



## Från Falkenberg till Blomstermåla; nuläge och framtida effekter av syrabelastning

En beskrivning av markgeokemiska förhållanden i morän med 80 kartremsor beskrivande totala resp. syralakade halter av huvudämnen och spårämnen, utbytbara baskatjoner, surhetsstatus, tolerans mot försurning med mera



Madelen Andersson

Uppsala 1992

Ändringsblad till RAPPORTER OCH MEDDELANDEN NR 70, "Från Falkenberg till Blomstermåla".

Felaktiga analysresultat har medfört att halter för utbytbart kalcium har fått för låga värden. Detta påverkar även en del av de beräkningar som gjorts. Korrigeringarna påverkar nivåerna på några av parametrarna, men inte de geokemiska trendmönster som visas i rapporten.

Korrigeringar skall göras enligt nedan:

sid 9 BM %: högsta värdet i färgskalan skall vara 78  
          lägsta " " " " " " 19  
          mellanliggande värden stryks

sid 9 CEC uekv/g: högsta värdet i färgskalan skall vara 22  
                  lägsta värdet 7 kvarstår  
                  mellanliggande värden stryks

sid 10 Ca N ug/g: högsta värdet i färgskalan skall vara 192  
                  lägsta " " " " " " 25  
                  mellanliggande värden stryks

sid 19: medianvärden för kalcium, tillgängliga halter skall vara 44 ug/g  
          " " TA " " 6.2 uekv/g  
          " " CEC " " 9.4 uekv/g  
          " " BM " " 29 uekv/g

februari 1993  
Madelen Andersson  
Geokemiska enheten, SGU



SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

Rapporter och meddelanden nr 70

---

Madelen Andersson

## **Från Falkenberg till Blomstermåla; nuläge och framtida effekter av syrabelastning**

En beskrivning av markgeokemiska förhållanden i morän med 80 kartremсор beskrivande totala resp. syralakade halter av huvudämnen och spårämnen, utbytbara baser, surhetsstatus, tolerans mot försurning med mera

Uppsala 1992

ISBN 91-7158-508-7  
ISSN 0349-2176

## Innehållsförteckning

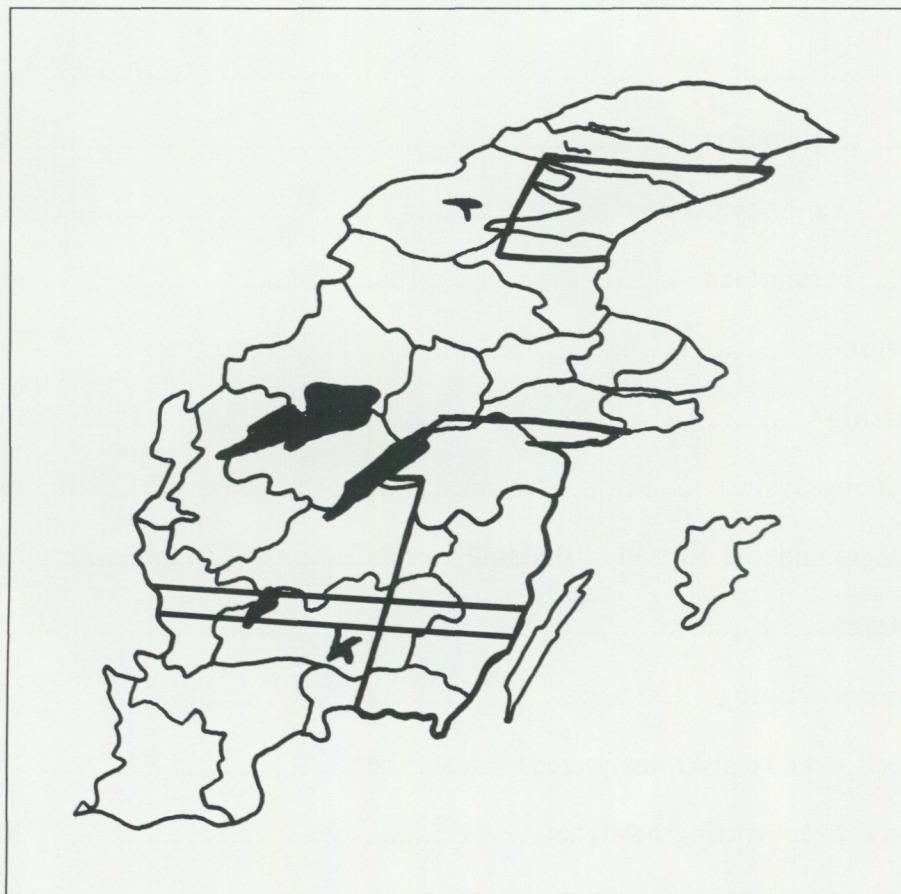
Inledning .....	4
Markgeokemisk travers 5,C–G södra bladen .....	5
Metoder .....	5
Analys och beräkningar .....	6
Kartframställning .....	7
Jämförelse av elementmönster .....	7
Jämförelse av totalhalter resp. syralakade halter med utbytbara halter av Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, Rb .....	7
pH .....	7
TA, totalaciditet .....	8
CEC, katjonbyteskapacitet .....	8
BM, basmättnad .....	8
Kartor .....	9
Vittring .....	16
Buffringssystem .....	16
Introduktion till fortsatt diskussion .....	16
Tolerans .....	17
Sammanfattning .....	18
Tabell över kemiskt analyserade grundämnen .....	19
Karta över vittringshastighet .....	20
Förklaringar till kartbilagan .....	21
Referenser .....	21

## Inledning

Föreliggande framställning är avsedd att visa den geokemiska statusen i moränens C-horisont och de regionalt olika förhållanden som råder inom två stora bergartsregioner i södra Sverige. Markgeokemin i den omättade zonen mellan rostjorden och grundvattenytan, är av väsentlig betydelse för förståelsen av de processer som leder till förändringar i ekosystemet med förändrad vattenkemi, skogsskador, utlakning av tungmetaller och aluminium, näringsämnesbrist m.m.

I denna rapport visas på de förhållanden som råder i nuläget, men även en framtida bild av vilka effekter ett förändrat syratillstånd i marken kan få.

Provmaterialet som använts ingår i den geokemiska provbank som byggs upp genom den markgeokemiska karteringen vid SGU. I denna ingår hittills prover från ca 11 000 lokaler från mellersta Norrland samt den sydöstra delen av Sverige.



De inramade fälten visar omfattningen av den markgeokemiska karteringen, samt i söder den från väst till öst gående traversens läge.

## Markgeokemisk travers 5, C–G, södra bladen

Moränprov från en 25 mil lång travers från Falkenberg via Växjö till Blomstermåla har samlats in enligt SGUs ordinarie provtagningsrutiner för markgeokemisk kartering (se t.ex. Markgeokemiska kartan 18–21, H–J, nr 62 i SGUs publikationsserie Rapporter och Meddelanden), men med betydligt glesare yttäckning. Traversen täcks in av 50 prov, d.v.s. ungefär 1 prov/90 km<sup>2</sup>. På grund av den glesa provtagningen, lämpar sig ej de bilagda kartremsorna för detaljtolkningar.

Två stora bergartsregioner delar traversen mitt av. I väster den sydvästsvenska regionen med röda och grå gnejser, metabasitinslag och längst i väster en del graniter och pegmatiter. I den östra regionen dominerar graniter och porfyryr, båda av Smålandstyp, med en del inslag av gabbro och diorit. Mellan de båda bergartsregionerna finns protoginbältet som en förskiffringszon med en del hyperitinslag. Vid Östersjökusten finns kambrisk sandsten. Översikt av berggrunden kan ses längst ner på sid. 9.

Isrörelseriktningarna är från nordost i väster, från norr centralt och från nordväst i öster, vilket innebär att moränen är uppbyggd av bergartsmaterial som härrör från berggrund såväl inom traversens gränser som norr därom.

De båda bergartsregionerna skiljer sig tydligt åt i elementmönstren för totalhalterna på de geokemiska kartorna. Den gnejsiga västra delen med grönstensinslag domineras av högre halter av basiska element i moränen, t.ex. kalcium, järn, magnesium och mangan medan surare element som kisel och bly främst är förhöjda i det östra granit- och porfyrområdet.

Även kvotkartorna för Ca/Sr och K/Rb avslöjar var moränens innehåll av basiska mineral är högst. För respektive kartbild framträder den mer basiska regionen i väst med högre värden på respektive kvot, jämfört med den surare östra delen. Orsaken till de olika proportionerna av Ca och Sr i kalciummineral, är att de följs åt kemiskt men att kalciumjonen dominerar över strontiumjonen i ett tidigt kristallisationsskede i en svalnande magma. Detta betyder att andelen Ca i förhållande till Sr är högre i sådana mineral/bergarter som bildats i tidiga kristallisationsskeden. Sådana mineral är t.ex. pyroxen och apatit, vanliga i grönstenar. I senare kristallisationsskeden minskar kalciums dominans och kvoten blir relativt sett lägre. Representativa mineral är plagioklas i granit och porfyr (trakyt). Förhållandet mellan kalium och rubidium i kaliummineral, följer samma mönster med relativt sett högre kaliumhalter vid tidiga kristallisationsskeden. Kalifältpat och glimmer har därför en lägre kvot K/Rb i granit än i grönstenar (t.ex. gabbro).

