

Sulfidjordar och sura sulfatjordar – vad gör SGU?

Gustav Sohlenius

oktober 2011

SGU-rapport 2011:12



SGU

Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
fax: 018-17 92 10
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

INLEDNING

I både Sverige och Finland finns silt och lerjordar som innehåller sulfidmineral (figur 1) i områden som genom landhöjningen stigit ur havet. I samband med byggnationer, eller för att möjliggöra uppodling sänks ofta grundvattenytan i dessa områden, varvid sulfidmineralen oxiderar. De jordar som bildas efter oxidation av sulfidjordar brukar kallas sura sulfatjordar (figur 2). Vid oxidationen av sulfider sjunker pH-värdet vilket ofta leder till att flera toxiska metaller mobiliseras. I vissa avrinningsområden med sulfidhaltiga sediment påverkas därför vattnets kvalitet periodvis negativt. Även om denna miljöpåverkan primärt orsakas av naturliga processer så utlöses den ofta av mänskliga aktiviteter.

Syftet med denna rapport är att ge en kortfattad bakgrund till de negativa miljöeffekter som ibland uppstår i områden med sulfidhaltiga jordar. I rapporten redovisas dessutom de sulfidjordsdata som i nuläget finns på SGU.

BAKGRUND

Ett av målen med EUs vattendirektiv är att till 2015 ha skapat god ekologisk och kemisk status i sjöar, vattendrag. Med anledning av detta har frågan om de sura sulfatjordarnas påverkan på vattenmiljön aktualiserats. I framför allt Västerbotten och Norrbotten finns vattendrag som tidvis är försurade pga. oxidation av sulfidhaltiga sediment. Det finns därför ett behov av att identifiera i vilka områden sura sulfatjordar och sulfidhaltiga sediment förekommer. SGU har därför börjat sammanställa befintlig information som kan användas för att identifiera områden med sulfidhaltiga sediment och sura sulfatjordar. Under de närmste åren kommer SGU att samla in ytterligare information som visar var dessa jordar förekommer. Detta arbete kommer att omfatta både observationer från SGUs fältarbeten och observationer som gjorts av andra aktörer, t.ex. Trafikverket. I denna rapport redovisas kortfattat för dagens kunskapsläge då det gäller den geografiska utbredningen av sulfidhaltiga sediment och sura sulfatjordar i Sverige. De underlag som diskuteras i denna rapport kommer fortlöpande att uppdateras. Syftet med dessa underlag är att de ska kunna användas för att bedöma om det finns risk för att sulfidhaltiga sediment kan förväntas påverka vattenkvaliteten i ett visst avrinningsområde.

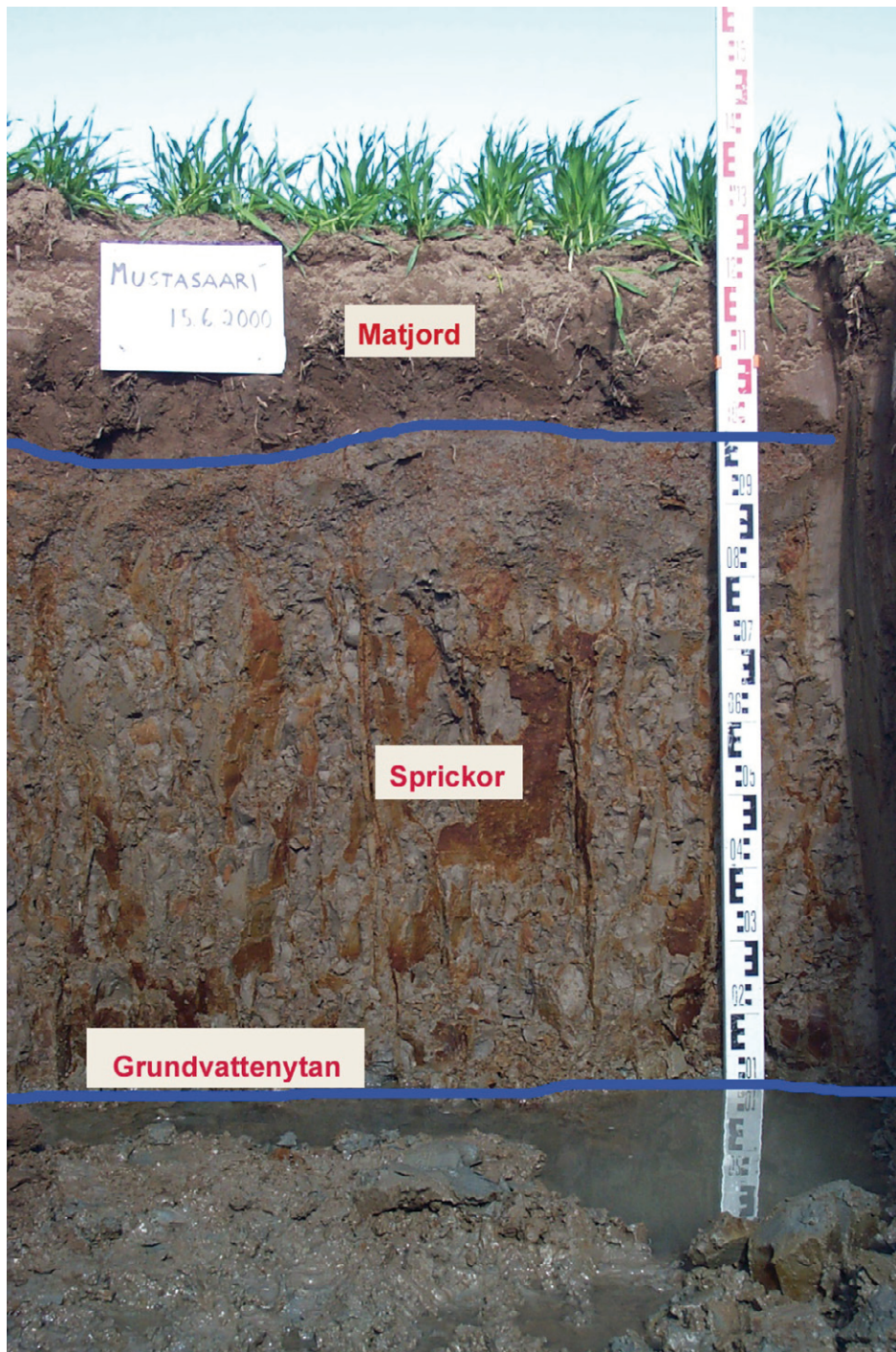
A.



B.



Figur 1. **A.** Sulfidhaltig lera, så kallad "svartmucka", från Västerbotten nära Umeå. I många områden, framför allt i norra Sverige, kännetecknas de sulfidhaltiga sedimenten av en distinkt svart färg som orsakas av järnmonosulfider. Då dessa sulfider oxiderar får jorden en blekgrå färg. **B.** Sulfidhaltig jord från ett område nära Mälaren. I jordar från denna del av Sverige är pyrit (FeS_2) oftast det dominerande sulfidmineralet. Pyrit påverkar inte jordartens färg och sulfidhaltiga jordar från denna region är därför oftast inte svartfärgade.



Figur 2. Sur sulfatjord i ett jordbruksområde i Österbotten (Finland). I detta område har grundvattenytan sänkts efter dikning, varvid de sulfidhaltiga sedimenten oxiderat. De sura sulfatjordarna kännetecknas av vertikala sprickor med rostbeläggningar. Under grundvattenytan är jorden fortfarande svart-gråfärgad av järnsulfider. Närmast markytan finns ett par decimeter matjord som är påverkade av plöjning. I förgrunden syns den svart-grå sulfidfärgade jorden som påträffas under grundvattenytan.

