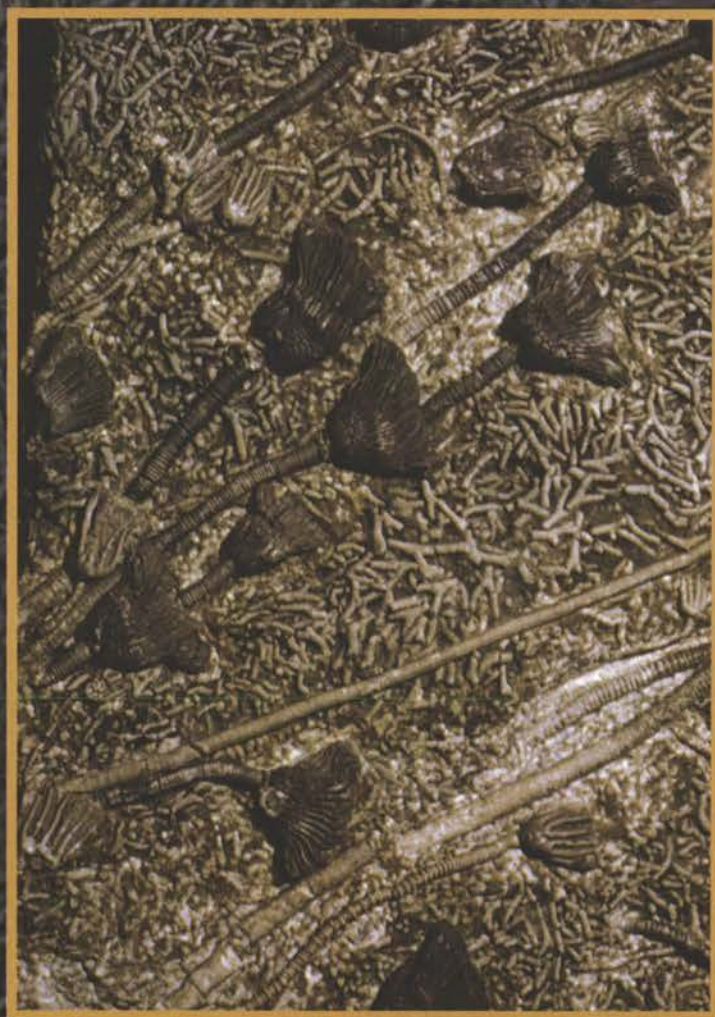


Geologiskt forum



PÅ JAKT EFTER DEN STORA SJÖORMEN	3
LIVET PÅ EN HAVSBOTTEN I ORDOVICIUM	6
MULDEKATASTROFEN	10
KRATERFORSKNING PÅ DJUPT VATTEN	13
NÄRPLATTAN - ETT SJÖLILJESAMHÄLLE	16
STADSGEOKEMI	21
SVENSKA MINERAL - BRANDTIT	29

Dramatisera naturvetenskaperna!

"Sluta sucka och gör något" var titeln på en debattartikel i DN i augusti. Det var Kerstin Fredga, styrelseordförande för Luleå tekniska universitet, och universitetets rektor Ingegerd Palmér som med anledning av det minskade intresset för teknisk utbildning i Sverige hårt kritiserar regeringen och ledningarna för landets högskolor. Regeringen uppmanas att avveckla alla dyrbara försök att påverka attityder och istället ta ett bredare ansvar för att utbildningsväsendet anpassas till kunskaps-samhället. Högskoleledningarna kritiseras för att dagens utbildningssystem befäster föråldrade strukturer och motverkar nytänkande, och uppmanas att sluta sucka över ungdomars ointresse för teknik och naturvetenskap. Deras slutsats blir att "Utbildningarna måste anpassas efter studenterna. Inte tvärtom." Hur det skall gå till har författarna inga konkreta förslag på, utan efterlyser mer kunskap om hur unga studenter ser på tekniska ämnen och utbildningar, och ökad kännedom om vilka förväntningar de har på sina framtida arbetsliv. Och det är väl detta sistnämnda som är pudelns kärna: arbete. För de allra flesta är det ett framtida och inkomstbringande yrke som är det intressanta; utbildningen är ju (bara) vägen dit! Yrket, sysslan, skall göras intressant, inte främst utbildningen i sig.

