

Karl-Erik Storberg

## MARKBUNDEN FÖRSURNING

Försurningen är ett av de hot vi just nu står inför. Försurningsskador har noterats både på byggnader, i skogen och i vattendragen. Den försurning man i allmänhet menar är den luftburna försurningen, de sura regnen och deponeringen av sura partiklar. Denna försurning orsakas av utsläpp både lokalt och på längre avstånd från oss. De försurande substanserna är dock inte märkta så den skyldiga till det sura nedfallet under en viss dag går inte att påvisa.

Annorlunda är förhållandet i fråga om den markbundna försurningen. Där finns de substanser som vållar försurning färdigt i marken. Det beror på oss själva i hur hög grad vi genom våra åtgärder släpper loss dem. Substanser, som vållar försurning, finns både i moränen (*Björklund 1985*) och i de organiska jordarterna. Jag kommer i det följande att behandla de organiska jordarterna.

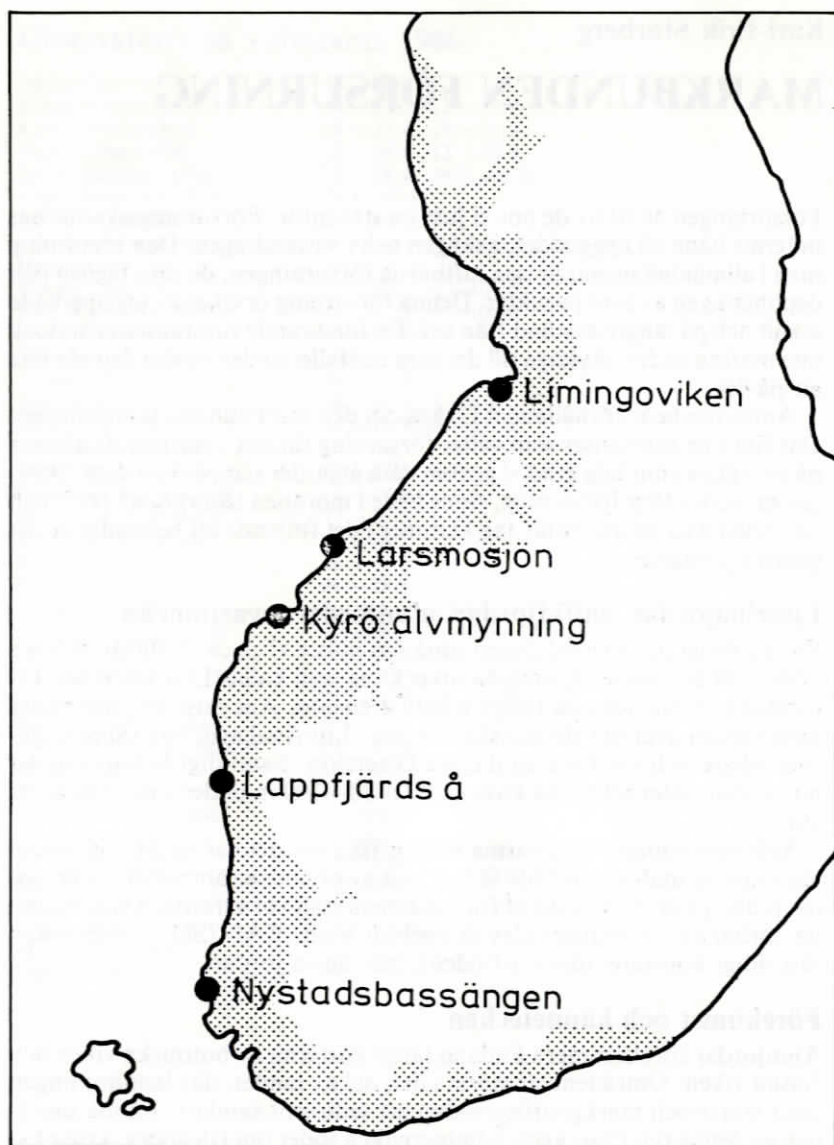
### Litorinajordar, sulfidjordar, alunjordar, svartmocka

För att finna orsaken till dagens situation måste vi gå ca. 7 500 år tillbaka i tiden till det skede i Östersjön utveckling som kallas Litorinahavet. Litorinahavet bildades då tidigare sötvattensjön, Ancylussjön, förenades med världshavet via de danska sunden. Litorinahavet var saltare, näringsrikare och varmare än dagens Östersjön. Samtidigt befann sig det nuvarande österbottniska kustområdet 50—100 m under Litorinahavets yta.