Kvotkartor för Ca/Sr respektive K/Rb visar alltså skillnader i den naturliga surheten i moränen som beror på vilka mineral som dominerar bilden för elementen.

## Metoder

Proverna är beredda och analyserade enligt de markgeokemiska karteringsrutinerna; De totala elementhalterna är bestämda med röntgenfluorescens (XRF) och de syralakade halterna (i kungsvatten, A.R.) med plasmaskyftografi (ICP). pH i moränen mäts på torr jord uppslammad med dest.vatten före och efter en syraattack (0.005M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tillsatt). Samtliga prover har kalktestats med saltsyra, alla med negativt resultat. Om provet reagerar, beror detta på innehåll av kalciumkarbonat.

Utöver dessa ordinarie mätningar har proverna extraherats dels med kaliumklorid (1M KCl) för mätning av pH och – efter titrering med NaOH – totalaciditeten, dels med ammonium-

acetat (1M NH<sub>4</sub>, buffrad till 4.8) för att bestämma innehållet av utbytbara baskatjoner (med atomabsorption, AAS). Dessutom gjordes en kungsvattenlakning för analys med AAS speciellt för kalium och rubidium, men även aluminium, järn, kalcium, magnesium, mangan och natrium analyserades på detta sätt. De sistnämnda (aluminium – natrium) redovisas dock ej, p.g.a. den stora korrelationen med kungsvattenlakade ICP-analyser.

Samtliga kemiska analyser är gjorda på moränfraktionen <0.06 mm (finmo-mjåla-ler) från C-horisonten.

### **Analys och beräkningar, se även tabell sid. 19**

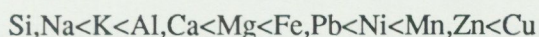
- Finfraktionens viktandel i % av totalvikten av ett prov, d.v.s den procentuella del fraktionen <0.06 mm utgör av hela det i fält insamlade och frystorkade provet (< 20 mm).
- Totalhalter och syralakade halter för oxiderna av aluminium, barium, järn, kalcium, kalium, kisel, magnesium, mangan, natrium, titan, samt för bly, kobolt, koppar, nickel, selen, strontium, vismut och zink.
- Totalhalter för arsenik, fosfor, klor, krom, molybden, niob, rubidium, svavel, thorium, uran, vanadin, volfram, yttrium och zirkon.
- Syralakade halter av antimon, beryllium, kadmium, lantan, litium och rubidium.
- Utbytbara halter av aluminium, järn, kalcium, kalium, magnesium, mangan, natrium och rubidium.
- pH i torr jord uppslammat i destillerat vatten (pHH) respektive kaliumklorid (pHK).
- pH efter syraattack (pHS).
- + Totalaciditet (TA)
- + Katjonbyteskapacitet (CEC)
- + Basmättnadsgrad (BM)
- + Tolerans (T)
- + Lakbarhet för bl.a. aluminium (Al/Al), kalcium (Ca/Ca), kalium (K/K) och magnesium (Mg/Mg).
- + Kvoten kalcium-strontium (Ca/Sr) baserad på XRF-analyser.
- + Kvoten kalium-rubidium (K/Rb) baserad dels på XRF-analyser, dels på kungsvattenlakade resp. ammoniumacetatextraherade lösningar analyserade med AAS.
- + Korrelationsmatriser har beräknats med avseende på samtliga ovanstående parametrar.

## Kartframställning

Färgkartorna är framställda med ett UNIRAS-relaterat dataprogram som räknar om den geografiskt oregelbundet placerade informationen som analysvärdena utgör, till ett regelbundet punktnät med interpolerade värden. Detta innebär en utjämning av halter så att varje punkt får ett nytt värde som beror på omkringliggande punkters värden. Eftersom provtätheten är gles, blir de geokemiska mönstren mycket grova i de areella indelningarna och förvanskas till en del, speciellt i ytterområdena. Mönstren bör därför ses som ett sätt att illustrera generella skillnader i stort, i detta fall i öst-västlig led. Någon tolkning av spårelementen görs ej heller av samma orsak.

## Jämförelse av elementmönster baserade på totalinnehåll respektive syralakad del

Exakt samma provmaterial som analyserats med XRF, lakades med kungsvatten och analyserades därefter med ICP. Den del av provet som går i lösning kan anges som procentuell del av totalinnehållet, vilket anger elementets lakbarhet, eller mobilitet. Elementens starksyralöslighet (d.v.s. i kungsvatten) varierar beroende på deras olika kemiska bindning, och lakbarheten för några av dem är, i stigande grad:



De geokemiska mönstren av totalinnehållet respektive syralakad del, är tämligen lika för de flesta av elementen. Lakbarhetskarter kan däremot ge annorlunda mönster. Elementen från Mg till Cu enligt ovan, har större löslighet i östra delen av traversen, trots att det totala innehållet är högre i väster (förutom Pb). För Ca är lösligheten stor i väster och runt Helgasjön, d.v.s. i traversens mitt. Att kalcium, liksom magnesium, har hög löslighet centralt på kartan återspeglas troligen i sjöarna i detta område, som har högre pH och högre alkalinitet än i angränsande områden.

I regioner med högre lakbarhet för näringselementen, är troligen tillgängligheten för växternas rotupptagning större. Man bör dock vara medveten om att syran som används vid lakningen är tämligen stark, och förhållandena svarar kanske snarare mer mot näringstillgången på lång sikt, än mot dagens förhållanden.

## Jämförelse av totalhalter och syralakade halter med utbytbara halter för Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, Rb

De utbytbara halterna för elementen saknar helt korrelation med respektive elements totalhalt eller kungsvattenlösta halt och kartbilderna avviker också kraftigt. Utbytbara (tillgängliga) halter av kalcium och magnesium är mycket låga i den västra delen, medan halterna är något högre mot öster. Kartorna visar den aktuella tillgängligheten av elementen i C-horisonten.

## pH

För att mäta jordens pH har 2g torkat moränprov (<0.06 mm) slammats upp i 10 ml dest. vatten. Uppslamningen skakas då och då och pH mäts efter ca 2 dygn. pH har också bestämts i en uppslamning med KCl i stället för dest. vatten. Kaliumjonerna förtränger då de vätejoner som finns adsorberade vid markpartiklarnas yta. "Alla" vätejoner kommer så att

säga med vid mätningen vilket innebär att pH blir lägre än i dest. vatten (vanligen 0.5–1.0 enhet, den mindre skillnaden vid låga pH-värden). pH som bild av aktuell surhetsgrad i marken avspeglas bäst med pH i dest. vatten (se korrelationen med basmättnad).

Korrelation: pHH korr. med BM (0.8) och med PHK (0.6).

### **TA, totalaciditet**

Totalaciditeten, mätt i  $\mu\text{ekv/g}$ , anger mängden utbytbara väte- och aluminiumequivalerter som förträngts i ett prov extraherat i KCl och efter titrering med NaOH. Ju högre TA desto högre är markvätskans koncentration av sura utbytesjoner. Det kan också tolkas så att ett tillfört salt (t.ex. genom gödsling) förtränger väte- och aluminiumjoner som blir fria i markvätskan och sänker pH-värdet så att inte bara aluminium blir mobilt, utan också andra pH-känsliga metaller.

Korrelation: TA korr. med Al/Al (0.6), med utbytbart Fe (0.7) och med CEC (0.9).

### **CEC, katjonbyteskapacitet**

Katjonbyteskapaciteten, anges i  $\mu\text{ekv/g}$ , är den totala summan av de utbytbara katjonerna, d.v.s. Ca, Mg, K, Na, H och Al. Katjonbyteskapaciteten anger markens förmåga att binda positiva joner och ingår i beräkning av basmättnadsgraden.

Korrelation: CEC korr. med utbytbart Fe (0.7), med TA (0.9), och neg. korr med PHK (-0.8).