Just med siktet ställt på den naturvetenskapliga och tekniska yrkesrollen skrev historikern Lennart Lundmark en idéväckande artikel i *SvD* i början av sommaren med titeln "Mer drama kan lösa naturvetenskapens kris". Han tror att den okonventionella lösningen på problemet med ungdomars bristande naturvetenskapliga intresse kanhända står att finna i en större satsning på litteratur och drama. Exemplet är ett inlett samarbete mellan Royal Society och Royal Society of Literature i England för att närma naturvetenskap och dramatiskt berättande till varandra, och Michael Frayns succépjäs "Copenhagen" som handlar om mötet mellan Niels Bohr och Werner Heisenberg i Köpenhamn 1941 och kapplöpningen om att komma först med atombomben. Lundmark menar att om inte naturvetarna själva lyfter fram dramat i sin verksamhet måste andra göra det, och att det radikala greppet vore att stimulera författare, dramatiker och filmare att skaffa sig så pass mycket kunskaper att de kan välja naturvetenskapliga miljöer för sina verk. Så småningom, konstaterar Lundmark, skulle vi få ett antal romaner, pjäser och filmer som gör kultur av naturvetenskapen, och kultur är ju vad den studiebenägna ungdomen vill ha idag.

Det är ingen dum idé, men den är knappast ny. Den naturvetenskapliga miljön finns ju i tidigare författargenerationers verk, men i dagens utbud av TV-serier, videofilmer och dataspel saknas den, med några få undantag. Så förslaget är i högsta grad relevant. Absolut är det dags att använda de gamla greppen även i vår tid.

Björn Sundquist



"den svenska föreningen för vetenskaplig, tillämpad och populär geologi"

<http://www.sgu.se/gf>

Geologiskt forum publicerar populärvetenskapliga artiklar inom geologins alla områden. Den informerar om litteratur, händelser och personer med geologisk anknytning, och är ett forum för åsikter och debatt.

Geologiskt forum utges sedan 1994 av Geologiska Föreningen (GF; Sveriges riksförening för geologi), fr.o.m. 2001 i samarbete med följande föreningar:

Bergslagens Geologiska Sällskap (BGS)
Göteborgs Geologiska Förening (GGF)
Hallands Geologiklubb (HGK)
Upplands Geologiska Sällskap (UGS)
Västerbottens Amatörgeologer (VAG)

Tidskriften ingår i det ordinarie medlemskapet i Geologiska Föreningen (ang. medlemskap se sista sidan). Lösnummerpris är 40 kr.

Redaktionsråd:

Jan Bergström (GF), Holger Buentke (GF), Christer Carlberg (HGK), Ingemar Cato (GF), Rolf Frankenberg (UGS), Dan Holtstam (GF), Antti Hultström (VAG), Mikael Jansson (BGS), Erik Mofjell (GGF).

Redaktör och ansvarig utgivare:

Björn Sundquist

Redigering och layout:

Björn Sundquist

Redaktionens adress:

GF:s redaktion, % SGU, Box 670, 751 28 Uppsala
tel 018/179276, fax 018/516767, e-post gff@sgu.se

Gf på Internet <http://www.sgu.se/gf/geolf.htm>

För prenumerationsärenden, köp av tidigare nummer och adressändring kontakta:

Swedish Science Press, Box 118, 751 04 Uppsala
tel 018/365566, fax 018/365277, e-post info@ssp.nu
postgiro 489 78 50-6, bankgiro 914-4601

Prenumerationspriset för år 2001 (4 nr) är 140 kr.

ISSN 1104-4721

Gf sammanställs på en Macintoshdator med hjälp av bl.a. Microsoft Word®, Adobe PageMaker®, Adobe Photoshop® och Adobe Acrobat®. Den överförs på film och trycks av Centraltryckeriet AB i Borås i ca 1500 ex. och distribueras av Swedish Science Press.

Annonser mottages gärna. Kontakta redaktören för uppgifter om digitala format, storlekar och priser.