Sedimentationen i det varma näringsrika vattnet var snabb. Sedimenten växte så snabbt och hade så hög halt av organiska ämnen att sedimenten redan på ett litet avstånd från sedimentytan var syrefria. Under sådana förhållanden reducerades dubbelsalt alun, KAL ( $\text{SO}_4$ ), som redan rätt tidigt konstaterades i utflödena från dessa jordar.

### Förekomst och kännetecken

Alunjordar förekommer i Finland längs kusterna av bottniska viken och finska viken. Områdena är störst i den del av landet, där landhöjningen varit störst och markprofilen sådan att sediment samlats. Kända områden av denna typ finns kring Limingoviken söder om Uleåborg, kring Esse ås nedre lopp, kring Lappo å, mellan Lappo och Nykarleby, längs Kyro älv från Kurikka ner till Maxmo och kring Sirppujoki från Letala (Laitila), ner till havet (bild 1). Totalt beräknas alunjordarna idag omfatta ca 100 000 ha. I Vasatrakten går litorinajordarna upp till en höjd av 60—80 m ö.h., längs sydkusten till ca. 30 m ö.h.



*Bild 1.*  
*Förekomst av alunjordar i Finland (enligt Palko & Myllymaa 1987).*

Kännetecknen för alunjordarna har beskrivits av *Palko et al* 1987. Följande beskrivning är baserad på deras undersökningar.

Markprofilens pH-värde är karakteristiskt. I den del av markprofilen som inte har varit i kontakt med luftens syre är pH-värdet högre än eller = 5,0. I den del av markprofilen som varit i kontakt med luftens syre är pH-värdet lägre än 5,0. En rätt typisk markprofil presenteras i bild 2.