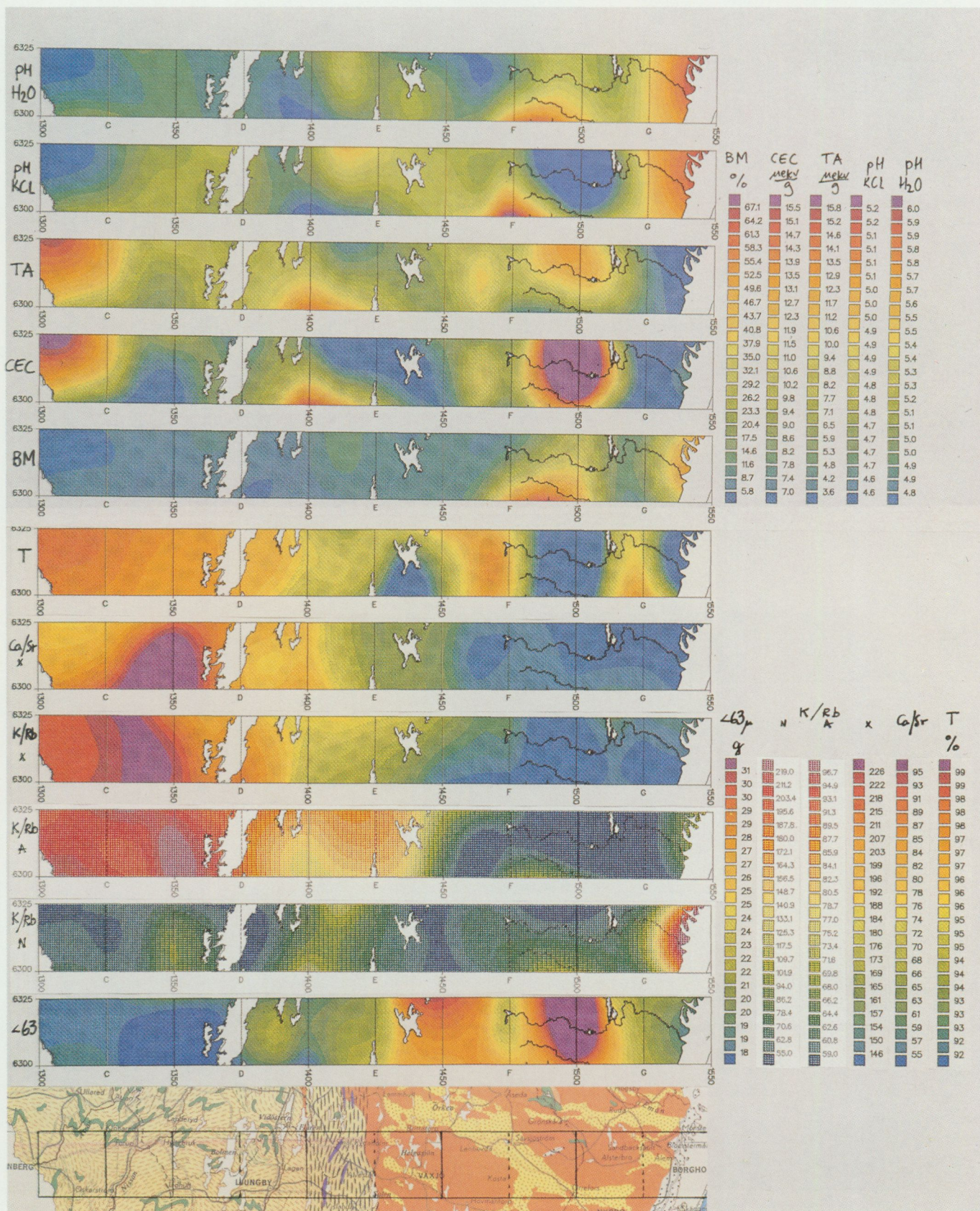
### **BM, basmättnad**

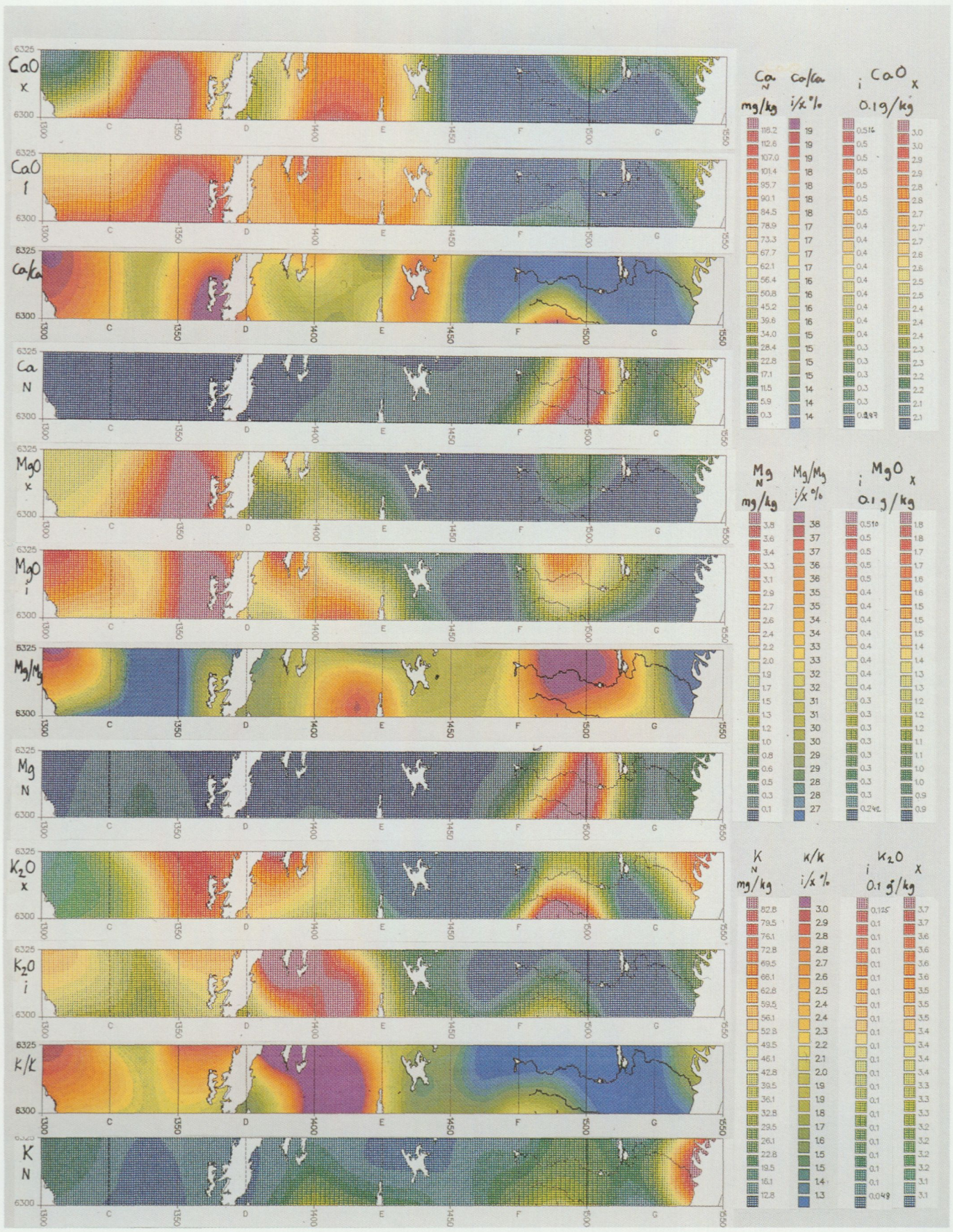
Basmättnadsgraden, mätt i %, är ett av de bästa måtten på markens syra-bas-tillstånd. BM beräknas med hjälp av de värden på Ca, Mg, Na, K samt TA som erhållits genom extraktion i  $\text{NH}_4$  respektive KCl. BM anger mängden utbytbara baskatjoner i % av totalsumman av utbytbara katjoner (även H och Al, d.v.s. TA). BM är ofta under 20% i humusrika skogsjordar, men kan i kalkrika jordar gå upp till 100%.