Omslagsbilden

Detalj av den gotländska s.k. Närplattan av silurisk ålder, nu i Naturhistoriska riksmuseets samlingar, berömd för sina välbevarade sjölimlor (*Desmidocrinus*, mörka, och *Carpocrinus*, ljusa). Läs mer om sjölimlor och andra tagghudingar på sid. 16–19. Foto Uno Samuelsson.

På jakt efter den stora sjöormen

AV JOHAN LINDGREN

Trots att det är föga känt går det att finna fossil av mosasaurier, dinosaurier och andra kretaceiska reptiler i Sverige. Platsen för dessa unika fynd är Åsen i nordöstra Skåne. Hittills har lokalen endast kunnat undersökas i ringa omfattning. En större utgrävning under sommaren detta år kommer förhoppningsvis att bidra till att öka kunskapen om de djur som dominerade den svenska faunan under sen krita.

Under slutet av kritperioden (som avlöstes av tertiärperioden för omkring 65 miljoner år sedan) täcktes stora delar av södra Sverige av ett varmt tempererat grundhav, omgärdat av en klippig urbergskust. Sediment som avsattes i detta hav går idag att finna på ett flertal platser i Skåne och angränsande delar av Halland och Blekinge. Det största sammanhängande stråket utgör den s.k. Kristianstadbassängen i nordöstra Skåne. Området avgränsas i sydväst av Nävlingeåsen och Linderödsåsen, och sträcker sig upp mot det småländska höglandet i norr. En mindre del omfattar berggrunden på halvön Listerlandet i sydvästra Blekinge.

Under campan (den näst sista etagen under kritperioden) utgjorde de nordöstra delarna av Kristianstadsområdet ett skärgårdslandskap med små öar och flikigt sönderskurna kuster. Troligtvis stack även topparna på Linderödsåsen och Nävlingeåsen upp över havsytan. Ginkgoträd, barrträd och ormbunksväxter dominerade vegetationen på land, även om blomväxter successivt höll på att bli ett allt mer betydande inslag i florran. De mest iögonfallande landlevande djuren torde varit dinosaurier, medan flygödlor antagligen var de vanligaste större flygande varelserna.

De mest talrika fossilen härstammar emellertid från marina organismer. Under havsytan var urbergsblock och hällar övervuxna av musslor, ostron och armfotingar. Tagghudingar, kräftdjur och belemniter (en utdöd form av bläckfisk) hörde till de vanligaste rörliga djuren. De sistnämnda genomgick en snabb evolution under sen krita,

vilket gjort dem särskilt användbara vid datering av marina sediment från denna tid. Bland ryggradsdjuren märks framför allt ben- och broskfiskar (hajar, rockor och deras kusiner havsmusfiskar), vars tänder går att finna i tusental. Av fynden att döma var sköldpaddor de vanligaste havslevande reptilerna. Något ovanligare är fossil av de stora svanhalsödlor och mosasaurier som jagade fisk och bläckfisk längs innanhavets stränder.

Åsen

På en halvö i den norra delen av Ivösjön, strax söder om byn Näsum, ligger lokalen Åsen. Tidigare bröts här kaolinleror av sen kritaålder (i vilka exceptionellt välbevarade fossila blommor påträffats, se Nationalencyklopedin, band 6, s. 550), men numera är verksamheten nedlagd. Lerorna ingår i en omfattande flodplansavlagring som gett en unik inblick i ett krittida kustlandskap. I den västra delen av dagbrottet går en knappt fyra meter mäktig sekvens marin sand i dagen (Figur 1). Dateringar gjorda med hjälp av belemniter har visat att sanden avsattes i en grund och kustnära miljö för omkring 80 miljoner år sedan. Sannolikt härstammar sanden från de underliggande flodplanssedimenten, vilka svallades när havsytan steg under sen krita.

Sanden är mycket fossilrik och till de vanligaste fynden hör bl.a. belemnitrostra och ostronskal. Cylindriskt formade avtryck på många ostronskal tyder på att dessa mollusker var fästa vid läderkoraller eller något annat underlag som inte bevarats.



