följer vid avrinning efter oxidering, bidrar till att bortföra svavel och minska halten svavelsyra i marken. Men även om oxidering vanligen sker både sommartid och vintertid är svavelinnehållet oftast så stort att halveringstiderna förblir långa. De siffror som diskuterades på konferensen i Luleå var 30-100 års halveringstid för svavelsyran i en typisk oxiderad sulfidjord. Genom att syran är mycket stark är det dock inte ens säkert att en halvering ger stora förändringar i lägsta pH, vilket i sin tur kan innebära att det kan ta betydligt längre tid än halveringstiden innan vattendragen återhämtar sig av sig själva.

Begreppet ”sulfidoxidationer” används ofta i sammanhanget för att beskriva de extra kraftiga surstötar som endast förekommer vissa torra år. När en sulfidoxidation väl inträffar händer det ofta att pH sjunker så lågt att humusämnena fälls ut och vattnet blir skimrande klart (Figur 3). Samtidigt blir de lösta metallhalterna mycket



Figur 2. I låglänta och kustnära områden i Fennoskandia finns ofta jordlager som är sulfidförande, och potentiellt miljöfarliga (gult område på kartan). De röda områdena på kartan markerar förhöjd risk för problem i vattendragen, baserat på dokumentation av synlig fiskdöd under 1900-talet i samband med sulfidoxidationer. Begreppet sulfidoxidation används här för de extra kraftiga surstötar som endast uppkommer vissa torra år i vattendragen. (Kartan representerar en fritt tolkad sammanställning av information från sulfidjordskonferensen i Luleå den 1-2 november 2010. Bakgrundsdata: Natural Earth).

höga. Sulfidoxidationer med synlig fiskdöd som följd dokumenterades redan på 1800-talet i Finland, och har därefter förekommit i både Finland och Sverige under hela 1900-talet och även under 2000-talet (Figur 2). I Västerbotten har åtminstone en av sulfidoxidationerna medfört fullständig humusutfällning. Detta skedde i Dalkarlsån omkring år 1937, enligt flera muntliga uppgifter. Persöfjärdens utlopp i Luleå kommun är troligen det bäst studerade sulfatförsurade vattendraget i Sverige. Där skedde sulfidoxidationer med genomgripande vattenkemiska förändringar sammanlagt fyra gånger under perioden 1990-2007 (Erixon, 2009).

Exemplet Dalkarlsån i Västerbotten

Den kustmynnande Dalkarlsån i Västerbottens mellanbygd har ett ca 350 km^2 stort avrinningsområde. I likhet med flera av de närliggande avrinningsområdena avvattnar Dalkarlsån stora arealer delta- och fjärdsediment som bildats i saltvatten/brackvatten, under den nuvarande 90-metersnivån över havet. För ca 4000 år sedan rann Västra och Östra Dalkarlsån ut i samma saltvattenfjärd och skapade det första riktigt stora deltat med goda förutsättningar för bildning av sulfidjord. Detta delta ligger idag i i byarna Fällfors och Övre Åkulla, där Dalkarlsåns biologiska skador är tydligare än längre uppströms. I takt med landhöjningen rann åarna ihop och det breda deltat försköts utåt. De efterlämnade delta- och fjärdsedimenten har idag en mäktighet av upp till 10 m. Större delen av sedimenten är dikade för skogsbruket eller jordbruket. Många sjöar i avrinningsområdet är därtill sänkta och i några fall helt torrlagda.