HUR BILDAS SURA SULFATJORDAR?

Då den senaste inlandsisen försvann var delar av Sverige nedpressat under havets yta. På botten som idag är land avsattes då stora mängder sediment, som i vissa fall innehåller organiskt material. Då detta organiska material bröts ner förbrukades syre vilket ofta leder till att sedimenten blir mer eller mindre helt syrefria. I den syrefria miljö som då uppstod bildades olika mineral, främst så kallade järnsulfider, i första hand FeS och FeS₂. Dessa sediment har främst avsatts under de senaste 9 000 åren då Östersjöns vatten varit bräckt (figur 3). Den alltfjämt pågående landhöjningen har gjort att sulfidhaltiga sediment från denna period idag delvis ligger ovanför havets yta.

Då sulfidmineralen kommer i kontakt med luftens syre sker en oxidation under vilken järnhydroxider och sulfat bildas samt väteprotoner (H⁺) frigörs. Detta innebär att svavelsyra bildas varvid markens pH drastiskt sjunker (figur 4). Järnhydroxiderna är ofta väl synliga som rostutfällningar längs med de sprickor som bildas i de sura jordarna (figur 2). Ofta ligger pH-värdet i sura sulfatjordar runt 3–4. De sura förhållandena leder till ökad vittring varvid vissa metaller mobiliseras från jorden. Till viss del har dessa metaller varit bundna i sulfidmineralen, men till största delen mobiliseras metaller som varit bundna i andra mineral, främst silikater. Även om stora mängder av flera metaller mobiliseras från sura sulfatjordar innehåller dessa jordar inte högre totalhalter av dessa metaller än andra finkorniga jordarter (Sohlenius & Öborn 2004). På vissa platser i södra Sverige innehåller de sulfidhaltiga sedimenten en betydande andel kalk, som i vissa fall buffrar den försurning som uppstår då sulfiderna oxiderar.

VILKA PROBLEM KAN SURA SULFATJORDAR GE UPPHOV TILL?

I både Sverige och Finland har höga halter av flera tungmetaller (t.ex. Ni, Cd och Cu) uppmätts i vattendrag som dränerar jordbruksmarker där sura sulfatjordar förekommer (figur 4). I dessa områden har grundvattenytan sänkts genom dikning vilket förklarar förekomsten av dessa sura jordar. Det finns beräkningar som visar att läckaget av t.ex. Ni och Cd från områden med sura sulfatjordar i Finland är flera gånger högre än de totala utsläppen från den finska industrin (Sundström m.fl. 2002). Studier i Finland har visat att även om de sulfidhaltiga sedimenten höjts ovan havet genom landhöjningen så är det när grundvattenytan sänks genom dikning som sura sulfatjordar uppstår (Boman m.fl. 2010). Även om sulfidjordarna är naturligt bildade sediment är det med andra ord mänsklig påverkan genom dikning som leder till de negativa miljöeffekterna. Det finns beräkningar som visar att det tar minst hundra år innan de dränerade sura sulfatjordarnas negativa miljöeffekt klingar av.

En stor andel av de områden där sura sulfatjordar förekommer utgjordes av våtmarker innan de påverkades av dikning. På många platser överlagras därför de sulfidhaltiga sedimenten av torv som avsatts i kärr eller mossar. Om grundvattenytan sänks i sådana områden sjunker torvlagret ihop och börjar oxidera. Det lager av torv som överlagrar den sulfidhaltiga jorden odlas då med tiden bort varefter grundvattenytan måste sänkas ytterligare, vilket leder till ytterligare oxidation av sulfidmineral. Exempel på marker som dikats i flera omgångar finns kring sjön Hjälmaren, som sänktes under slutet av 1800-talet.

Vid torrperioder avgår vatten från de sura sulfatjordarna varvid de krymper ihop och lodräta spricksystem bildas (figur 2). Under dessa perioder sjunker dessutom grundvattenytan och

oxidationen av sulfidmineralen når större djup. Under snösmältningen och vid kraftiga regn kan vatten snabbt transporteras genom spricksystemen. Det leder i sin tur till att de metaller som mobiliserats, t.ex. nickel, koppar och kadmium, snabbt kan transporterats ut i de vattendrag som avvattnar de sura jordarna (t.ex. Åström & Björklund 1995). I detta vatten uppstår vid sådana tillfällen ibland mycket sura förhållanden och höga metallkoncentrationer. Detta har vid flera tillfällen lett till plötslig fiskdöd. Risken för dessa ”surstötter” är som störst då en torrperiod med låg grundvattenyta efterföljs av kraftiga flöden.

Den totala uppodlade arealen sura sulfatjordar har i Sverige uppskattats till 140 000 hektar (Öborn 1994) vilket ungefär motsvarar fem procent av den svenska åkerarealen. Det är dock möjligt att den verkliga arealen är större eftersom det inte finns några uppgifter om eventuella sura sulfatjordar i områden med dikad skogsmark. Dessutom finns områden med sulfidhaltiga sediment som inte påverkats av dikning och där sura sulfatjordar därför inte bildats. Det har inte gjorts några försök att uppskatta arealen av dessa *potentiellt* sura sulfatjordar. Dessutom kan sulfidjordarna i många områden vara täckta av yngre jordarter, t.ex. torv eller sand. I Sverige är det främst i ler- och siltområden belägna längs Norrlands kust som problem relaterade till sura sulfatjordar har uppmärksamats (t.ex. Fromm 1965, Granlund 1943). Sulfidhaltiga sedimentet och sura sulfatjordar har dock observerats i många områden längre söderut, t.ex. i låglänta områden kring Mälaren. Orsaken till att dessa jordar är vanligare förekommande i norra Sverige är att landhöjningen i denna del av landet varit relativt kraftig vilket har gjort att sediment som avsatts på relativt stora djup har torrlagts.

Oxidation av sulfidhaltig jord sker även vid byggnationer då sulfidhaltig jord exponeras för syre t.ex. vid schaktning. Vid Luleå tekniska universitet har man därför utarbetat ett kontrollprogram som kan användas vid hantering av sulfidjordsmassor (Pousette 2007). Eftersom de sulfidhaltiga sedimenten innehåller organiskt material har de en dålig bärighet. Detta har uppmärksamats vid byggnationer och det har gjorts flera undersökningar av hållfastheten hos dessa jordar (Larsson m.fl. 2007). Ett annat problem relaterat till dessa jordar är att dräneringsrör sätter igen pga. utfällning av järnhydroxider samt korrosionsproblem orsakade av de sura förhållandena i jorden.

Undersökningar från Finland visar att halterna av flera metaller (t.ex. nickel och kobolt) är relativt höga i växter från områden med sura sulfatjordar. Det är därför inte osannolikt att hälsan hos människor och djur som äter grödor från områden med sura sulfatjordar påverkas negativt (Fältmarsch m.fl. 2008).

HUR KÄNNER MAN IGEN SULFIDHALTIGA SEDIMENT OCH SURA SULFATJORDAR?