Figur 1. Artikelförfattaren (till höger) med kolleger betraktar den framgrävda 80 miljoner år gamla marina sanden vid Åsen. Foto Jan Rees.

Åsen utgjorde även en idealisk livsmiljö för marina ryggradsdjur. Om detta vittnar inte enbart en stor mängd haj- och benfiskfossil, utan även ett rikt material av sköldpaddor, svanhalsödlor och mosasaurier (Figur 2). Till de mer sällsynta fynden hör bl.a. ben och tänder av flygödlor, dinosaurier och tidiga fåglar.

Den höga fossilkoncentrationen och artrikedomen vid Åsen har under de senaste åren föranlett en rad undersökningar, vilka generöst finansierats av Kungl. Fysiografiska Sällskapet i Lund, Stiftelsen Längmanska kulturfonden, Lunds Geologiska Fältklubb och professor Jan Bergström. Dock har den största och mest omfattande utgrävningen ännu ej påbörjats då detta skrivs (juni 2001). Enligt planerna kommer denna utgrävning, finansierad av Crafoordska stiftelsen

och Kungl. Fysiografiska Sällskapet i Lund, att genomföras under juli och augusti månad innevarande år. Syftet med projektet är att försöka göra en så noggrann undersökning som möjligt av sedimenten (både den marina sanden och de underliggande flodplanssedimenten) och deras fossilinnehåll. Expertis från såväl Sveriges geologiska undersökning, Lunds och Köpenhamns universitet samt Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm har anlitats för ändamålet. För mitt eget vidkommande är den viktigaste delen av projektet insamling av mosasauriefossil.

Mosasaurier

Eftersom mosasaurierna antagligen såg ut som ett mellanting av en krokodil och en orm, fast med fenor istället för fötter, torde dessa reptiler utse-

Figur 2. Några av de mest intressanta fynden från Åsen. Till vänster en tand från den upp till 15 m långa mosasaurien *Tylosaurus ivoensis*, och till höger en tand från en pliosaurie (en korthalsad svanhalsödla). Strecket är 1 cm. Foto Jan Rees.



endemässigt varit de djur som närmast motsvarar mytens sjöorm. De var alla stora eller mycket stora djur, med en kroppslängd hos fullvuxna individer på mellan 3 och 17 meter beroende på art. Mosasaurierna var alla aktiva rovdjur som jagade med hjälp av god syn och god undervattenshörsel. De tog sig fram genom slingrande rörelser som alstrades av den bakre delen av kroppen och den i reptilsammanhang relativt korta men höga svansen, medan fenorna främst användes för styrning och balans.

Tandbeväpningen bestod i de flesta fall av stora, koniska tänder som satt relativt glest i käkarna. Maginnehåll som fossiliserats har visat att födan omfattade allt från mindre fisk till havsreptiler. Ett fåtal arter var utrustade med klotformiga tänder, vilket troligtvis var en anpassning till en diet bestående av hårdskaliga mollusker och tagghudingar.

Mosasaurier är kända endast från den senare delen av kritperioden, då de under ett geologiskt sett kort tidsavsnitt om ca 25 miljoner år dominerade positionen som topp-predator i alla tropiska, subtropiska och tempererade grundhav världen över. I likhet med flera andra djurgrupper (av vilka den mest kända gruppen är dinosaurierna) försvann mosasaurierna för ca 65 miljoner år sedan vid övergången mellan perioderna krita och tertiär.

I Sverige har fossil av mosasaurier påträffats i tre geologiska områden, nämligen Kristianstadbassängen, Båstadbassängen och Vombträget. Medan materialet från Båstad inskränker sig till en handfull tänder från två mosasauriesläkten (*Prognathodon* och *Plioplatecarpus*), fann man i början av 1800-talet stora delar av en skalle (vilken troligtvis tillhört en individ av släktet *Plioplatecarpus*) vid Köpinge Mölla strax nordost om Ystad.

De i antal överlägset flesta lämningarna kommer dock från Kristianstadbassängen. Hittills har fyra släkten (*Tylosaurus*, *Clidastes*, *Platecarpus* och *Liodon*) identifierats från omkring 80 miljoner år gamla sediment i området.