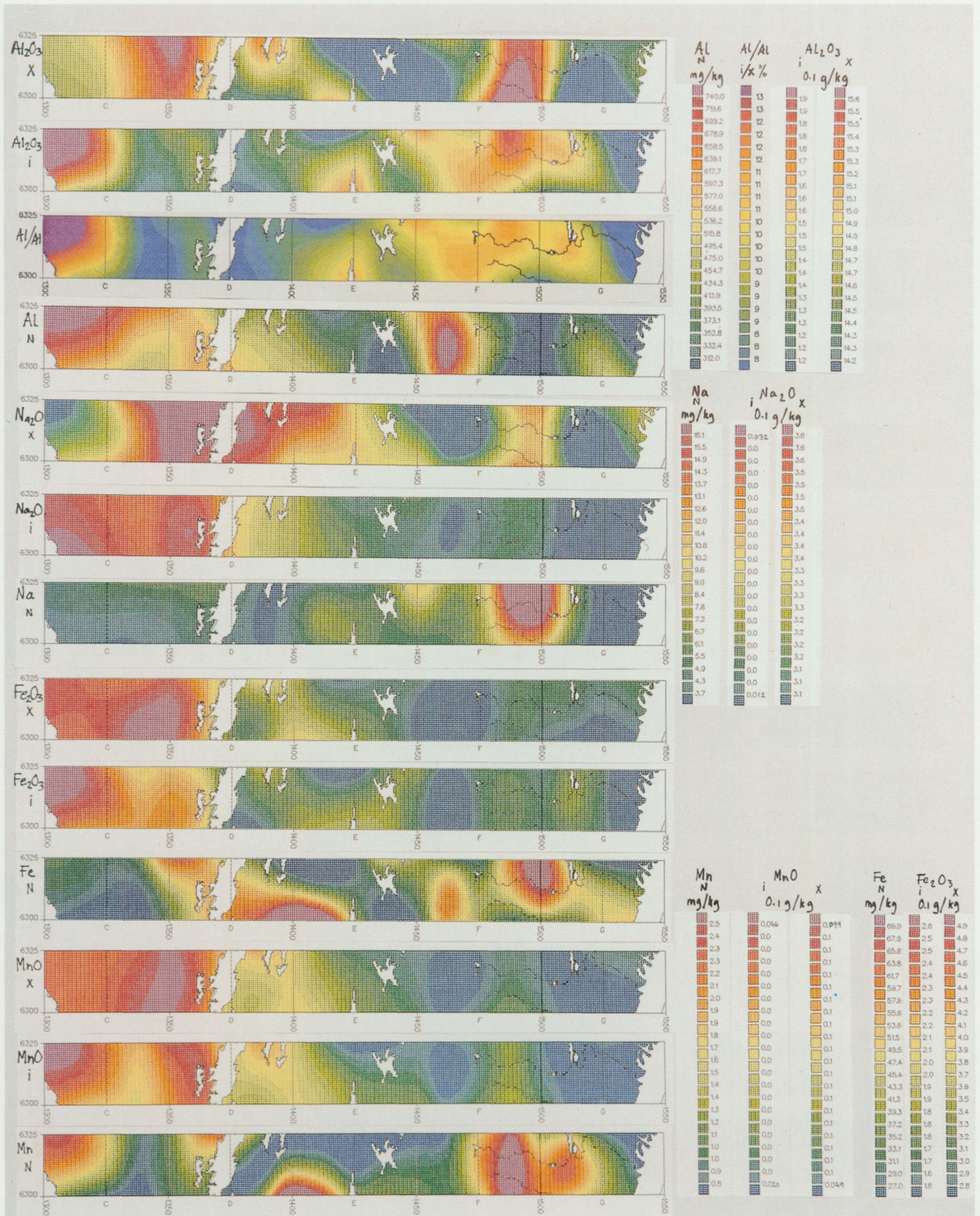
Korrelation: BM korr. med pHH (0.8) och neg. korr. med T (-0.6).

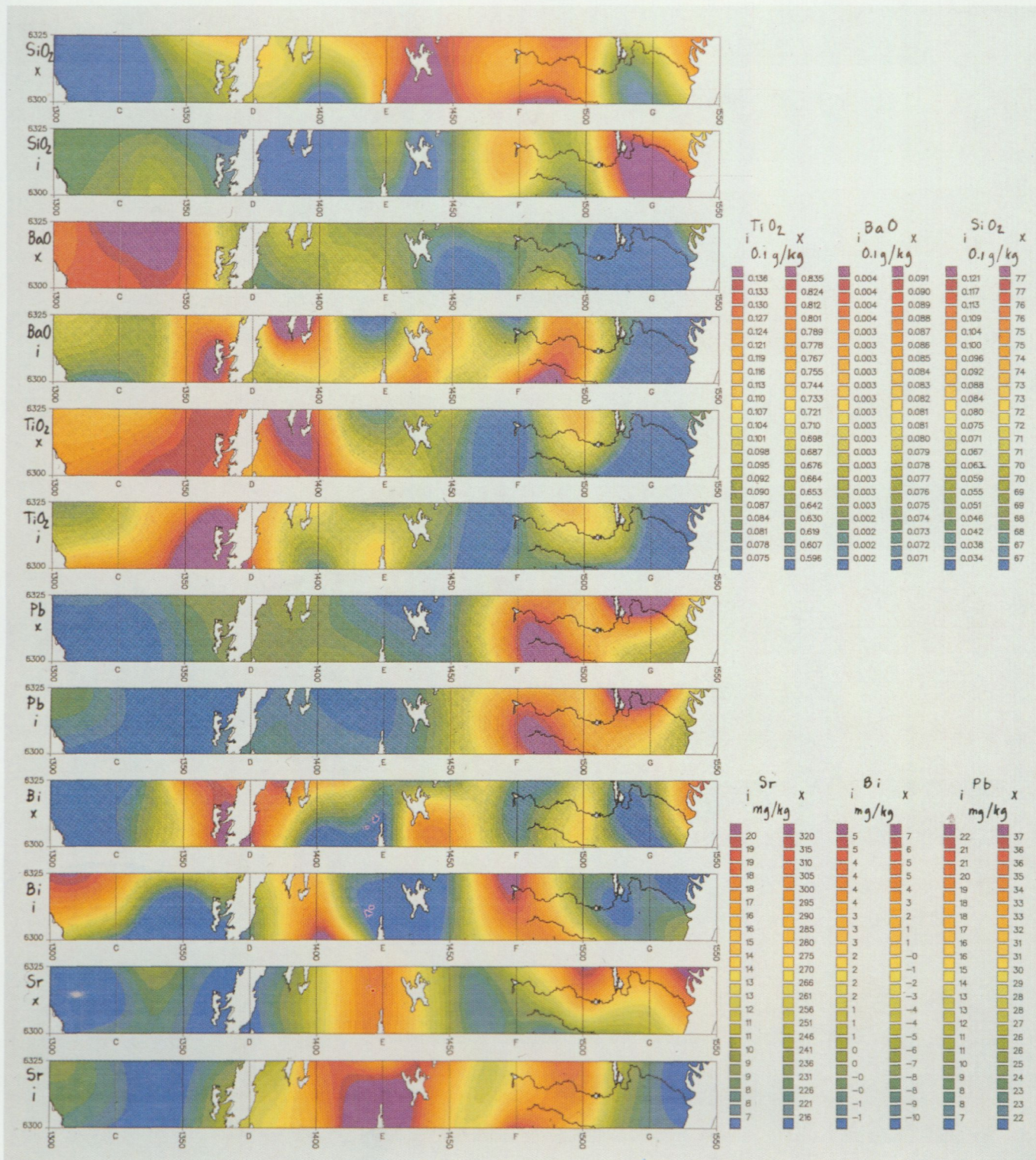
Markens surhetsgrad är ett resultat av balansen mellan vittringsprodukternas frigörelse av baskatjoner och av de befintliga syradepåerna.

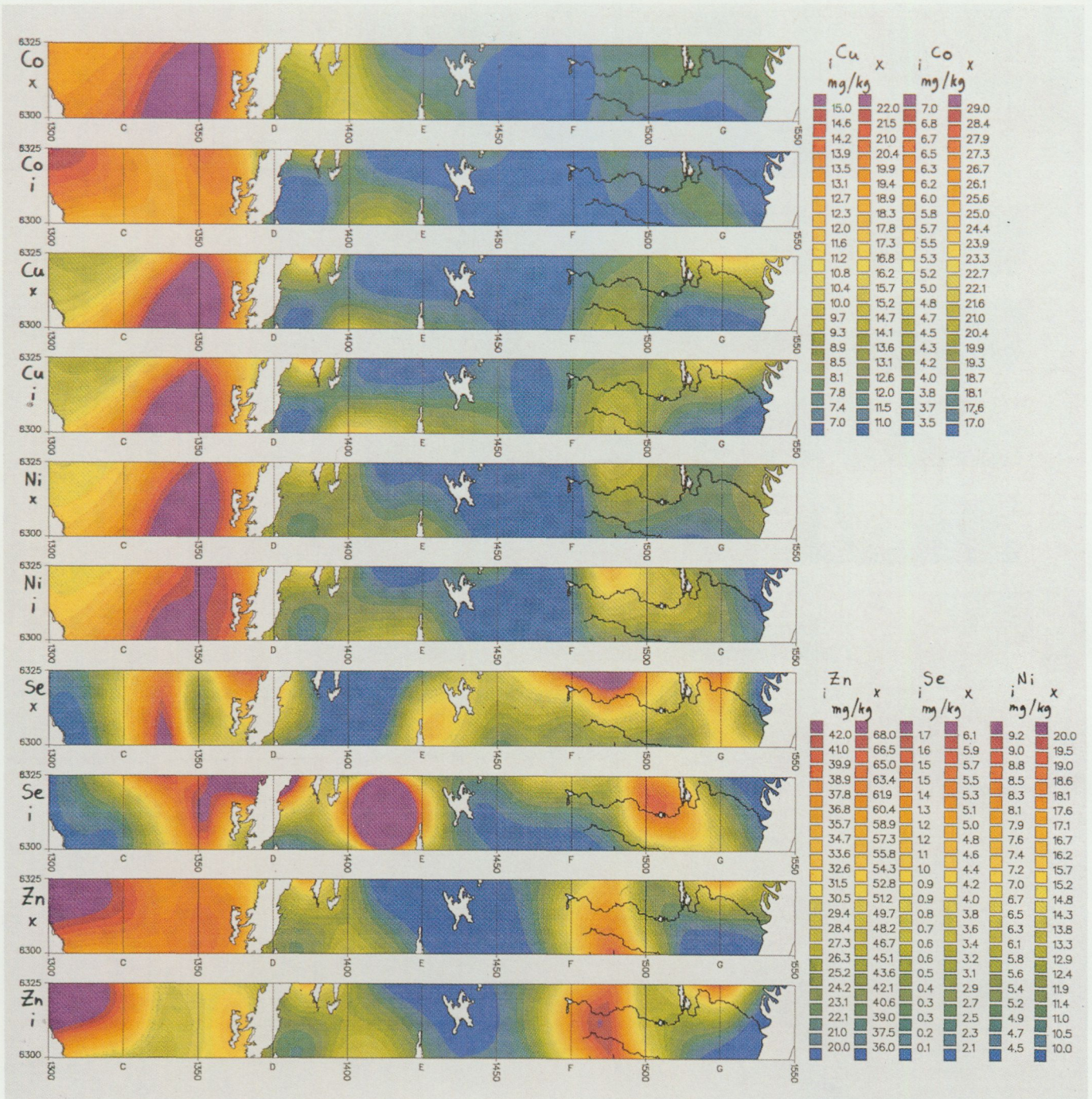
En marks surhetsgrad eller surhetsstatus anges med ett mått på antingen vätejonkoncentrationen (d.v.s. pH) eller basmättnadsgraden. pHH och BM har en stark korrelation (0.8) i traversens prover, så att om pHH är  $<5.0$  är BM  $<10\%$ , och om pHH är  $>5.5$  är BM  $>10\%$ .