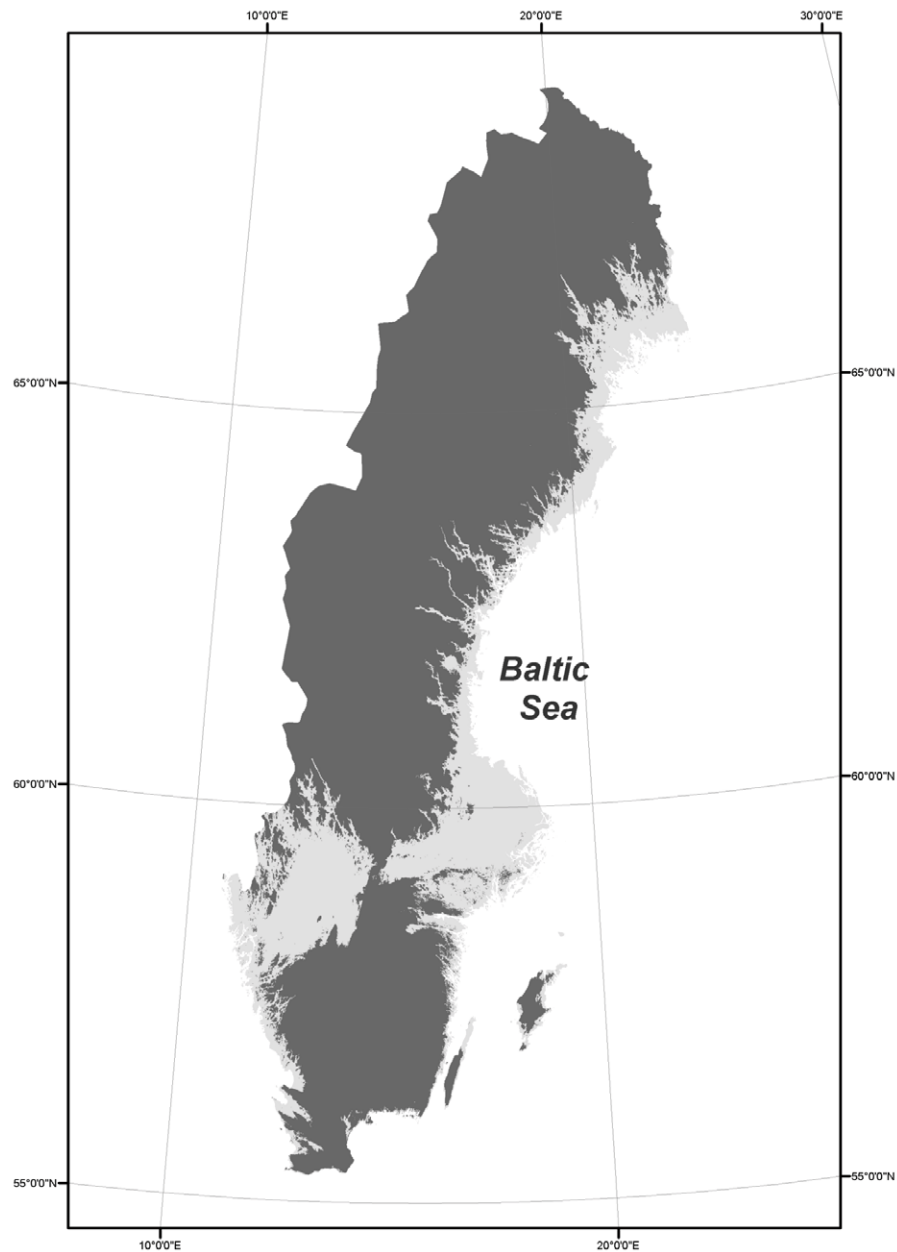
Det finns ofta möjligheter att på plats avgöra om det finns risk att sulfidhaltiga sediment förekommer. I ett regionalt perspektiv förekommer sulfidhaltiga sediment nästan uteslutande i de områden som tidigare varit täckta av bräckt vatten (figur 3). De sulfidhaltiga sedimenten förekommer främst i de lägsta delarna av landskapet. Generellt sett är sulfidjordar vanligast i områden belägna nära dagens havsyttnivå. Kring sjöar och i våtmarker, där en hög grundvattennivå förhindrar att sulfidmineralen oxiderar, har ofta inte sura sulfatjordar bildats. På dessa platser har ofta ett lager med torv bildats ovanpå den sulfidhaltiga jorden. I jordbruksmark och dikad skogsmark kan sura sulfatjordar däremot ha bildats. Längs Norrlandskusten är en stor andel av de finkorniga sedimenten sulfidhaltiga. Längre söderut i Götaland och Svealand utgör de sulfidhaltiga sedimenten endast en liten andel av den totala arealen finkorniga sediment. I dessa områden förekommer ofta sulfidjordar i områden vilka

redovisas som lergyttja på SGUs jordartskarta. Längs Västkusten är sulfidhaltiga sediment troligen relativt ovanliga.

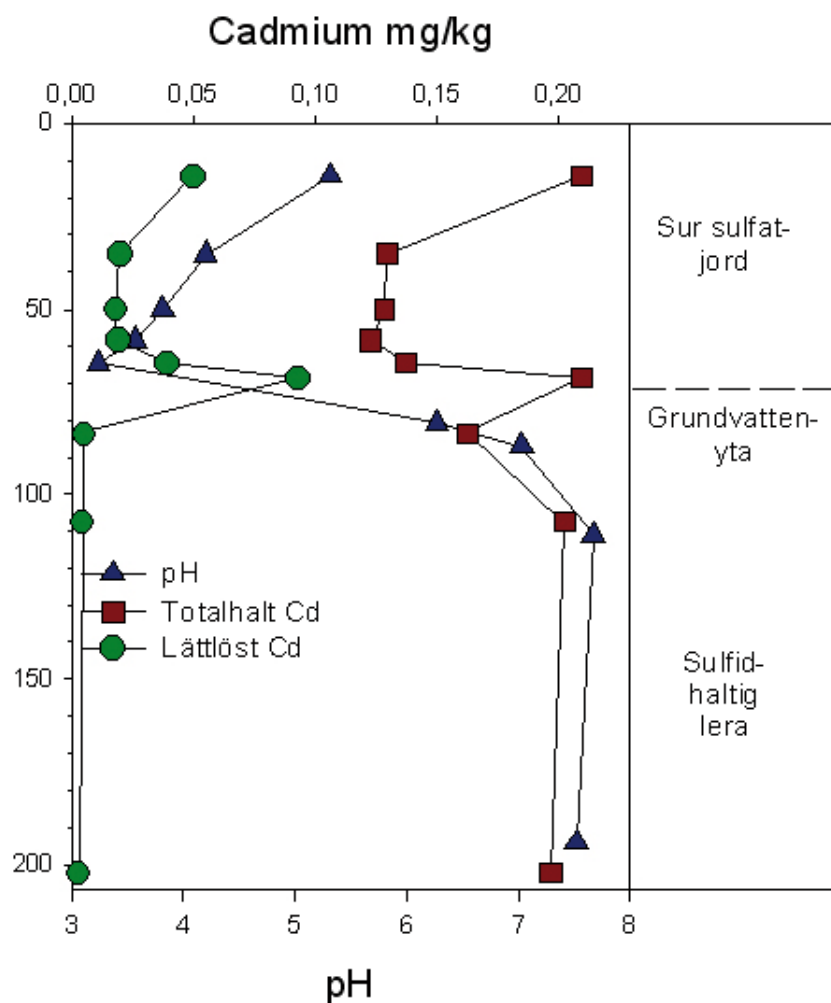
Det är många gånger möjligt att med blotta ögat få en uppfattning om ifall en jord är sulfidhaltig eller inte. I norra Sverige är de sulfidhaltiga sedimenten ofta svartfärgade av järn-monosulfider och därmed lätta att känna igen (figur 1A). I framför allt södra Sverige, t.ex. runt Mälaren, är pyrit ofta det dominerade sulfidmineralet i de sulfidhaltiga jordarna. Pyrit påverkar inte jordartens färg (figur 1B). Eftersom de sulfidhaltiga jordarna i denna del av landet oftast innehåller organiskt material (lergyttja–gyttjelera) går det att känna igen denna jordart på andra sätt. Dessa jordar kännetecknas ofta av en svagt grönaktig ton samt en jämfört med andra leror låg densitet.