Förhoppningen är att sommarens utgrävning kommer att bidra med kompletterande material från sådana mosasaurier och således öka kunskapen om dessa fascinerande djurs liv och leverne i svenska farvatten under sen krittid.

Litteratur

- Lindgren, J., 1999: Mosasaurierna - krithavens jätteödlor. *Geologiskt forum* 21, 3-7.
Siverson, M., 1998: Krithavens makrillhajar. *Geologiskt forum* 17, 6-9.

Johan Lindgren är doktorand vid Geologiska institutionen, Lunds universitet;
johan.lindgren@geol.lu.se

Livet på en havsbotten i ordovicium

AV JAN BERGSTRÖM

Hur livet tedde sig på forna tiders havsbottnar kan vi få en antydan om genom de fossil som finns bevarade i bergarterna. Fossilens läge och förekomst kan avslöja dramatiska händelser, som stormar och skred, men även djurens levnadssätt och matvanor. Den omkring 480 miljoner år gamla ortoceratitkalkstenen t.ex. har mycket att berätta om dåtidens liv och sedimentation.

En av de få bergarter som är kända av en bred allmänhet i Sverige är ölandsstenen, den ordoviciska (ca 470–490 miljoner år gamla) kalksten som känns igen på att den innehåller koniska kamrade skal av bläckfiskar, ortoceratiter. Geovetare har därför använt beteckningen ortoceratitkalksten. Färgen kan vara brunaktig eller grå. Trots namnet kan ölandsstenen komma också från andra landskap än Öland, t.ex. Västergötland och Jämtland. Den har varit en viktig byggnadssten ända sedan medeltiden.

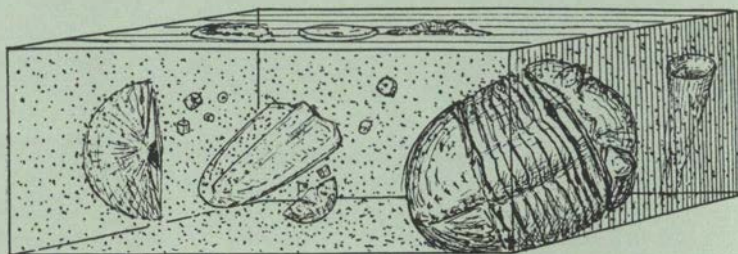
Utom ortoceratiter innehåller den trilobiter, brachiopoder (armfotingar), tagghudingar, ostrakoder (musselkräftor), snäckor och flera viktiga grupper av mikrofossil, t.ex. konodonte (tänder av tidiga fiskliknande djur).

Utforskningen har koncentrerats till beskrivningar av bergarterna och till fossilerna och deras utbredning, och vi vet egentligen inte mycket om hur djuren levde på havsbotten. Kanske har man ibland föreställt sig en enförmig botten med samma utseende och samma liv över väldiga ytor. Efter alla beskrivningar börjar vi få lite möjlighet att se variationer.