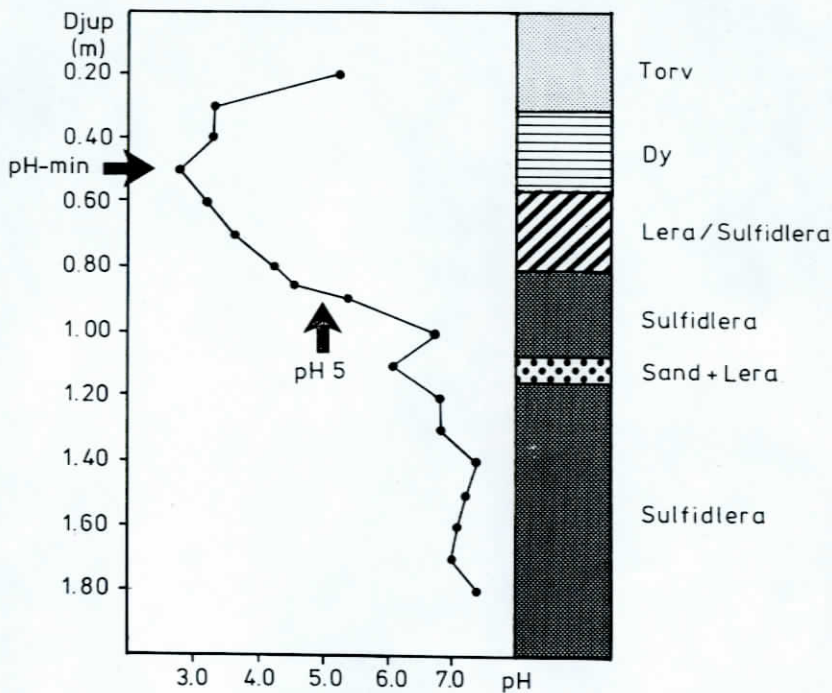


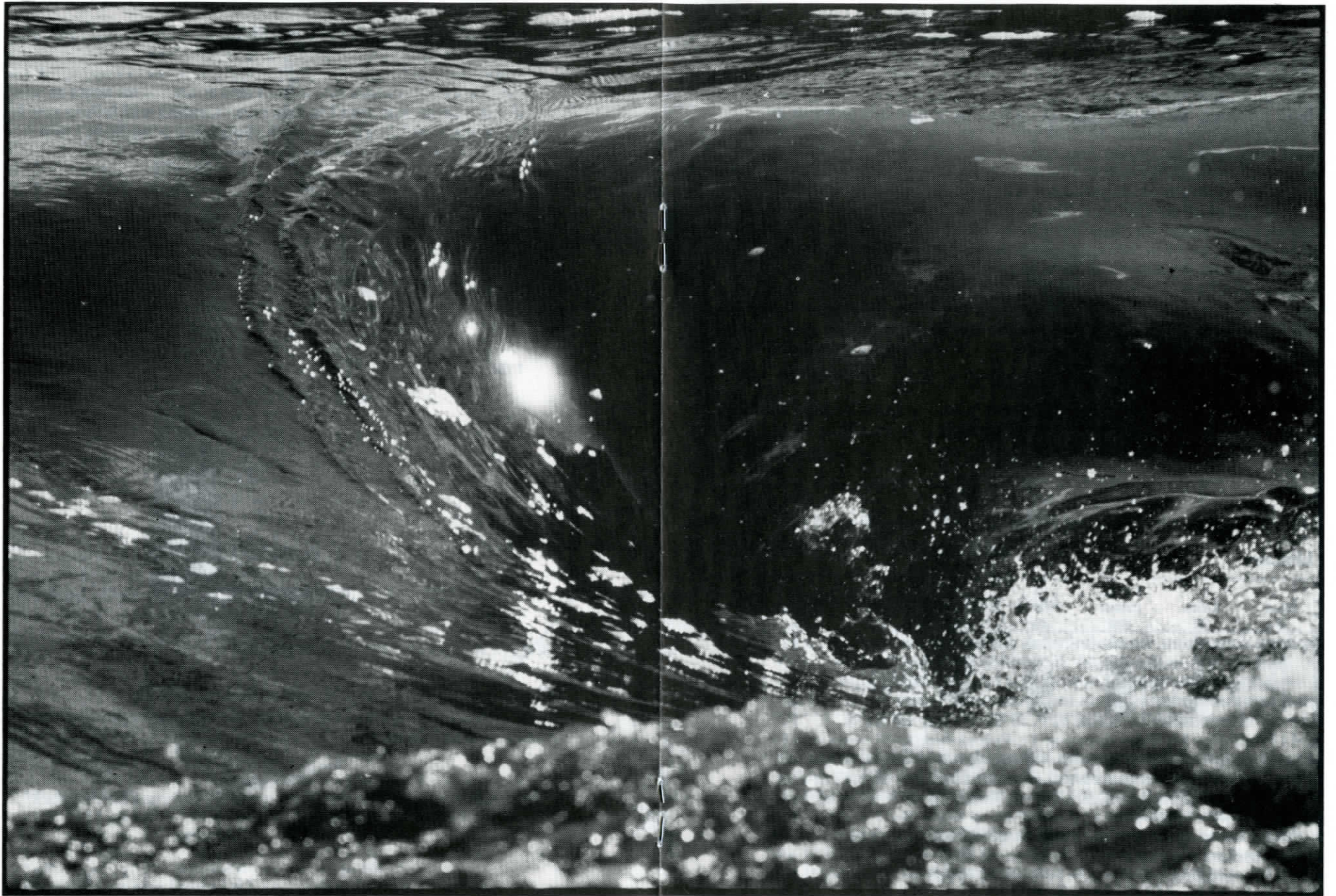
Bild 2. Alunjordsprofil (*Palko et al* 1987).

### Klassificering

Enligt *Palko et al* 1987 kan sulfidjordar klassificeras utgående från sulfathalten enligt följande:

Klass	pH	Sulfatsvavel	Ursprung	Utskölningsgrad
I	< 4,4	> 500 mg/kg	sötvatten/ brackvatten	svag
II	< 5,0	100 — 500 mg/kg	sötvatten/ brackvatten	något
III	< 5,0	100 mg/kg	havsvatten	stark







Klassen beror m.a.o. främst av utskölningens effektivitet och tid. Under tidernas lopp kommer första klassens sulfidjordar småningom att få lägre svavelhalter och övergå i andra klassens sulfidjordar osv.