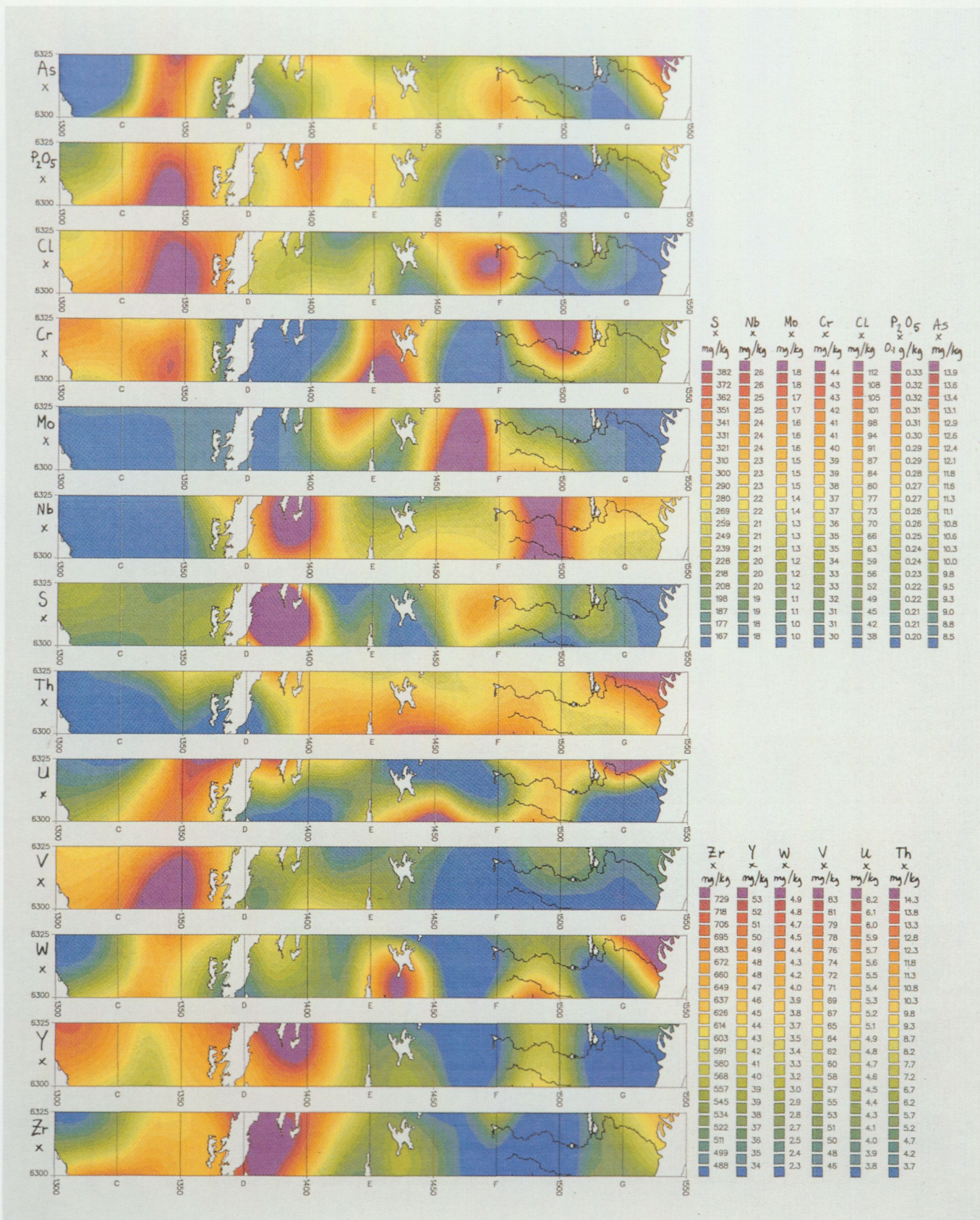


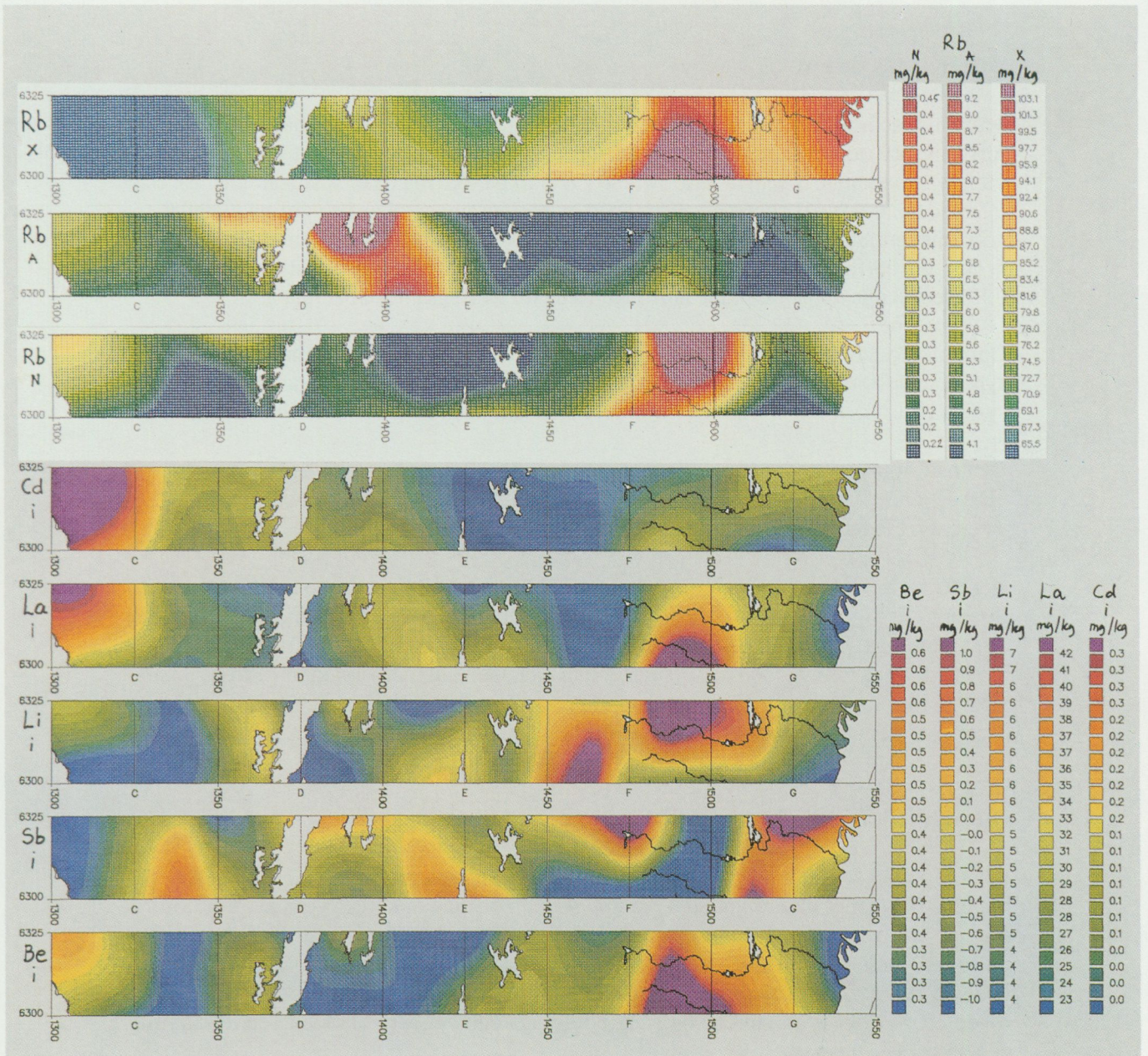












## Vittring

Den naturliga vittringen angriper markpartiklarna och frigör olika ämnen som kan delta i markens olika buffringssystem. Vittringshastigheten beror bland annat på i vilka mineral markens förråd av ämnen (bl.a. Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, P) uppträder. Vanliga mineral som kan frigöra ämnen, kan vara apatit, epidot, hornblände, klorit och plagioklas.