Dalkarlsåns ekologiska status omkring år 1900 var troligen mycket god, baserat på uppgifter från ett gammalt tingsprotokoll och muntliga uppgifter. De stationära fiskbestånden bestod bland annat av de försurningskänsliga arterna stensimpa och mört, samt därutöver ett flertal havsvandrande arter, såsom ål, netting, havsöring, lake, och id. Laken hör till de fiskarter som är känsligast för den sura sulfatjordens surstötar eftersom det känsliga yngelstadiet inträffar innan vårfloden, till skillnad mot exempelvis abborre och mört vars yngel oftast kläcks efter vårfloden. De samstämmiga uppgifterna om ett historiskt bestånd av lake i Dalkarlsån bekräftar därför att landhöjning i sig knappast skapade problem i de sulfidförande avrinningsområdena i Västerbotten. Förmodligen störddes dock lakens reproduktion redan i slutet av 20-talet när storskalig dikning av myrmark, skog och åker började ta fart i Dalkarlsådalen. Detta ledde till att laken redan på 30-talet var borta från mellersta loppen av ån. Mörtbestånden skadades allvarligt i en omtalad fiskdöd i slutet av 1930-talet. Ett nytt starkt bestånd återetablerades tillfälligt omkring år 1950, men försvann inom några år. Sedan dess har mörten inte återkommit till de mellersta loppen, även om den återigen finns i några av sina gamla livsmiljöer i de nedre och övre delarna av Dalkarlsåns avrinningsområde.

Dalkarlsån och de Västerbottniska kustvattendragen innehåller också höga koncentrationerna av lösta humussyror. Dessa organiska syror sänker visserligen pH, men minskar samtidigt den toxiska effekten av löst aluminium och järn (se t.ex. Vuorinen m.fl. 1999), vilket paradoxalt nog sannolikt ökar fiskbeståndens tålighet mot sulfatjordsförsurning. Några av sträckorna i Dalkarlsån med pH <5 hyser exempelvis både öring och mört. Öringen är bevisat reproducerande, medan mörten inte är studerad närmare. Mörtförekomsten i Dalkarlsåns nedre lopp (med episodiska pH runt 4,5) skulle kunna kopplas till att bestånden har tillgång till tillfälliga refuger med bättre vattenkvalitet. Förekomsten kan eventuellt också vara kopplad till den ökade överlevnaden av karpfiskar som på senare år observerats i sufatjordjordsförsurade finska vatten. Förklaringen i det fallet är att 1990-talet 2000-talet var år med ovanligt grund tjäle och tidiga surstötar, som därmed inte påverkade karpfiskarnas sena lekvandring och yngelkläckning (Richard Hudd, muntl.).

Extremtorra somrar anses generellt sett kunna skapa extra kraftiga sulfidoxidationer och skador på vattendragen. Efter torråret 2006 var fiskdöden i vattendragen och sjöarna längs finska kusten så omfattande – och mediabevakad – att sulfatjordsförsurningen togs upp som ett nationellt miljöproblem. Ifall sommaren 2006 var ett skadligt år även för Dalkarlsån och havet utanför, eller liknande Svenska vattendrag, är dock till stor del oklart, eftersom övervakningen av både kemi och biologi är mycket begränsad i dessa vatten.

Skador i havet

I många sulfatjordsförsurade vattendrag i Finland pågår miljöövervakning, som visar att sulfidoxidationen i de kustnära avrinningsområdena bidrar till mycket stora metallutsläpp till havet (Roos och Åström, 2006). De biologiska effekter som observerats i havet är exempelvis flyktreaktioner när den havslevande siken möter områden med surt vatten (vilket avsevärt försvårar sikfisket), samt att långa kuststräckor i Finland tömts på tidigare förekommande fiskarter och bestånd av musslor (Richar Hudd, muntl). Under konferensen i Luleå visade forskaren Peter Österholm, vid Åbo akademi, en bild av en 7 cm tjock aluminiumutfällning i havet 5 km utanför en åmynning i Finland. Detta om något visar den potentiella störning som den oxiderade sulfidjorden kan skapa även i havet.

I Sverige finns en mycket begränsad mängd data från de sulfatjordförsurade vattendragen. Peter Erixons mätningar, som är ett av få undantag, visar att den norrbottniska Persöfjärdens metallutsläpp till havet motsvarande hela Kalixälvens metalltransport, trots att avrinningsområdet är ca 100 gånger mindre (Erixon, 2009). Eftersom flera av Västerbottens mindre kustvattendrag liknar Persöfjärdens utlopp, är indikationen tydlig: att kustvattendragen – trots att de är små – kan utgöra problem för livet i havet. Att även ta med några