En del av sulfidjordarna har också, som av schemat ovan framgår bildats i sötvatten. Det är då fråga om tidigare havsvikar som avsnörts av landhöjningen och fortsatt att växa igen. Även inom Ostrobothnia australis område har det funnits flera tiotal stora sjöar som nu blivit torrlagda och där sulfidjordsproblemen är akuta (t.ex. Storsjöområdet i Malax, Storsjön — Lillsjön i Korsbäck i Kristinestad).

Experiment för att klarlägga, hur mycket sura substanser som frigörs, när ett visst område torrläggs har gjorts bl.a. rörande Storsjön i Korsbäck och Mälsor i Korsholm (*Yli-Halla & Hartikainen 1984*). I tabellen nedan visas hur mycket svavel, järn, aluminium och mangan som skulle frigöras från ett 10 cm tjockt markskikt på en hektars areal samt hur stor nederbörd som i laboratoriet behövdes för att skölja ut dessa substanser vid 20°C temperatur.

## Storsjö

Djup m	Temp. °C	Vatten- mängd mm	Svavel kg	Järn kg	Alu- minium kg	Mangan kg
0,1	20	838	71	3,0	3,6	0,7
0,3	20	763	76	1,1	2,2	0,9
0,5	20	673	60	1,7	11,9	1,3
1,0	20	2511	4426	1179,0	1132,0	61,0
1,5	20	3647	8404	3099,0	1146,0	144,0

## Mälsor

Djup m	Temp. °C	Vatten- mängd mm	Svavel kg	Järn kg	Alu- minium kg	Mangan kg
0,1	20	896	99	1,2	6,1	2,3
0,3	20	946	174	1,4	18,5	4,9
0,5	20	2787	4211	409,0	1215,0	63,0
1,0	20	3220	6309	787,0	935,0	177,0
1,5	20	2006	2912	81,0	260,0	113,0

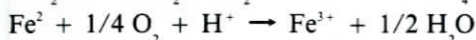
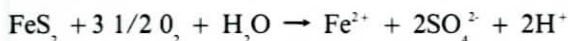
Storsjön utgör odlingsmark, och Mälsor idag ett tillandningsområde i naturtillstånd. Profilerna skiljer sig från varann främst däri, att halterna i Mälsor ökar mellan 0,3 och 0,5 m djup, medan halterna i Storsjön ökar mellan 0,5 och 1,0 djup.

Skillnaderna orsakas av att Storsjöns ytskikt under tidernas lopp har hunnit sköljas ur, medan detta i Mälsor inte ännu skett. Mälsorområdet översvämmas fortfarande delvis i samband med högvatten i havet. Under vårar med högt flöde i Kyro älv avläggs även nya sediment i Mälsor.

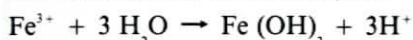
## Kemiska reaktioner

En förutsättning för att sulfidjordarna kan vålla problem är att de utsätts för luftens syre dvs. att de torrläggas. Så länge de är under grundvattennivån är pH-värdet över 6 och metallerna förekommer i form av olösliga sulfider. När jordar av denna typ torrläggas sker i stort sett följande (enligt Palko et al 1987).

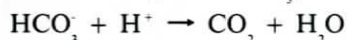
Mellansalter oxideras (här nyttjas  $\text{FeS}_2$ , pyrit som exempel)



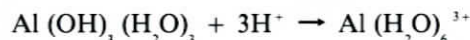
och hydrolyseras varvid vätejoner frigörs



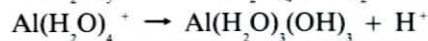
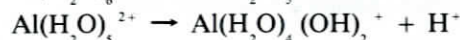
Vätejonerna reagerar med markens buffertsystem (här representerat av vätekarbonatjoner  $\text{HCO}_3^-$ )



men detta räcker inte till utan reaktionen fortsätter och vätejonerna reagerar med aluminiummineral