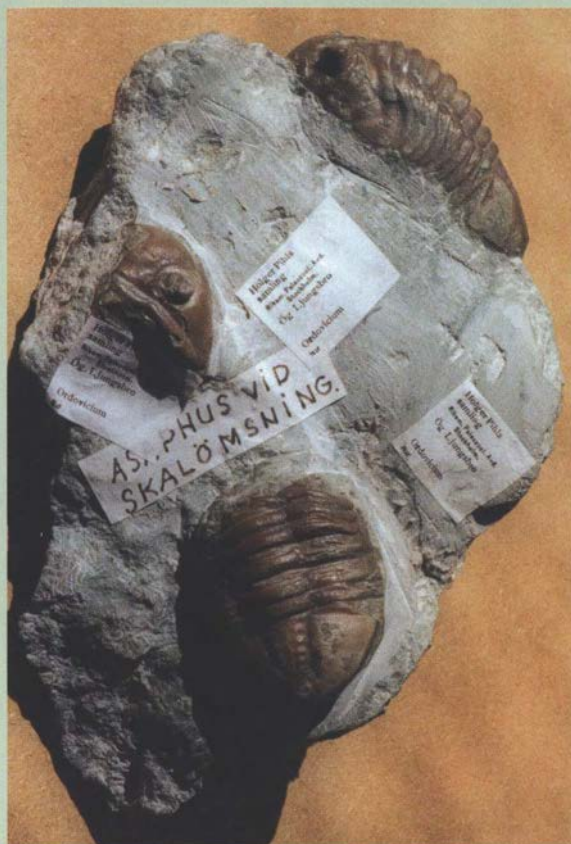
Kalkstenens bildning

Ortoceratitkalkstenen består i stor utsträckning av fragment av skal och skeletten av de djur som levde på botten. Ofta är fragmenten nedmalda till stoft och inte möjliga att känna igen som rester av någon speciell djurgrupp. En sak som slår utforskaren är att tagghudingar lämnat ett stort bidrag till kalkstenen trots att det i allmänhet är mycket sällan man finner hela tagghudingar. Undantag finns: ett par nivåer är fyllda av klotformiga cystoideer, en utdöd grupp fastsittande tagghudingar.

Ett annat slående drag är att särskilt den undre delen av kalkstenen är genomsett av horisontella gränssytor, som syns som något oregelbundna linjer i tvärsnitt. Dessa ytor ligger någon till ett tiotal centimeter från varandra. Ibland är dessa ytor täckta av ett tunt lerskikt, ibland framstår de bara som en skarp färgkontrast. Uppsälageologen Birger Bohlin gjorde en viktig iakttagelse vad rör tolkningen av dessa så kallade diskontinuitetsytor. Han beskrev redan 1949 hur fossilerna i ett skikt mellan två ytor kan stå på högkant, och hur trilobiter kan vara alldeles hela i ett sådant skikt. Det visar att avsättningen skedde mycket plötsligt.



Birger Bohlins teckning av hur fossil kan vara orienterade inuti ett kalkstensskikt (från Bohlin 1949, sid. 559, fig. 7).



Raskt hopsvämmande exemplar av trilobiter av släktet *Asaphus*. Exemplet upptill ligger på högkant som i Bohlins teckning.

Trilobiterna säger särskilt mycket om hastigheten. Att de har kinderna kvar visar att de inte var ömsade "skal" utan hela individer, som kanske bäddats in levande. På samma sätt måste tagghudingar som bevarats hela ha bäddats in levande eller i varje fall senast timmar efter det att de dött.

Den genomsnittliga avsättningshastigheten för de ordoviciska lagren var omkring en meter per miljon år, dvs. 1 mm per 1.000 år. Vad som sagts just ovan är att skikt på kanske 5 cm kunde avsättas på mycket mindre än ett dygn – fastän det med den nämnda avsättningshastigheten borde ha tagit omkring 50.000 år. I sanning en paradox. Paradoxens lösning ligger i diskontinuitetsytorna. Sedimentationen kunde ske nästan på några ögonblick. Därefter hårdnade det nya skiktet till en kalksten, som under tiotusentals år anfrättes på ytan ända tills det var dags för nästa avsättning.



Cystoidéer, en grupp tagghudingar, kan i vissa nivåer fylla ut bergarten och ha bäddats in så snabbt att de inte hunnit falla sönder.