De sura sulfatjordar som bildas efter oxidation av sulfidhaltiga sediment kännetecknas av vertikala sprickor som ofta kan följas ner till grundvattenytan (figur 2). I sprickorna finns ofta purpurröda (flera millimeter tjocka) beläggningar av järnhydroxider. I anslutning till dessa rostutfällningar förekommer ibland också det blekgula mineralet jarosit, $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, som är en bra indikator för att identifiera sura sulfatjordar. Som namnet antyder kännetecknas dessa sura jordar av ett lågt pH-värde, ofta mellan 2,5 och 4,5. För att förbättra odlingsegenskaperna kalkas jordarna vilket gör att pH-värdet är högre i matjorden än i underliggande jord (figur 4).

För att ytterligare kunna avgöra om det finns risk för att sulfidjordar förekommer i ett visst område finns det möjlighet att använda data som finns på SGU (se avsnittet nedan).

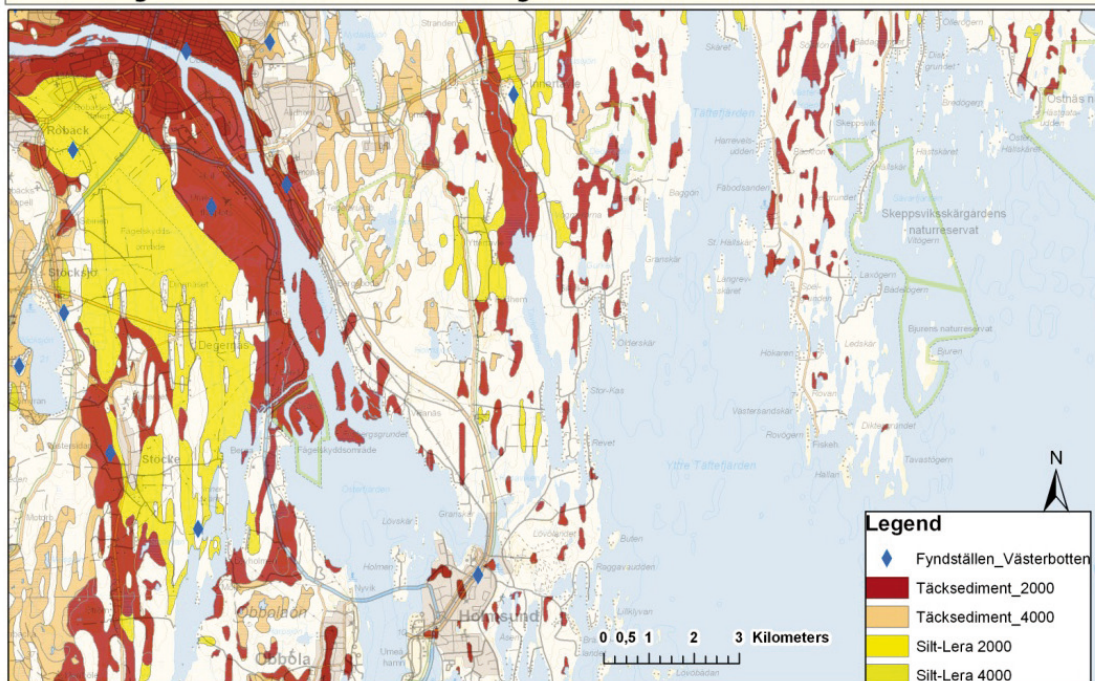


Figur 3. De ljusgrå områdena visar vilka delar av dagens landområden som tidigare varit täckta av salt och bräckt vatten. I speciellt norra Sverige förekommer sulfidhaltiga sediment i dessa områden. I Västsverige är sulfidhaltiga sediment sannolikt relativt ovanliga.

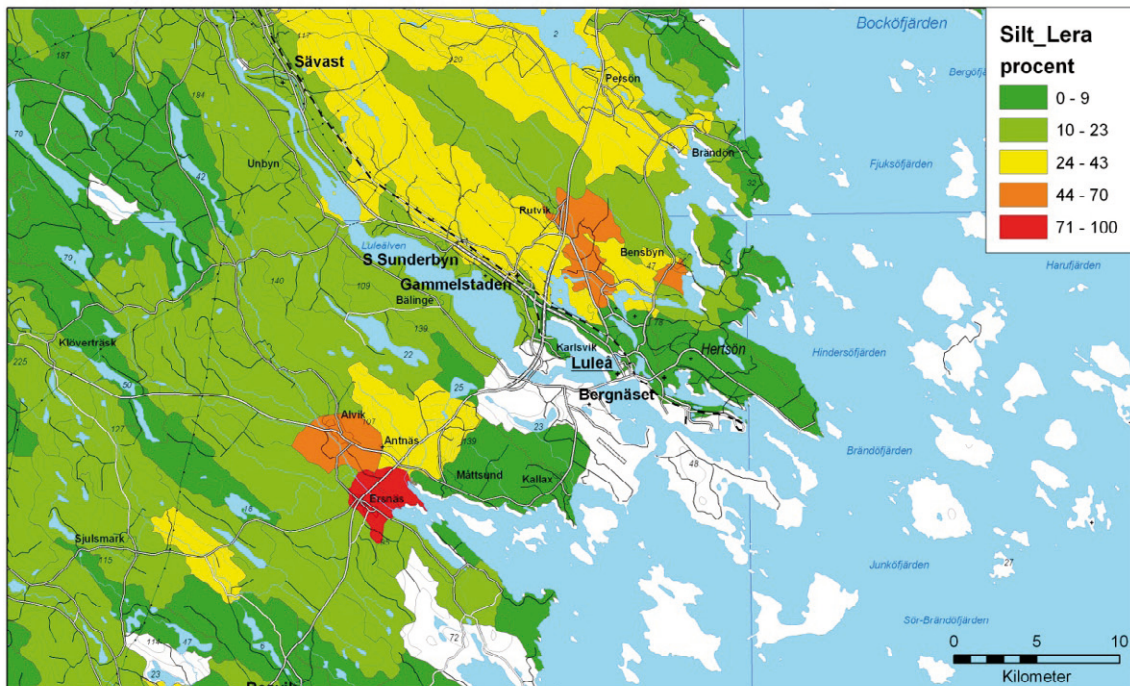


Figur 4. Profil med analysresultat från en sur sulfatjord med underliggande sulfidjord. Profilen kommer från ett jordbruksområde nära Mälaren där grundvattenytan sänkts, vilket lett till att sulfidmineralen oxiderat i de övre lagren. Detta har i sin tur lett till att en sur sulfatjord har bildats. I den oxiderade jorden är pH-värdet lågt medan pH-värdet i den reducerade sulfidhaltiga jorden är neutralt. Närmast markytan, i matjorden är dock pH-värdet högre eftersom jorden här är kalkad. De sura förhållandena har gjort att flera metaller (t.ex. kadmium) lakats ur från den sura jorden. Halten lättlösligt kadmium är högt nära grundvattenytan eftersom detta ämne transporterats ner till grundvattenytan genom de sprickor som finns i den sura sulfatjorden.