Aluminiumjonerna hydrolyseras och frigörs vätejoner:



De frigjorda vätejonerna och de hydrolyserade aluminiumkomplexen vållar vardera försurnings effekter på vattenkvaliteten då de sköljs ut i vattendragen. Oxidationen av sulfider sker snabbast när temperaturen är hög dvs. sommartid. Under sommaren torrläggas också markerna effektivt. Det är därför sommartid de ovan beskrivna reaktionerna sker. Ut-sköljningen till vattendragen sker i huvudsak under två perioder. På hösten, när höstregnen höjer grundvattennivån och dessutom sköljer bort de sura substanser som med hjälp av kapillärkraften stigit till ytan under sommaren. Den andra perioden då försurningsproblem är att vänta är våren, framförallt slutet av vårflödet då tjälen släpper. Speciellt svåra försurningsproblem är att vänta vid vissa hydrologiska förhållanden: lång, torr sommaren följt av en relativt torr höst ger mycket stor chans för starkt sura vårflöden följande vår. En lång torr sommar följt av en våt höst leder däremot till risk för starkt sura höstflöden.

Hur tydligt och snabbt pH-värdet i ett vattendrag i alunjordsområdet reagerar för ökat vattenflöde (ökad utsköljning) illustreras i bild 3, som visar pH- värdet och vattenståndet i Malax å i oktober 1983. pH-värdet sjönk på en vecka med 2 pH-enheter, vilket, då pH-skalan är logaritmisk betyder att surheten i vattnet ökade 100-falt. Flödesökningen däremot var ca. 5-faldig.