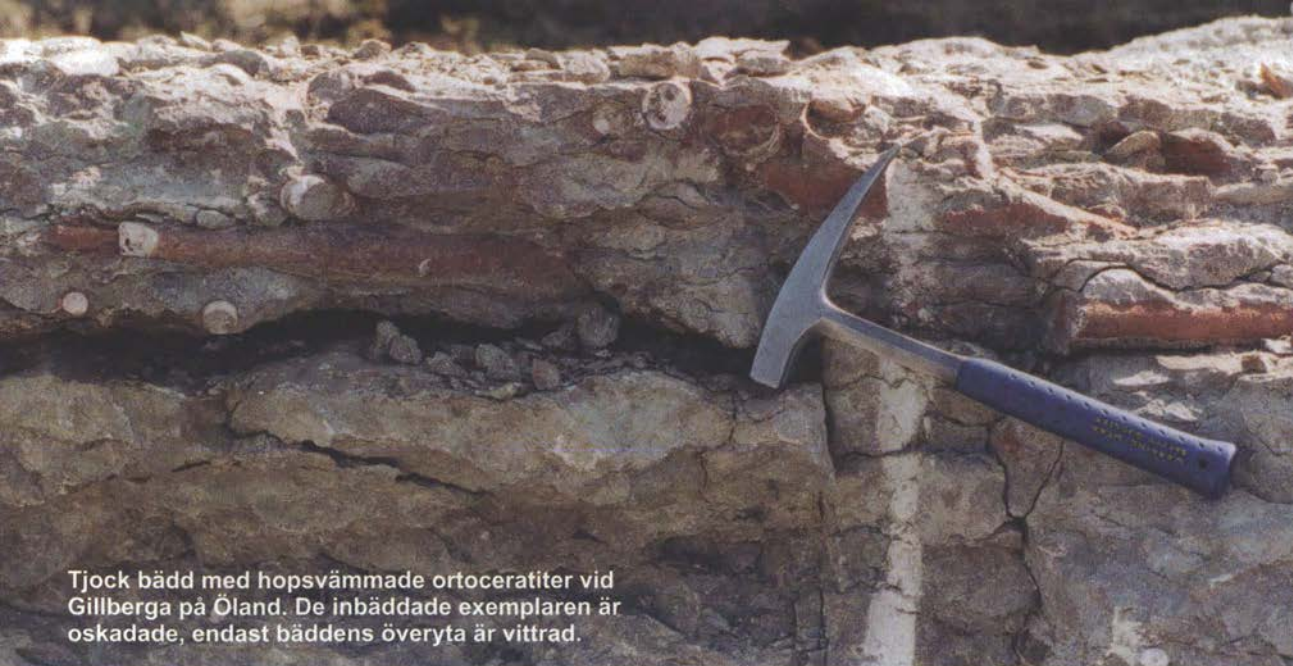
Anfrätningen syns genom färgförändring, mineralisering av ytan, och genom att skaldelar som stuckit upp "klippts" av. Kalkstenen ger oss alltså ögonblicksbilder från en ordovicisk havsbotten.

Hårdbottnar och mjukbottnar

Därmed kan vi förstå att de enskilda skikt som har många trilobiter eller är fyllda med cystoidéer eller ortoceratiter visar på dominans av just dessa djurgrupper i vissa områden vid vissa tidpunkter. Sedimentationssättet tyder också på en annan variabel. Att skikt av kalksediment kunde avsättas inom timmar betyder att det inte bara fanns hårdbottnar med kalksten, utan även mjukbottnar med skalgrus och skalstoff. Vem levde var? Vi har listor på fossila organismer funna i kalkstenen, men hur vet vi om de levde på hård eller mjuk botten?

Cystoidéerna satt fast med en mycket kort stjälk. I det fallet krävdes alltså ett hårt underlag. De kan ha suttit direkt på hårdbottnar. Vad jag vet har man dock inte funnit fastsittande rester direkt på någon diskontinuitetsyta. Däremot händer det att man finner fästskivor av tagghudingar på ortoceratiter. Det hjälper oss inte mycket i tolkningen, eftersom vi inte vet vilken typ av tagghuding det rör sig om, och inte heller vet vi om de satt på levande eller döda ortoceratiter, eller om ortoceratiterna levde vid botten eller uppe i öppet vatten.

Det är lockande att tolka de mera släta trilobiterna, som släktet *Asaphus*, som grävande i löst sedi-



Tjock bädd med hopsvämmande ortoceratiter vid Gillberga på Öland. De inbäddade exemplaren är oskadade, endast bäddens överyta är vittrad.

ment. Kanske var det så – men hur kan vi då förklara att *Asaphus* är ett av de vanligaste släktena i snabbt avsatta skikt, där de tycks ha fångats och begravts levande i sedimentet? I stället för att gräva sig ut, vilket borde varit enkelt för ett grävande djur, så har de rullat ihop sig till försvar mot oron i omgivningen. Kanske hör de vanliga arterna i stället till hårdbottnarna, eller till överytan på mjukbottnarna. De större arterna, t.ex. av släktet *Megistaspis*, bör ha varit för stora för att gräva ner sig.