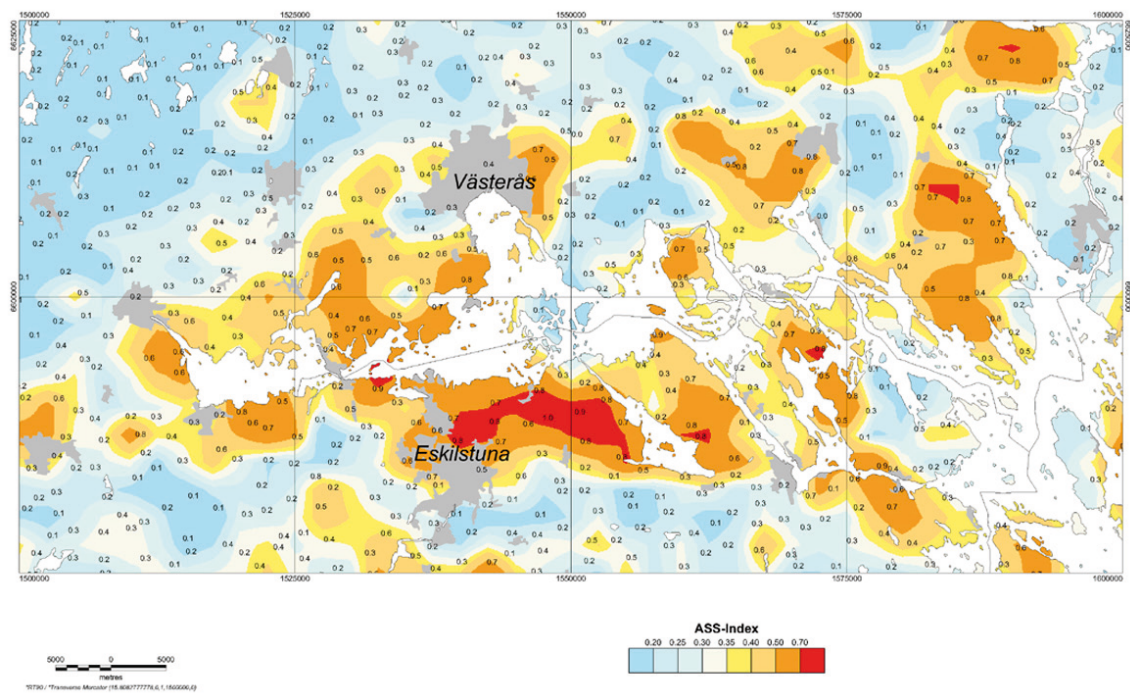
Detalj-karta över sulfidjordar i Västerbottens län



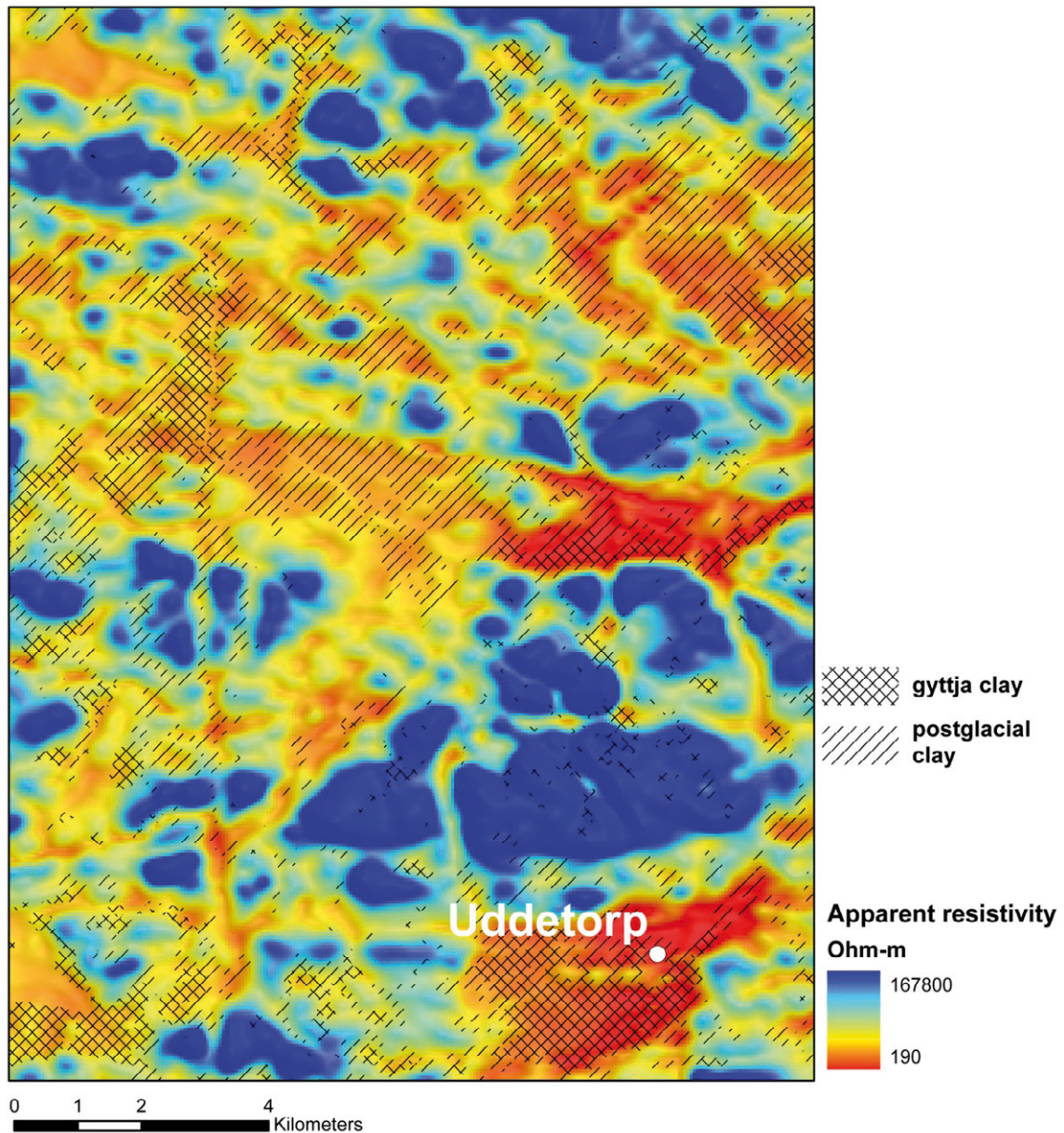
Figur 5. Områden där sulfidhaltig jord kan förekomma i ett område kring Umeå i Västerbottens län. Silt-Lera 2000 och Silt-Lera 4000 visar områden med silt och lera som torrlagts under de senaste 2000 respektive 4000 åren. Områden med silt-lera utgör områden där det är sannolikt att sulfidhaltiga sediment förekommer. Speciellt i områden som torrlagts under de senaste 2000 åren är sannolikheten stor att sulfidhaltiga sediment förekommer. De blå punkterna visar lokaler med sulfidhaltiga sediment som är kända sedan tidigare (Ivarsson m.fl. 1996). Från detta område finns dessutom information i SGUs databaser från ett stort antal lokaler som dokumenterats vid olika byggnationer, t.ex. Botniabanan.