Figur 3. Den västerbottniska kustbygdens vattendrag innehåller i regel humusämnen, som visserligen gör vattnet surt, men som samtidigt binder upp metaller och skyddar vattenlivet mot skadliga metallutfällningar. Bäcken till vänster representerar denna typ av vatten. Bäcken till höger, är utloppet från Ruddammen (ca 5 ha), som torrlades på 1950-talet i Dalkarlså by, 40 km norr om Umeå. Under vårflödet finns ingen humus i Ruddammsbäcken, och bottnarna är draperade med tjocka lager av utfällningar, som troligen kommer från oxiderad sulfidjord. Under extremt torra år riskerar färgen att slå om från mörk till ljus även i de större vattendragen i sulfidjordsområdena. Sådana så kallade sulfidoxidationer medför ofta stora biologiska skador i vattendraget.
Foto: Jan Åberg, maj 2010.

sulfatjordsförsurade vattendrag i miljöövervakningen vore därför en rimlig utgångspunkt. Både inomårsvariationer och mellanårsvariationer i vattenkemin är dock extra stora i sulfatjordsförsurade vattendrag, vilket ställer höga krav på mättekniken (se vidare i rapporten av Erixon, 2009).

Sulfatjordsförsurning orsakas av människan

Vid konferensen i Luleå presenterade Anton Boman en färsk studie, som visar att landhöjning i odikade miljöer i stort sett inte tycks bidra till metallurlakning från sulfidjordar, samt att landhöjningens pH-påverkan endast är mycket begränsad i förhållande till den torrläggning som orsakas av dikning. Erixon (2009) som problematiserar detta menar dock att man även kan tala om klimatstyrd oxidation, eftersom de allra värsta surstötarna är kopplade till år med extrem, klimatrelaterad, torka (”klimatstyrd sulfidoxidation”).

Av detta följer att det kan vara nödvändigt att skilja mellan naturlig försurning orsakad av organiska syror och försurning orsakad av torrlagda sulfidjordar, vilket Naturvårdsverket inte gör idag. I fallet med sulfidjordar menar Erixon (2009, och muntl.) att Naturvårdsverket inte bör klassa sjöar och vattendrag i områden med svavelhaltiga jordar som ”naturligt sura” och ”icke försurningspåverkade”. I själva verket kan både byggnation och dikning i sulfidjord räknas till de mänskliga aktiviteter som tydligt orsakar förhöjd surhet i sjöar och vattendrag, menar Erixon, tillsammans med en till synes stor majoritet av föredragshållarna vid konferensen i Luleå.

Det råder därför knappast något tvivel om att debatten om naturlig kontra antropogen försurning kommer att kunna fortsätta...

Metoder att höja pH

I Finland betraktas sulfatjordsförsurning som ett nationellt antropogent miljöproblem sedan några år tillbaka. Därför satsas pengar på att komma till rätta med problemen. Här nedan ges exempel på ett par metoder som är under utredning i Finland.

Seija Virtanen vid Helsingfors universitet, har i sin forskning visat att en grundvattenhöjning i torrlagd sulfidjord kan återaktivera de sulfatreducerande processerna, och höja pH i utströmmande vatten. Detta kan betraktas som en god nyhet eftersom det inte är helt självklart att oxiderad svavelsyra kan återgå till reducerat tillstånd i vanlig mark. Metoden att höja grundvattenytan skulle kunna vara lämplig i många områden där dikningsdjupet är omotiverat stort. Att höja den lägsta grundvattennivån bara några centimeter kan därtill på vissa håll innebära stora förbättringar. Likaså är det viktigt att rensning av befintliga diken i sulfidjordsområden utförs så att dikena inte fördjupas av misstag. Att metoder för att höja grundvattenytan kan ha stor potential och kan vara kostnadseffektiv ska också ses i ljuset av de undersökningar som visar att ganska många diken faktiskt har tveksam nytta (se t.ex. http://diva.ivl.se/, och http://www.wwf.se/source.php?id=1273656).