Mineralen kan grupperas efter sin vittringsbenägenhet. I stigande grad; kalifältspat, muskovit < plagioklas, vermikulit, montmorillonit < hornblände, biotit < klorit, pyroxen, apatit, epidot < karbonater. De basiska ämnena enligt ovan uppträder i stort sett i samtliga uppräknade mineral i varierande mängd.

Enligt kartbilderna för såväl totalhalter som syralösliga halter, är basinnehållet större i västra delen av traversen. Kvotkartorna för Ca/Sr respektive K/Rb antyder också att inslaget av mineral som, enligt ovan, är mer vittringsbenägna, är högre i väst.

## Buffringssystem

Vätejoner som tillförs marken under en försumningsprocess (här avses både den naturliga försumningen och försumning genom luftföroreningars effekter) är reaktionsbenägna och tränger ut baskatjoner som är adsorberade vid markpartiklarna (främst silikatmineral). Basmättnadsgrad och pH sjunker, urlakningen av näringsämnen ökar och giftiga metaller frigörs, medan andra ämnen som fosfor och molybden binds hårdare i marken. Det finns dock olika buffrande system i marken som fördröjer effekterna vid syratillförsel. Om syratillförseln skulle upphöra, skulle buffringen leda till en långsam återhämtning.

Om kalk (kalciumkarbonat,  $\text{CaCO}_3$ ) finns i marken, vittrar karbonaterna snabbt och den syra som tillförs neutraliseras och pH förändras ej nämnvärt. Detta karbonatbuffringssystem råder dock inte för traversens prover eftersom inget av dessa innehåller kalk.

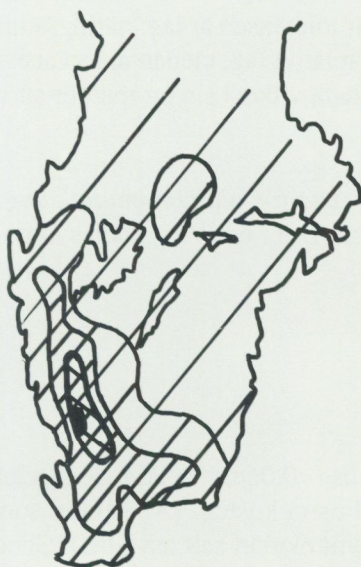
Den naturliga buffringen i traversens prover sker i stället genom jonbyten som verkar vid pH-värden mellan ungefär 6.2 till 4.2. Genom detta system byts baskatjoner ut mot tillförda vätejoner. Flödet av främst Ca, Mg och K till yt- och grundvatten ökar.

När pH sjunker under 4.5 och närmar sig 4.2, börjar svårösliga aluminiumföreningar att lösa upp sig i fria aluminiumjoner och hydroxyljoner. Om basmättnadsgraden alltså är låg blir aluminiumbuffring den dominerande processen. De vätejoner som tillförs marken "tas om hand" av hydroxyljonerna, pH sjunker inte mer, men allt mer aluminium utlöses i markvätskan liksom giftiga metaller som kadmium, mangan, nickel och zink. Stora mängder av dessa kommer att föras ut med markvattnet till grundvatten, vattendrag och sjöar.

## Introduktion till fortsatt diskussion

För knappt 25 år sedan började hos forskare, politiker, massmedia och så småningom allmänhet, begreppet försumning att dyka upp som en obehaglig konsekvens av miljöförorening av luft och vatten. Något senare började man även inse att marken skulle komma att påverkas – trots de buffrande egenskaper man tillskrev markens organogena yttäckte med underliggande minerogena lager. Hur snabbt denna påverkan skulle göra sig gällande, berodde på de olika marklagrens buffrande förmåga och det sura markvattnets förändring genom passagen i marken.

I de naturliga systemen upprättas jämviktslägen där kemisk vittring av mineralpartiklar kompenserar den urlakning av basiska ämnen som sker genom den naturliga försumingen (rotupptagning av näringsämnen som resulterar i frigörande av vätejoner). Under hela vår moderna tid (industrialismen) har dock luften innehållit föroreningar som nått markytan med nederbörden bl. a. i form av svavelsyra. En sådan våtdeposition av svavel beräknades till 20 kg/ha och år vid försumningsdebattens början. Genom olika åtgärder har depositionen minskat. Ett genomsnitt för perioden 1983–1985 beräknas till ca 10 kg/ha och år i sydligaste Sverige och avtagande mot norr till ca 5 kg/ha och år i Norrlands kustland och ännu lägre värden i inlandet. Regionalt överstiger dock depositionen dessa värden beroende på vindriktningar och nederbörds mängd. Speciellt utsatt är därför den sydvästra delen av Sverige.



Våtdeposition av sulfatjoner. Fritt efter Lennart Granat.

### Tolerans (T)

Mineraljordens tolerans eller den syraneutraliserande förmågan i marken, beräknas här som den procentuella del av ett prov som inte berörs av en pH-sänkning vid tillsats av vätejoner.

Toleransen är 100% om kalk finns i ett prov och syraneutralisering sker med karbonatbuffring.

Toleransen är ca 90–99% om aluminiumbuffring råder.

Toleransen är < ca 90% om buffring sker genom jonbyten.

Korrelation: T är korr. med utbytbart Al (0.6) och med pHS (0.9).

T är neg. korr. med BM (-0.6), spec. med utbytbart Ca (-0.8), Mg (-0.7) och K (-0.5).

Toleransen beräknas med i huvudsak två pH-mätningar som grund, före respektive efter tillsats av vätejoner (0.005 M svavelsyra som efterliknar surt regnvatten). Den pH-reduktion som på så sätt åstadkoms får olika effekter beroende på vilket buffertsystem som råder.

I de regioner som idag har de högsta värdena på pH och på basmättnad, blir pH-reduktionen generellt sett högst. Effekten av ökad vätejonkoncentration blir med andra ord att moränens C-horisont i de östra delarna av traversen blir 100 gånger (2 pH-enheter) surare än i dag och i de västra delarna 10 gånger surare (pH-minskning med 1 enhet) vid tillskott av samma mängd vätejoner. Skillnaden i pH-reduktionen är en följd av de olika buffringssystemens principer och av den låga katjonbyteskapaciteten (speciellt tillgången på utbytbart Ca och Mg) i väster. I väster, där alltså tillgången på utbytbara baskatjoner är låg, kommer aluminiumbuffring att bromsa upp pH-sänkningen.

Områden med höga värden på toleransen, har lågt innehåll av urlakade näringsämnen i markvätskan, men andelen aluminium är desto högre. Ytvatten och grundvatten får låga halter kalcium och magnesium, medan höga halter av aluminium kan uppträda i dricksvattnet. Motsatta förhållanden fås där toleransen är låg; näringsämnen urlakas genom jonbytesbuffring. Andelen aluminium är relativt låg, medan markvätskan transporterar stora mängder kalium, kalcium och magnesium, vilket i sin tur medför att *vattnets* buffertförmåga relativt sett blir högre.

Toleranskartan är också en *riskkarta för aluminiumutlakning*. Generellt sett utgör västra delen av traversen, samt områdena öster om Växjö och sydost om sjön Allgunnen riskområden.

### Sammanfattning

I moränproverna är finfraktionens (<0.06mm) viktandel i relation till totalvikten för hela proverna lägre i väster och vid östra kusten. (All morän som provtas geokemiskt är av typen moig eller sandig-moig, samt okulärt sett osvallad). Generellt sett utgör fraktionerna finmo-mjåla-ler mindre än 20 % i proverna från dessa områden, medan andelen ökar mot öster till 20–30% för att vid kusten minska igen. Någon direkt korrelation med andra parametrar saknas i stort sett (viss korrelation med fosfor; högre P i grovkornigare material), men tänkbart är att den kraftiga syrabelastningen i väster, i kombination med den något grövre moränstrukturen och de mer vittringsbenägna mineralen har intensifierat vittringen (jämför med karta över vittringshastigheten 0–50 cm under markytan, Sverdrup -91), i så hög grad att även C-horisonten, som vanligtvis betraktas som opåverkad mineraljord, är utarmad på lättillgängliga baskatjoner.

Försumningen i Västsverige har därmed urholkat markens förmåga att kompensera näringsförlust med silikatvittring (d.v.s. jonbytesbuffring). Urlakningsförlusterna av näringsämnen är större än den kemiska vittringen förmår kompensera, trots att moränens innehåll av basiska ämnen i mera lättvittrad mineralform är högre i västra delen av traversen än i östra. Risken för aluminiumutlakning från C-horisonten i areellt stora regioner är därmed omfattande.