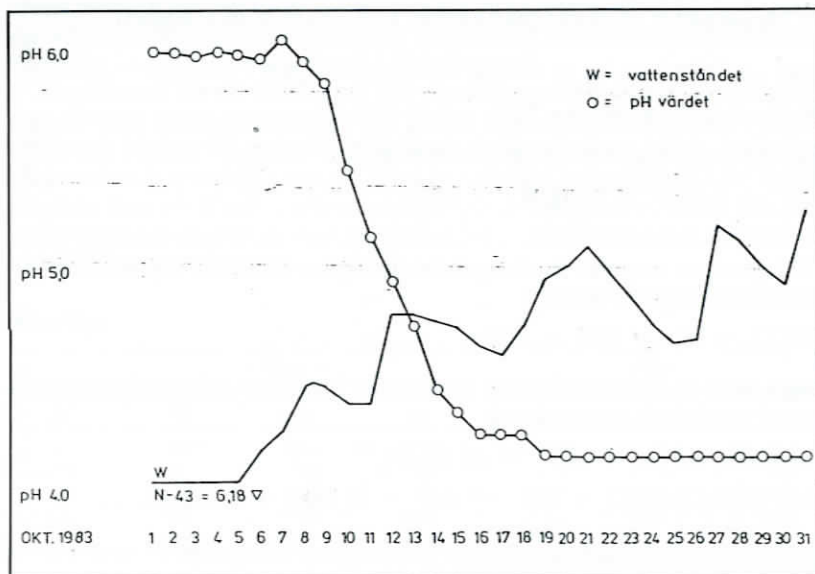


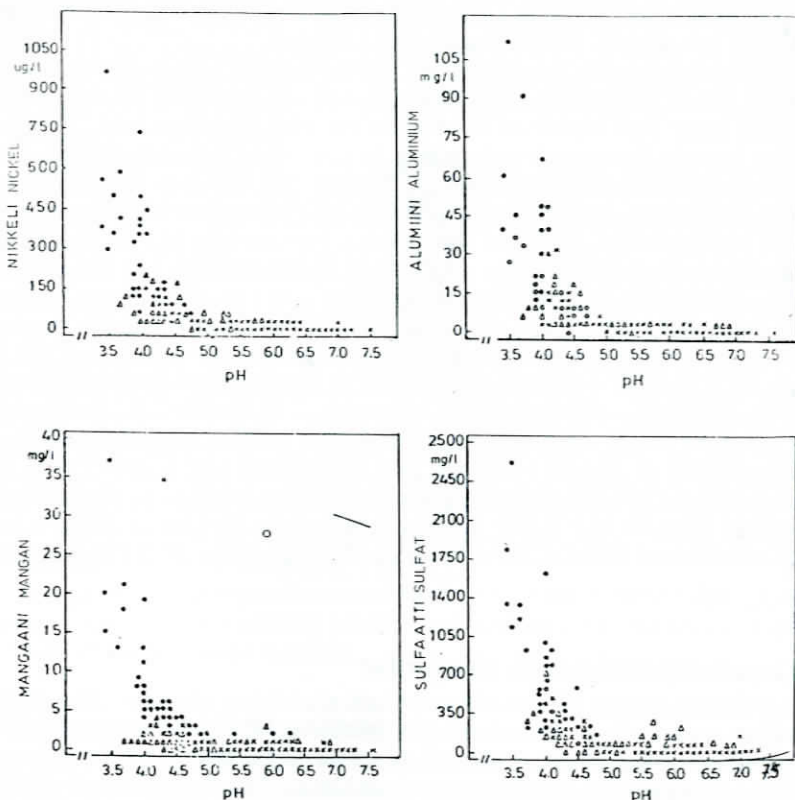
Bild 3. Vattenståndet och pH-värdet i Malax å i oktober 1983 (Ole Storsved 1983).

Ett annat exempel på hur en effektiviserad torrläggning ändrar vattenkvaliteten, utgör sjön Sandfladan på Replotlandet. Före dikningarna i nederbördsområdet hade vattnet i sjöns tillflöden ett pH-värde på 6,5—7,5, vattnets färg var 50—200 mgPt/l och halten av fasta substanser i vattnet var 1—60 mg/l. Efter dikningarna, som gjordes för att få mera vatten till Sandfladan då den gjordes till naturnäringsdamm, sjönk pH-värdet i tillflödena till 3,5—5,5 och färgvärdet till 0—50 mgPt/l. Även halten av fasta substanser i vattnet ökade. Att vattnet klarnar, när det blir surt, är känt sedan länge. Det ingår även i den äldsta kända beskrivningen av försurning från Österbotten. Den inträffade i Merikart by i nuvarande Lillkyro kommun i september 1834 (Sevola 1979). Surgörning för att fälla ut humusämnen utnyttjas fortfarande i vattenverk som tillverkar dricksvatten.

Andra förändringar i vattenkvaliteten än sänkt pH och utfällning av humus sker också. Halten av lösta metaller är mycket starkt beroende av

surheten. När vattnet blir surare stiger metallhalterna mycket snabbt. Detta gäller bl.a. aluminium, nickel, zink och mangan (bild 4).

Utöver fiskerinäringen drabbas vattentäktverksamheten av ovan beskrivna problem. De höga metallhalterna kan göra vattnet olämpligt som råvatten och de snabba vattenkvalitetsförändringarna ställer mycket stora krav på vattenreningsverken.



**Bild 4.**  
Halten av nickel, aluminium, mangan och sulfat som funktion av pH-värdet.

### Biologiska effekter

Den första kända och dokumenterade fiskdöden som vållades av markförsurning var den ovan nämnda i Merikart. Senare i slutet av



1880-talet inträffade fiskdöd med liknande förlopp i Kyro älv och Lappo å. De dåtida experterna skrapade sig i huvudet, vattnet var klart och såg bra ut, men fisken dog trots att fisk i allmänhet föredrog klart vatten.

Problemet löstes småningom, men fiskdöd som följd av grävningar i alunjordar har inträffat i så gott som alla åmynningar i Södra Österbotten. Den senaste stora fiskdödsperioden inträffade åren 1970—1972 då fiskdöd noterades bl.a. vid mynningen av Kyro älv, Lappo å och Malax å. Fiskdöd orsakad av markbunden försurning har också inträffat i samband med invallningen av Larsmosjön i Larsmo, Västerfjärden i Närpes-Kaskö och den sk. Nystadsbassängen i Nystad.