Figur 6. Kartan visar andelen silt och lera i SMHIs delavrinningsområden kring Luleå i Norrbotten. I vissa av de områden som har en hög andel av dessa jordarter kan vattenkvaliteten tidvis påverkas negativt.

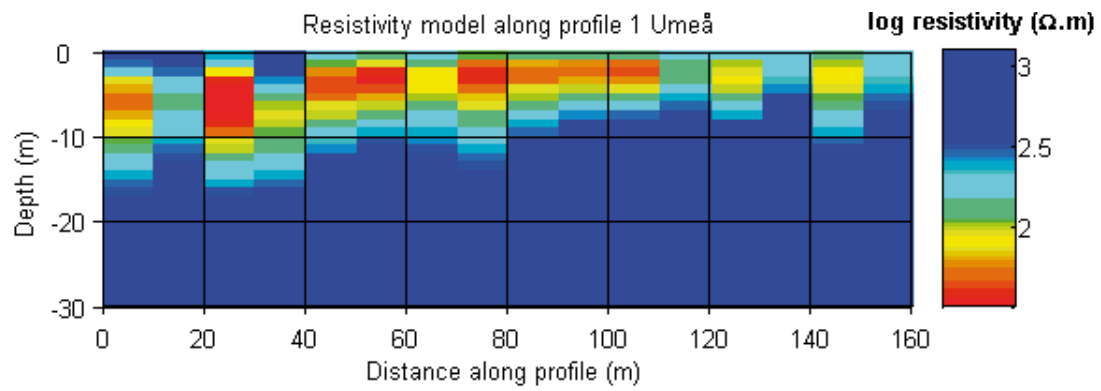


Figur 7. Biogeokemiska data från området kring Mälaren. Ett index har räknats ut med utgångspunkt från halterna av svavel, nickel, uran, yttrium och zink i bäckvattenväxter (rötter och mossor), vilka samlats in vid SGUs biogeokemiska kartering. Index baseras på normaliserade data mellan 0,1 och 1,0. Högst index finns i områden som på SGUs jordartskarta redovisas som gyttejlera-lergyttja.

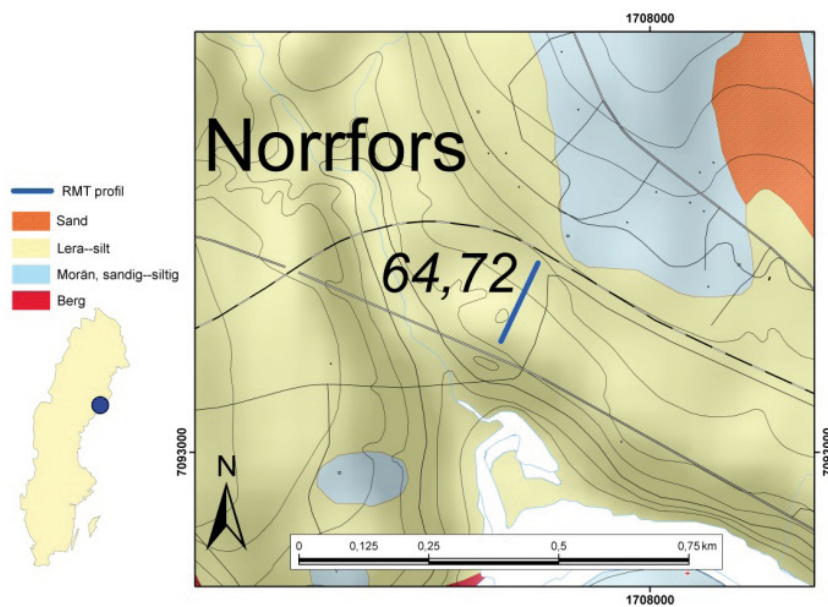


Figur 8. Skenbar resistivitet i ett område strax söder om Mälaren. Resultaten baseras på VLF-mätningar som gjorts från flyg. Områden som på SGUs jordartskarta redovisas som gyttjelera eller postglacial lera har markerats med raster på kartan. Det är tydligt att dessa jordarter har en generellt set lägre resistivitet jämfört med omgivningen. Speciellt lergyttjan innehåller ofta sulfidmineral. Vid lokalen Uddetorp har förekomsten av sulfidhaltiga sediment verifierats i fält.

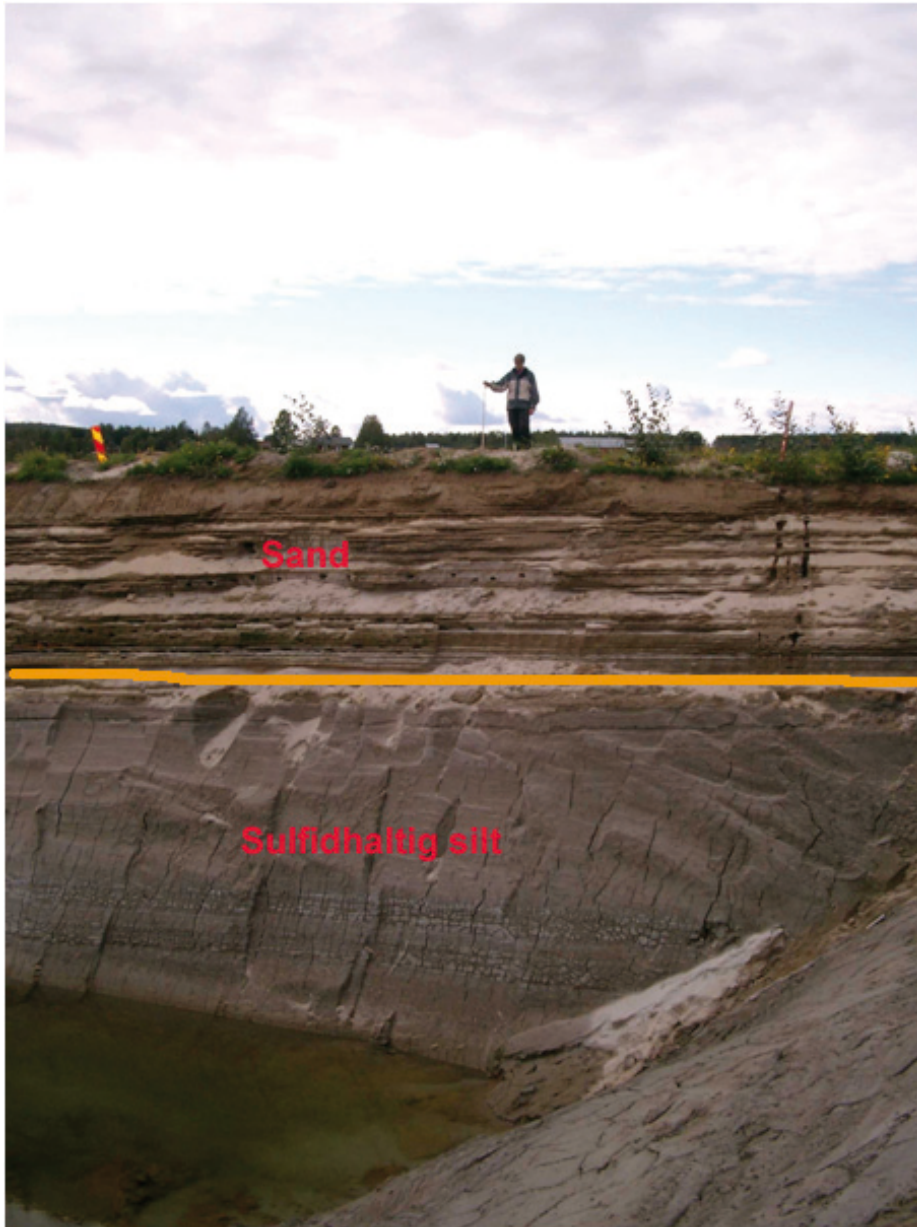
A.