Tabell över traversens medianvärden,  $\bar{m}$ , (50 prover) samt analyserade grundämnen med respektive analysmetod.

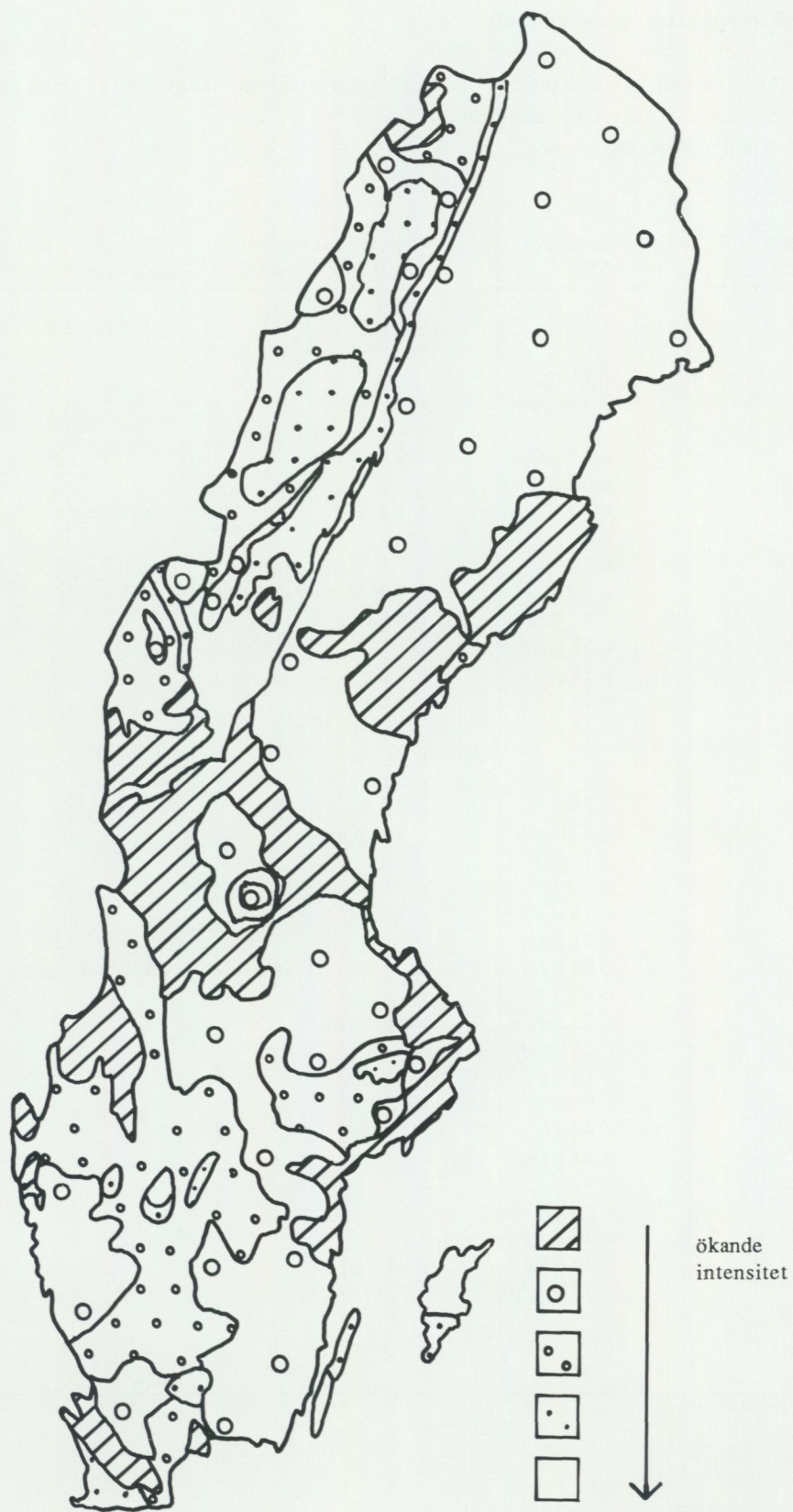
XRF- och ICP-analyserade huvudelement har medianvärden i oxidform redovisade i % eller ppm.

(x) anger att elementet ej redovisas i kartform.

– anger värden under detektionsgränsen.

Grundämne	totalhalter XRF	kungsvattenlakade halter		tillgängliga halter, extr. med NH <sub>4</sub> m AAS-analyser
		ICP	AAS	
aluminium	x 15 %	x 1.4 %	(x)	x 416 µg/g
antimon		x –		
arsenik	x 11 µg/g			
barium	x 748 ppm	x 29 ppm		
beryllium		x –		
bly	x 26 µg/g	x 9 µg/g		
fosfor	x 0.24 %			
järn	x 3.1 %	x 1.8 %	(x)	x 27 µg/g
kadmium		x –		
kalcium	x 2.4 %	x 0.4 %	(x)	x 0.3 µg/g
kalium	x 3.3 %	x 0.06 %	(x)	x 15 µg/g
kisel	x 73 %	x 0.05 %		
klor	x 52 µg/g			
kobolt	x 18 µg/g	x 4 µg/g		
koppar	x 12 µg/g	x 8 µg/g		
krom	x 33 µg/g			
lantan		x 27 µg/g		
litium		x 5 µg/g		
magnesium	x 1 %	x 0.3 %	(x)	x 0.1 µg/g
mangan	x 573 ppm	x 239 ppm	(x)	x 0.9 µg/g
molybden	x 1 µg/g			
natrium	x 3.3 %	x 0.02%	(x)	x 4.1 µg/g
nickel	x 11 µg/g	x 5 µg/g		
niob	x 21 µg/g			
rubidium	x 80 µg/g		(x)	x 0.245 µg/g
selen	x –	x –		
strontium	x 252 µg/g	x 11 µg/g		
svavel	x 187 µg/g			
thorium	x 10 µg/g			
titan	x 0.7 %	x 0.08 %		
uran	x 4 µg/g			
vanadin	x 51 µg/g			
vismut	x –	x –		
volfram	x 3 µg/g			
yttrium	x 40 µg/g			
zink	x 40 µg/g	x 23 µg/g		
zirkon	x 557 µg/g			
kvot K/Rb	166		76	62
kvot Ca/Sr	63			

	$\bar{m}$
pH H <sub>2</sub> O	5.0
pH KCl	4.8
TA	6.4 µekv/g
CEC	7.6 µekv/g
BM	8.5 %
T	96 %
<0.06	22 %



Vittringshastighet i markdjup 0-50 cm. Fritt efter H. Sverdrup.

### Förklaringar till kartorna (sid. 9–15)

Berggrundskartan utgör ett utsnitt av Sveriges Berggrund, SGU serie Ba nr 16 redigerad av N H Magnusson.

Kartorna (sid. 9–15) utgör ett hopplock av befintliga kartremsor av lite olika kvalitet. Enheter för sorter är därför av heterogen karaktär.

Förkortningar som använts:

X: totalhalter bestämda med XRF

I : kungsvattenlakade halter, bestämda med ICP

A: kungsvattenlakade halter, bestämda med AAS

N: NH<sub>4</sub>-extraherade halter, bestämda med AAS

I/X %: Lakbarheten, eller den procentuella andel av elementet som går i lösning relativt totalhalten.

### Referenser

Berdén, M., Nilsson, S. I., Rosén, K., Tyler, G., 1987: Soil acidification – extent, causes and consequences. SNV rapport 3292.

Bertills, U., von Brömssen, U., Sarr, M., 1989: Försurningsläget i enskilda vattentäkter i Sverige. SNV rapport 3567.

Bringmark, L.: Methods of soil chemistry in integrated monitoring. Miljörapport 1989:11 utgiven av The working group for environmental monitoring. Nordic council of ministers 1989.

Chemical Weathering under field conditions, reports from a nordic seminar 1990, ed. K. Rosén, 1991. Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära nr 63.

Försurning och kalkning av svenska vatten. Monitor 12: 1991. SNV.

Goldschmidt, V. M., 1958: Geochemistry. Oxford University Press.

Liljelund, L.-E., Lundmark, J.-E., Nihlgård, B., Nohrstedt, H.-Ö., Rosén, K., 1990: Skogs-vitalisering, kunskapsläge och forskningsbehov. SNV rapport 3813.

Lundgren, L., J., 1991. Försurningen på dagordningen – en bild av ett händelseförlopp 1966–1968. SNV rapport 3886.

Naturmiljön i siffror. Miljöstatistisk årsbok 1986–87. Statistiska centralbyrån 1987.

Sverdrup, H. U., 1990. The kinetics of base cation release due to chemical weathering. Lund University Press.

Troedsson, T. och Nykvist, N., 1973: Marklära och markvård. Almqvist & Wiksell.