Försurningen slår naturligtvis till också på andra nivåer i ekosystemet. Både bland bottendjur, djurplankton och växtplankton är det endast några arter som klarar av de mycket extrema förhållandena. Typiska djur i starkt försurande vattendrag är t.ex. vissa dykarskalbaggar och larven av sävsländan *Sialis Luteria*. De arter som klarar av förhållandena kan förekomma i mycket stora individantal då de saknar både predatorer och konkurrenter. Däremot slås snäckor och musslor ut i ett ganska tidigt skede (kalkskalen håller inte). Även florans utarmas vid försurning. Närsaltarnas tillgänglighet avtar samtidigt som t.ex. vissa tungmetallers löslighet ökar och de kan utöva giftverkan. På starkt försurade marker som t.ex. vallarna längs Kyro älv är det endast ett fåtal växter som klarar sig. Bl.a. madrör — *Calamagrostis stricta*, tuvtätel *Deschampsia Caespitosa*, ängssyra — *Runex acetosa*, bergssyra — *R. acetosella* kan nämnas.

I vatten klarar sig bl.a. vassen, blåsäven *Scirpus tabernaemontanae* samt löktåg — *Juncus bulbosus*. Den sistnämnda som normalt lever ett undanskymt liv i strandzonen gynnades mycket kraftig när Nystadsbassängen byggdes och fyllde under några år hela bassängen. Senare har dess dominans minskat, men den är fortfarande en typart för bassängen.

## Grundvattentäkter på alunjordar

Att ta grundvatten på områden som helt eller delvis utgörs av alunjordar vållar under vissa förutsättningar problem. Problemen uppstår när grundvattenytan sänks så lågt att de försurningskänsliga jordarna kommer i kontakt med luftens syre och oxideras. Därefter försuras vattnet och metallhalterna börjar stiga. Samtidigt går också ammoniumkvävet småningom över i nitrit och nitrat. Framförallt nitrit är problematiskt. Nitriten reagerar med hemoglobinet i de röda blodkropparna som därvid förlorar sin förmåga att transportera syre. Hos små barn kan denna anemi vara livsfarlig. En nitrithalt över 1,0 mg/l gör vattnet olämpligt som dricksvatten. Bl.a. Laihela och Oravais kommuners råvattentäkter ligger delvis på alunjordar och problem med surt vatten har tidvis noterats i dessa vattenverk. I Kvevlax har även problem med för höga nitrithalter noterats.

## Varför minskar inte problemen

I teorin borde marken bli utvättad på substanser som kan vålla försurning, men i praktiken kvarstår problemen årtionde efter årtionde. Detta beror på ett flertal faktorer som alla har med markanvändningen att göra.

En förbättring av torrläggningen leder till att bl.a. alunjordarna sjunker ihop. Detta beror på att de organiska ämnen som utgör en del av jorden bryts ner i närvaro av syre och också på att jorden vid torrläggningen ändrar struktur. Storsjön i Korsbäck har sjunkit ihop 30—70 cm åren 1950—1978 och åkrarna i Seinäjokitrakten 1,5—2,5 m under de senaste 100 åren. Sänkningen leder till krav på nya torrlägningsåtgärder i stort sett efter 20—30 år. Man är här inne i en ond cirkel: dikning — sammanpressningen — dikning osv.

Sammanpressningen av jorden uppifrån som följd av tyngre maskiner eller oxidering av torv och andra organiska substanser leder till att nya sura substanser årligen kommer upp i odlingskiktet från underliggande alunjordar. 1 cm sammanpressning per år på en areal av 1 ha kan kräva 500—2000 kg kalk per hektar utöver den normala givan för att bibehålla nuvarande tillstånd. Dessutom kräver den surhet som transporteras upp av kapillärkraften kalk för att neutraliseras. Användningen av maskinell torrläggning av odlingsmarker (invallningar och pumpstationer) leder till att vattenståndsväxningarna är både snabba och stora på pumpstationernas verkningsområden. Detta betyder i sin tur att oxideringen är effektiv, men också att utvättningen av de oxiderade substanser sker varje gång vattenytan sänks. I allmänhet är vattenståndsväxningarna vid en pumpstation i storleksordningen 1—1,5 m. Det vatten som pumpas ut har i allmänhet pH-värden kring 4,0 men betydligt surare vatten har noterats vid vissa tillfällen (t.o.m. pH 3.2).