B.



C.



Figur 9. **A.** Resultat från resistivetsmätningar som gjorts i en profil på en lokal belägen mellan Umeå och Vännäs i Västerbottens län. I diagrammet syns hur resistiviteten varierar på djupet längs profilen. De röda och gula sektionerna visar ett skikt med låg elektrisk resistivitet som sannolikt utgörs av sulfidhaltig jord. **B.** Profilens sträckning är markerad som en blå linje på jordartskartan. **C.** I anslutning till den uppmätta profilen fanns ett schakt där det framgick att det på platsen finns mäktiga lager med sulfidhaltig jord. Sedimenten på bilden har exponerats för syre varvid sulfidmineralen har oxiderat. Genom att gräva bort de övre lagren var det dock möjligt att exponera den svarta sulfidhaltiga jorden. På denna plats överlagras sulfidjorden av sand. Denna sand syns som ett blått lågresistivt lager i den vänstra delen av profilen i figur 9A.

SGU-DATA SOM KAN ANVÄNDAS FÖR ATT IDENTIFIERA OMRÅDEN MED SULFIDHALTIGA SEDIMENT OCH SURA SULFATJORDAR

SGU har testat om de geologiska data som samlas in av SGU kan användas för att avgöra i vilka områden sura sulfatjordar och sulfidhaltiga sediment förekommer (Sohlenius m.fl. 2004, 2007, Lax & Sohlenius 2006). Resultaten visar att SGUs data ger en god vägledning om var i landskapet dessa jordar förekommer. För att i detalj avgränsa de sulfidhaltiga jordarnas geografiska utbredning och mäktighet krävs dock ofta mer utförliga undersökningar. I framtiden avser SGU att ta fram ett förbättrat underlag som kan användas för att identifiera områden med sulfidhaltig jord.

Jordartskartor

De sulfidhaltiga sedimenten består främst av lera och silt som avsatts i de områden som tidigare varit täckt av bräckt vatten men som genom landhöjningen torrlagts (figur 3). De flesta observationer av sulfidhaltiga sediment kommer från områden som torrlagts under de senaste årtusendena, dvs. områden som ligger nära dagens kustlinje. Sulfidhaltiga sediment i Sverige förekommer främst i Norrbottens och Västerbottens kustland, men det finns även områden med sulfidhaltiga sediment längre söder ut (t.ex. kring Mälaren).

På SGU finns data som visar jordarternas fördelning i landskapet samt information om vilka områden som täckts av vatten vid en viss tidpunkt. Genom att kombinera dessa data är det möjligt att identifiera områden där det är troligt att sulfidhaltiga sediment förekommer. Längs Norrlandskusten förekommer sulfidjordar främst i områden som på jordartskartan anges som postglacial lera–silt. I stora delar av Götaland och Svealand redovisas de finkorniga sedimenten på jordartskartan på ett mer utförligt sätt än längre norrut. I dessa områden förekommer sulfidjord främst i områden som på jordartskartan redovisas som lergyttja–gyttjelera. På många platser täcks sulfidjordarna av yngre jordarter såsom sand eller torv. Jordartskartan ger dock ingen direkt vägledning om ifall sura sulfatjordar bildats i ett visst område med sulfidhaltiga sediment. Genom att kombinera jordartskartan med information om markanvändning är det dock möjligt att identifiera områden där dessa sura jordar kan förekomma. Detta eftersom sura sulfatjordar främst bildas i områden där grundvattenytan sänkts artificiellt, t.ex. på jordbruksmark.

Landhöjningsmodell

Genom att kombinera jordartskartor med SGUs landhöjningsmodell har områden där det finns risk för sulfidjordar identifierats. Eftersom sulfidjordar främst förekommer i områden som relativt nyligen har torrlagts har områden med potentiella sulfidjordar delats in i tre klasser: 1) områden som har varit täckta av bräckt vatten och som har torrlagt för mer än 4 000 år sedan, 2) områden som har torrlagts för mellan 4 000 och 2 000 år sedan, 3) områden som har torrlagts för mindre än 2 000 år sedan (figur 5). Därefter har de jordarter som finns i de tre områdena och som bedöms kunna vara sulfidhaltiga identifierats med utgångspunkt i jordartskartan. Jordarterna har delats in i två klasser: 1) områden där sulfidhaltiga sediment eller sura sulfatjordar kan förekomma närmast markytan, 2) områden där de sulfidhaltiga jordarna kan finnas under andra yngre jordarter. Störst risk för att sulfidjordar förekommer bedöms finnas i områden som torrlagts under de senaste 2 000 åren. Kartor som visar var sulfidhaltiga jordar kan förekomma har tagits fram för Västernorrlands, Väs-

terbottens och Norrbottens län. Resultaten har jämförts med en inventering av kända lokaler med sulfidjordar som utförts av Umeå universitet (Ivarsson m.fl. 1996). Denna indelning i tre klasser är inte tänkt att användas för exakta riskbedömningar, utan ska endast ses som ett sätt att översiktligt ringa in de områden där risken för sulfidjordar är stor. I framtiden kan ovanstående indelning komma att modifieras.

Genom att kombinera förekomsterna av potentiella sulfidjordar med de delavrinningsområden som tagits fram av SMHI har det varit möjligt att ta fram en karta som visar den procentuella andelen av potentiell sulfidjord i varje delavrinningsområde (figur 6). I de avrinningsområden där andelen silt och lera är hög är risken som störst att vattenmiljön är negativt påverkad. I dessa områden kan andelen sulfidjordar förväntas vara hög vilket gör att det sannolikt bildats sura sulfatjordar. Det är även möjligt att ta fram underlag som visar markanvändningen i de olika delavrinningsområdena.

Biogeokemiska kartor

Inom SGUs biogeokemiska kartering har bäckvattenväxter analyserats med avseende på halterna av en rad grundämnen (Lax 2005). Växtproverna har tagits i mindre vattendrag och diken. Dessa data avspeglar kemin i de provtagna vattendragen. I områden med sura sulfatjordar är koncentrationen av många metaller ofta höga (exempelvis nickel, kobolt, koppar, och yttrium). Orsaken till detta är att dessa metaller mobiliserats från den sura jorden som en effekt av ökad vittring. I södra Sverige sammanfaller ofta dessa områden med områden som på jordartskartan redovisas som lergyttja–gyttjelera. De mest påtagligt förhöjda halterna av vissa element har påträffats kring Mälaren (figur 7). Det finns dock sannolikt relativt stora områden med sulfidhaltiga sediment där sura sulfatjordar inte bildats. Eftersom läckaget av metaller är en effekt av den oxidation som sker i sura sulfatjordar kan man inte förvänta sig att de biogeokemiska kartorna kan användas för att identifiera sulfidjordar i områden där sulfidmineralen inte har oxiderats. De biogeokemiska kartorna baseras på prover som tagits med en täthet på 1 prov per 6 km². Det innebär att mindre områden med sura sulfatjordar många gånger inte reflekteras av dessa data. Biogeokemiska data från områden med sura sulfatjordar längs Norrlandskusten uppvisar inte lika påtagligt förhöjda värden som motsvarande områden längre söderut.