## I SGUs serie Rapporter och meddelanden har tidigare utgivits:

- \*1. Utredning rörande det svenska jordbrukets kalkförsörjning 1–2. 1931.
- \*2. **Sahlström, K.E.** Sveriges lodade sjöar. 1945.
- \*3. **Ödman, O.H.** Rapport över manganmalmsletningen i Jokkmokks socken 1940–48.
4. **Stålhös, G.** Bidrag till kännedomen om den radioaktiva strålningens fördelning inom den svenska berggrunden. 1959.
5. **Johansson, H.G. och Ericsson, B.** Grusutredningen -74. Översiktlig inventering av sand- och grusförekomster – Försöksverksamhet. 1976.
- \*6. **Knutsson, G., m.fl.** Grustillgångarna i Östersundsområdet. Del 1 inventering. 1976.
- \*7. **Ericsson, B.** Svallgrustillgångar längs Kilsbergen, Örebro län. 1977.
8. **Gustafsson, O. och De Geer, J.** Skånes större grundvattentillgångar. 1977.
9. **Knutsson, G. och Fagerlind, T.** Grundvattentillgångar i Sverige. 1977.
10. **Modig, S., Knutsson, G., Nordberg, L. och Persson, G.** Särtryck ur Ymer 1978 – Bebyggelsen och vattnet. 1978.
11. **Guy-Ohlson, D.** Jurassic biostratigraphy of three borings in NW Scania. (A brief palynological report.) 1978.
12. **Gustafsson, O., Andersson, J.-E. och De Geer, J.** Sammanställning av hydrogeologiska data från Kristianstadsslätten. 1979.
13. **Hörnsten, Å.** Sand och övriga jordarter i Öresund. Maringeologiska kartor över Öresund. 1979.
- \*14. Hydrogeologi vid SGU. Särutgåva av Vannet i Norden. 1979.
15. **Knutsson, G., Lindén, A. och Rudmark, L.** Grus- och moräntillgångar i Nybroregionen. 1979.
16. **Wilson, M.R. och Sundin, N.O.** Isotopic age determinations on rocks and minerals from Sweden. 1960–1978.
17. **Karlqvist, L. och Qvarfort, U.** Modell för simulering av utbytesförlopp i ett sand-bentonitskikt. 1980.
18. **Karlqvist, L. och Qvarfort, U.** Gruvhanterings inverkan på Bersboområdet, Åtvidabergs kommun. 1980.
19. **Wilson, M.R. and Åkerblom, G.** Uranium enriched granites in Sweden. 1980.
- \*20. **Cato, I. och Engdahl, M.** Beskrivning till temakartor utvisande var särskild uppmärksamhet av stabilitetsförhållanden erfordras inom vissa bebyggda eller detaljplanerade områden med lerjord. 1982.
21. **Olsson, T.** Ground-water-level fluctuations as a measure of the effective porosity and ground-water recharge. 1980.
22. **Bergström, J. och Shaikh, N.A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kristianstads län. Projekt i länsplanering 1980. 1980.
23. **Lilja, A.** Störning av berggrundens temperaturförhållanden vid hammarborring. 1981.
24. **Agrell, H.** Gotska Sandöns kvartärgeologi. (Summary: The Quaternary geology of the island of Gotska Sandön in the Baltic.) 1981.
25. **Laufeld, S., (Ed.).** Proceedings of Project Ecostratigraphy Plenary Meeting, Gotland, 1981. 1981.
26. **Fredén, C., m.fl.** Tuveskredet, 1977-11-30. Geologiska undersökningar. Särtryck av SGI Rapp. 11 B. 1981.
27. SWIM 81. Intruded and relict groundwater of marine origin. Proceedings of Seventh Salt Water Intrusion Meeting, Uppsala, Sweden, 14–17 September 1981. 1981.
28. **Aastrup, M., Aneblom, T., Henriksson, B. och Persson, G.** PMK-grundvatten. Lägesrapport mars 1982. 1982.
29. Energigeologi. Exempel på verksamhet inom energisektorn vid SGU. April 1982.

30. **Åkerblom, G. and Wilson, C.** Radon – geological aspects of an environmental problem. 1982.
31. **Bergström, J. och Shaikh, N.A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Malmöhus län. 1982.
32. **Ericsson, B. och Grånäs, K.** SGU:s grusdataarkiv. 1983.
33. **Sivhed, U.** Upper Cretaceous Ostracodes from the Malen Limestone quarry and the river Stensån, southern Sweden. 1983.
34. **Berggrundsgeokemi som prospekteringsmetod i Sveriges urberg.** Föredrag och inlägg från ett symposium i Uppsala den 17–18 mars 1983 anordnat av Sveriges geologiska undersökning och Svenska Gruvföreningen. O. Selinus (Red.). 1983.
35. Vanadin. 1984.
37. **Andersson, M. och Ohlsson, S.-Å.** Geokemisk kartering. 1984.
38. **Lundqvist, Th.** Färg- och teckenschema för SGU:s berggrundskartering. 1984.
39. **Lindewald, H.** Salt grundvatten i Sverige. 1985.
40. **Guy-Ohlson, D. and Malmquist, E.** Lower Jurassic biostratigraphy of the Oppegård Bore No. 1, NW Scania, Sweden. 1985.
41. **Andersson, M.** Geokemisk kartering. Tungmineralanrikad morän. Kartbladen 15–16, C–D och 16–17, G. 1985.
42. **Ressar, H. och Ohlsson, S.-Å.** Geokemisk kartering. Bäcktorv. Bilaga: Beskrivning av de fjorton spårelementens exogena geokemiska kretslopp av John Ek. 1985.
43. Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
44. Grundvattenkvalitet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
45. **Shaikh, N.A., Samuelsson, L., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Älvsborgs län. 1986.
46. **Fredén, C.** Quaternary marine shell deposits in the region of Uddevalla and Lake Vänern. 1986.
47. **Ahlberg, P.** Den svenska kontinentalsockelns berggrund. 1986.
48. **Ressar, H., Ohlsson, S.-Å. och Ekelund, L.** Geokemiska kartan. Tungmetaller i Bäcktorv. Översiktskartbladen Kalmar, Oskarshamn, Sundsvall och Vilhelmina. 1986.
49. **Ressar, H., Ohlsson, S.-Å. och Ekelund, L.** Geokemiska kartan. Tungmetaller i Bäcktorv. Översiktskartbladen Malmö och Sundsvall. 1987.
50. **Shaikh, N.A., Persson, L., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Jönköpings län. 1989.
51. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i Bäckvattenväxter. Översiktsbladen Göteborg och Borås. 1988.
52. **Gustafsson, O., Jonasson, S.A. och Andersson, C.** Grundvattenundersökningar på Kristianstadsslätten 1976–1987. 1988.
53. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 18–22, G–I. 1988.
54. **Shaikh, N.A., Karis, L., Kumpulainen, R., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Kalksten och dolomit i Sverige. Del 1. Norra Sverige. 1989.
55. **Shaikh, N.A., Karis, L., Snäll, S., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Kalksten och dolomit i Sverige. Del 2. Mellersta Sverige. 1989.
56. **Shaikh, N.A., Bruun, Å., Karis, L., Kjellström, G., Sivhed, U., Sundberg, A. och Wik, N.-G.** Kalksten och dolomit i Sverige. Del 3. Södra Sverige. 1990.
57. **Modig, H., Miller, U. och Robertsson, A.-M.** Karbonat i jord. Del 4. Försurning i äldre sedimentlagerföljder med anknytning till och i jämförelse med nutid. 1990.
59. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 16–18, G–I. 1989.
60. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.
61. **Kornfält, K.-A., Samuelsson, L., Sundberg, A., Wik, N.-G. och Wikman, H.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kronobergs län. 1990.

62. **Andersson, M.** Markgeokemiska kartan 18–21, H–J. 1990.
63. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1990.
64. **Cato, I.** Sedimentundersökningar i Brofjorden särskilt Trommekilen 1989, samt förändringar efter 1972 och 1984. 1990.
65. **Bruun, Å., Kornfält, K.-A., Sundberg, A., Wik, N.-G., Wikman, H. och Wikström, A.** Malmer, industriella mineral och bergarter i Kalmar län. 1991.
66. **R. Frietsch, A. Sundberg och N.-G. Wik.** Register över svenska fyndigheter av malmineral och industriella mineral och bergarter. 1991.
67. **Robertsson, A.-M.** Strandförskjutningen i Eskilstunatrakten för ca 9000 till 4000 år sedan. 1991.
68. **Ressar, H., Ekelund, L. och Ohlsson, S.-Å.** Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. 1991.
69. **Selinus, O.** (ed.). 2nd International Symposium on Environmental Chemistry. (Abstracts).1991.

\* Utgången



*Distribution*

SGU  
Box 670  
751 28 UPPSALA  
Tel 018-17 90 00

MO Print i Uppsala AB, 1992

ISBN 91-7158-508-7  
ISSN 0349-2176

Geografiska Institutionen, 70 219, Anderssonstr. 1, 141 86 Stockholm, Sverige