Inte heller vid pumpstationerna minskar problemen med tiden, eftersom vi också här har samma jordart som småningom sjunker ihop och kräver större torrlägningsdjup.

## Möjligheter att minska skadorna

De skador som alunjordarna vållar i vattendragen beror på markanvändningen. Det är därför av största vikt att man tar hänsyn till problemet när olika markanvändningsalternativ diskuteras. Ju mindre man dika, både i fråga om torrlägningsdjup och -areal, desto bättre. Inom skogsdikningen, som framför allt påverkat många mindre sjöar, glon och flador, vore sådana alternativ där vattnet i stället för till närmaste lilla sjö förs direkt ut i havet att föredra. Havsvatten förmår neutralisera surt vatten effektivt på grund av sin starka buffertförmåga. I de regler för skogsdikning som utarbetats av centralskogsnämndena, sägs dessutom att det ifråga om alunjordar är ett möjligt alternativ att lämna sådana marker odikade.



I fråga om torrlägningsområden som hålls torra med pumpar, är alla åtgärder som minskar vattenståndets variationer något att sträva till. Sådana åtgärder är bl.a., att förse pumpstationer med dubbla pumpar, en mindre som under normala förhållanden sköter torrläggningen så, att vattenytan varierar högst — 20—30 cm och en större, som fungerar enbart när exceptionellt mycket vatten skall bort. Det tidigare använda systemet, en stor pump, som sänker vattenytan med 1—1,5 m borde ersättas med ett tvåpumpssystem.

Även kalkningsåtgärder har vidtagits för att få bukt med redan existerande problem eller för att motverka att problem uppstår. Kalkningsåtgärderna har bekostats av både privata personer och sammanslutningar, kommuner och av staten. Olika metoder att sprida kalk har utnyttjats. Kalkspridning på isen har företagits bl.a. i Sandfladans naturfoderdamm och längs Iskmosund. Direkt kalkning i älven har försökts bl.a. i Kyro älv och Solv å. Kalkning vid pumpstationer har företagits bl.a. i Petsmo i Målsor och Vassor. Oberoende av var och hur kalkningen har företagits har både tekniska och ekonomiska problem uppstått. Spridning på isen förutsätter starka isar och rätt lång upphållstid för vattnet. Vid kalkning direkt i vattnet utgör bl.a. inblandningen av kalken i vattnet ett problem som ännu inte lösts tillfredställande. Inte heller vid pumpstationerna har procedurerna fungerat till belåtenhet.

Oberoende av var kalkningen av alunjordsvatten sker blir det dyrt. Per kubikmeter vatten krävs 300—500 g kalkstensmjöl. Om vi har en å med ett flöde om 1,0 m<sup>3</sup>/s, krävs det minst 25 t kalk per dygn för neutralisering. Var och en kan tänka ut, hur mycket kalk det skulle behövas t.ex. för neutralisering av Kyro älv under vårflödet (400 m<sup>3</sup>/s). Kalkningen kan inte bli en lösning på de försurningsproblem alunjordarna vållar, men i väntan på nya tekniska och markpolitiska lösningar kan kalkningen hjälpa till att hålla vissa vattendrag vid liv.

## LITTERATUR

Palko, J. & Saari, M. 1987: Lapväärtin Isojoen vesistöalueella sijaitsevan Storsjön järvikuvion happamat sulfaattimaat. — Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 11:6—22.

Palko, J. & Myllymaa, U: Happamien sulfaattimaiden vesistövaikutuksista, esimerkkinä Limingan tupoksen täydennyskuivatusalue. — Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 11:22—61.

Palko, J., Räsänen, M. & Alasaarela, E. 1987: Luodon-Ojanjärven valuma-alueen maaperän ja vesistön happamuuskartoitus. — Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 11:62—100.

Sevola, P. 1979: Pohjanmaan ongelmasavet — muinaismeren pohjaliejut. Suomen Luonto 3:102—106.

Yli-Halla, M. & Hartikainen, H. 1984: Rikin, raudan, alumiinin ja mangaanin huuhtoutuminen kolmen happaman sulfaattimaaprofiilin kerrosnäytteistä. — Vesihallituksen monistesarja nro 235.