Geofysik

I de områden där SGUs flyggeofysiska mätningar utförts med tvåvägs VLF är det möjligt att ta fram kartor som visar markens resistivitet. Områden med sulfidhaltiga sediment framträder då ofta som lågresistiva (figur 8). Dessa kartor ger dock endast en översiktlig bild av var sulfidjordarna förekommer. Dessutom krävs kunskap om ett områdes övriga geologi så att inga felaktiga tolkningar görs. På SGU har vi testat en rad margeofysiska metoder där markens elektriska resistivitet har mätts i områden med sulfidhaltiga sediment. Studien var inriktad på tre regioner, ett i Västerbotten, ett i Mälardalen och ett i Norrbotten. På samtliga lokaler har tidigare stratigrafiska undersökningar utförts vilka visar på förekomster av sulfidhaltiga sediment. Resultaten visar att utbredningen av sulfidhaltiga sediment sammanfaller med områden som har låg resistivitet (figur 9). Resultaten från resistivitetsmätningarna kan användas tillsammans med borrhdata för att avgränsa de sulfidhaltiga sedimentens mäktighet och geografiska utbredning. Orsaken till de sulfidhaltiga sedimentens låga resistivitet är inte känd, men kan orsakas av att dessa finkorniga sediment avsatts i brackvatten, vilket

gör att salthalten i porvattnet är hög. Jordar med hög lerhalt har visserligen ofta lägre resistivitet än mer grovkorniga jordar. De sulfidhaltiga lerorna har dock ännu lägre resistivitet än andra leror. Även i Finland finns undersökningar som bekräftar att de sulfidhaltiga sedimenten ofta har låg resistivitet (Suppala m.fl. 2005).

Sammanfattningsvis finns det på SGU data som kan användas för att identifiera områden där sulfidhaltiga sediment förekommer. För att i detalj avgränsa områden med sulfidhaltiga sediment och sura sulfatjordar krävs dock mer ingående undersökningar.

En uppdatering av jordartskartorna längs Norrlandskusten pågår och under 2010 påbörjades kartering i Västernorrlands län. Lokaler med sulfidjord och sura sulfatjordar läggs då in i SGUs databas. Tidigare har lokaler med sulfidjord från området kring Umeå i Västerbottens län lagts in i SGUs databas. I det området finns rikligt med information från den nyligen avslutade byggnationen av Botniabanan. Dessutom finns på SGU tidigare observationer av sulfidjordar, vilka idag främst finns i analog form t.ex. i kartbeskrivningar.

FRAMTIDA ARBETEN PÅ SGU

Under de närmaste åren kommer SGU att fortsätta att ta fram underlag som visar var sulfidhaltiga sediment och sura sulfatjordar förekommer. Detta kommer att ske dels genom att analysera befintliga data och dels genom att samla in nya data. I första hand kommer bättre underlag för Norrbotten och Västerbotten samt Västernorrlands län att tas fram. Nya data kommer att samlas in i fält samt från olika externa aktörer, exempelvis Trafikverket.

Finlands geologiska undersökning GTK håller för närvarande på att kartera områden med sulfidhaltiga sediment och sura sulfatjordar. På GTK används s.k. multielementanalys för att ringa in inom vilka områden sulfidjord förekommer. Detta görs genom att ta fram sannolikhetskartor med utgångspunkt i befintliga data, t.ex. jordartskartor och resistivitetskartor. Dessa sannolikhetskartor ligger sedan till grund för upplägget av fältarbetet. SGU kommer att studera den metodik som används i Finland för att sedan kunna använda samma metodik vid insamling av fältinformation i Sverige. Till att börja med kommer denna metodik att användas inom ett pågående karteringsprojekt i Västernorrland. Då det finns ett bättre underlag kommer en karta som visar områden med sulfidhaltig jord i området kring Bottenviken att tas fram tillsammans med GTK.

REFERENSER

Boman, A., Åström, M., Fröjdö, S. & Backlund K., 2010: Impact of isostatic land uplift and artificial drainage on oxidation of brackish-water sediments rich in metastable iron sulphide. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 74, 1268–1281.

Fromm, E., 1965: Beskrivning till jordartskartan över Norrbottens län nedanför lappmarksgränsen. *Sveriges geologiska undersökning Ca* 39, 236 s.

Fältmarsch, R., Åström, M. & Vuori K.-M., 2008: Environmental risks of metals mobilised from acid sulphate soils in Finland: a literature review. *Boreal Environment research* 13, 444–456.

Granlund, E., 1943: Beskrivning till jordartskarta över Västerbottens län nedanför odlingsgränsen. *Sveriges geologiska undersökning Ca 26*, 165 s.

Ivarsson, H., Persson, A., Andersson, T. & Bergqvist, A. 1996: *Sulfidjordar i norra och mellersta Sverige*. Umeå universitet, Institutionen för ekologi och miljövärd, 21 s.

Larsson, R., Westerberg, B., Albing, D., Knutsson, S. & Carlsson, E. 2007: Sulphide soil – geotechnical classification and undrained shear strength. *SGI Rapport 69*, 135 s.

Lax, K. & Sohlenius, G., 2006: Sura sulfatjordar och metallbelastning. *Sveriges geologiska undersökning, Rapport 2006:5*, 19 s.

Lax, K., 2005: Stream plant chemistry as indicator of acid sulphate soils in Sweden. *Agricultural and Food Science 14*, 83–87.

Pousette, K., 2007: Råd och rekommendationer för hantering av sulfidjordsmassor. *Luleå tekniska universitet. Institutionen för Samhällsbyggnad, avdelningen för Geoteknologi. Teknisk rapport 2007:13*, 38 s.

Sohlenius G. & Öborn I., 2004: Geochemistry and partitioning of trace elements in acid sulphate soils in Sweden and Finland before and after sulphide oxidation. *Geoderma 122*, 167–175.

Sohlenius, G., Persson, L., Lax, K., Andersson, L. & Daniels, J., 2004: Förekomsten av sulfidhaltiga postglaciala sediment. *Slutrapport FoU projekt. SGU-rapport 2004:9*.

Sohlenius G., Persson L. & Bastani M., 2007: Geofysiska metoder för att identifiera områden med sulfidhaltiga sediment. *SGU-rapport. 2007:31*.

Sundström, R., Åström, M. & Österholm P., 2002: Comparison of the metal content in acid sulphate soil runoff and industrial effluents in Finland. *Environmental Science & Technology 36*, 4269–4272.

Suppala, I., Lintinen, P. & Vanhala, H., 2005: Geophysical characterisation of sulphide rich fine-grained sediments in Seinäjoki area, western Finland. *Geological Survey of Finland, Special Paper 38*, 61–71.

Åström, M. & Björklund, A., 1995: Impact of acid sulfate soils on stream water geochemistry in western Finland. *Journal of Geochemical Exploration 55*, 163–170.

Öborn, I., 1994: Morphology, chemistry, mineralogy, and fertility of some acid sulfate soils in Sweden. *Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Soil Sciences, 18*, 46 s.