Peter Österholm m fl (Åbo Akademi) har utvecklat en metod för att behålla vatten i åkermark under de torra somrar som orsakar kraftigast sulfidoxidation och fiskdöd. Metoden innebär att fältens ytterkanter tätas med plastduk, så att dräneringen i fälten kan kontrolleras via stängningsbara utflöden. Metoden ger också jordbrukaren större kontroll över vattnet i marken, vilket ökar skördeutfallet under torra år. Plasten läggs ner med en mekaniserad metod som är ungefär lika dyr (billig?) som täckdikning (totalkostnad: ca 4 euro/meter).

Kalkning fungerar ofta dåligt i sulfatjordsförsurade områden, menar Peter Österholm (muntl.). Dels för att surstötarna är korta och dels för att mängden syra som kan frisätts efter kraftig torka är mycket stor och kan resultera i pH värden ner mot 4.0 eller ännu lägre (vid kraftiga sulfidoxidationer). Ytkalkning för att förbättra åkerjord fungerar dock, men ger en i stort sett obefintlig effekt under det brukade ytskiktet.

Framtidsutsikter

Klimatförändringar med bland annat varmare klimat och större risk för både torka och extrem nederbörd är troligen inte negativa för den långsiktiga pH-trenden, men kommer sannolik att sänka lägsta pH i många kustvattendrag med sulfidjord. Detta förutspådde forskarna Kari Matti och Juha Riihimäki (Finlands miljöcentral) under konferensen i Luleå. För den totala

biologiska mångfalden i vattendragen är detta generellt sett negativt, menade Kari Matti och Juha Riihimäki. När det gäller fisköverlevnad däremot, avgör även den artspecifika biologin sambandet mellan lägsta pH och överlevnad. Det varmare klimatet under 1990-talet ledde exempelvis till att tjälen var grundare och att surstötarna kom tidigare, så att arter som leker sent på våren - så som mört, abborre och brax - faktiskt klarade sig bättre under 1990-talet, medan arter med lek och känsliga stadier under vinter och tidig vår - tex lake och vandringssik – missgynnades eller var oförändrade (Richard Hudd, muntl.). Sådana mekanismer kan möjligen förklara den rikligare förekomst av fiskyngel som observerats i Dalkarlsåns och Kålabodaåns avrinningsområden, som båda också är starkt påverkade av oxiderade sulfidjordar.

Sammanfattningsvis finns alltså farhågor om att klimatförändringarna missgynnar den totala biologiska mångfalden i de sulfatjordsförsurade vattendragen och havet utanför. Detta trots att försurningsskadorna tycks minska och att mörten återkommer – även i flera sulfatförsurade vatten. Men i fallet med de sulfatjordsförsurade vattnen finns risken att detta bara är tillfälligt och snarare beror på 1990-talets och 2000-talets ovanliga vintrar, än på att sulfiden har blivit oxiderad och urtvättad för gott.

Referenser och vidareläsning

Erixon, 2009: Klimatstyrda sulfidoxidationer som orsak till surhet och höga metallhalter i till surhet och högametallhalter i vattendrag vattendrag i norra Sverige

Fältmarsch m.fl. 2008: Environmental risks of metals mobilised from acid sulphate soils in Finland: a literature review . Boreal Env. Res .

Sammut, 2000: An introduction to acid sulfate soils. ISBN 0 7347 1208 1

Roos och Åström, 2006: Gulf of Bothnia receives high concentrations of potentially toxic metals from acid sulphate soils . Boreal Env. Res .

Vuorinen m.fl. 1999: Effects of iron, aluminium, dissolved humic material and acidity on grayling (Thymallus thymallus) in laboratory exposures, and a comparison of sensitivity with brown trout (Salmo trutta) Boreal Env. Res .

Muntliga uppgifter

Anton Boman, forskare vid Luleå tekniska universitet, Luleå

Kari Matti och Juha Riihimäki, forskare vid Finlands miljöcentral

Kerstin Poisette, forskningsingenjör vid Luleå tekniska universitet, Luleå

Peter Österholm, forskare vid Åbo akademi, Åbo

Richard Hudd, forskare vid Kvarkens fiskeriforskningsstation, Vasa

SULFIDJORD, version 2011-02-21
kan laddas ned via janaberg.se/publikationer/

Natur-
geograf
Jan Åberg

072-205 92 68
http://janaberg.se/