Konodontdjuren simmade runt och kan därför ha varit oberoende av vilken typ av botten de hade under sig. Ändå kan det ha funnits ett indirekt beroende, eftersom de byten de levte av kan ha levt i den ena eller andra miljön.

Tolkningen stöter alltså på problem som i förstone verkar vara omöjliga att lösa. Kanske ligger den lättaste lösningen i att man studerar bottnar med bara en miljö och ser efter vilka djur som levde där. Det är bara i ett fall där man nu kan vara alldeles säker. Det gäller de djur som lämnat borrhår efter sig direkt i kalkstenen.

Hur djupt var havet?

Djupet i ortoceratithavet har diskuterats länge. Man kan konstatera att trilobiterna t.ex. på Öland och i Västergötland har normalstora ögon, vilket visar att tillgången på ljus var rätt god. Djuren befann sig på kontinentalhyllan, shelfen. Professor Maurits Lindström vid Stockholms universitet har beräknat havsdjupet till mellan något tiotal meter

och kanske hundra meter grundat på hur havet och havsbotten reagerade på meteoritnedslag. I riktning mot Estland blev havet grundare tills man nådde land. Mot väster och söder, t.ex. i Jämtland, Oslo-området och Skåne, blev det djupare, och man fick mera avsättning av lera, mindre av kalksediment. Effekterna av ett meteoritnedslag vid Brunflo i Jämtland antyder ett djup mellan 100 och 200 m (se Lindströms artikel, s. 13–15). Exakta mått är inte så intressanta, eftersom havsytan höjdes och sänktes om vartannat. Arne Thorshøj Nielsen vid Geologisk Museum i Köpenhamn har kartlagt rörelserna i ortoceratithavet och funnit att de sannolikt var ändringar av vattenståndet som märktes över hela jorden. De skulle alltså inte ha orsakats av lokala rörelser i jordskorpan, även om man säkert hade också sådana.

Ett exempel på andra miljöer

Mot slutet av ordovicium bildades i Dalarna stora linser eller "rev" av kalksten. Den yngsta bildningen, Bodakalkstenen, är ca 440–450 miljoner år gammal och har de största linserna – kanske upp till 100 m tjocka och 500 m i diameter – och den rikaste faunan. Miljön har studerats av den japanske paleontologen Yutaro Suzuki. Kalken har förmodligen fångats upp av bakterier. Linserna är alltså inga rev, eftersom rev har ett skelett av koraller, svampdjur eller musslor. De innehåller rikligt med brachiopoder, sjöiljor, trilobiter och andra fossil. Sjöiljorna och brachiopoderna finner man mest i linsernas kanter, där de förmodligen



Massförekomst av dvärgtrilobiten *Cyamops stensioei* som levde i trånga skrevor i Dalarnas Bodakalksten.

svämmats ner från högre lägen. Trilobiterna finns inuti linserna. Där har de en mycket säregen utbredning. Ingen enda av de omkring 85 arterna är känd från de samtida mjukbottnarna i Dalarna eller Västergötland. De flesta av dem uppträder mycket sparsamt och isolerat genom linserna av Bodakalksten. De har förmodligen levt strödda över överytan. Nio andra relativt storvuxna arter, varav åtta illaenider, förekommer främst i stora "fickor", grottliknande hålrum som stått öppna en tid. Det märkliga är att varje enskild "ficka" totalt domineras av bara en enda art av de nio. Ibland kan det också finnas exemplar av andra arter eller t.ex. ortoceratiter. Man finner knappt några hela trilobiter, så resterna tycks ha fallit in ovanifrån. Vid skalömsningen föll många delar ner i den mest närbelägna "fickan", men inte i nästa ficka som kanske bara låg 20 meter bort. Dominansen av enstaka arter i bara enstaka "fickor" tyder på att



"Ficka" fylld med trilobiter (*Eobronteus* och *Illiaenus*) från Dalarna.

djuren levde ett stillsamt liv tätt ihop i små isolerade klungor.

En annan typ av "ficka" består av smala springor mellan lagerskikt. När de stod öppna kröp mycket små arter av trilobiter in i dem. Vissa arter tycks ha levt och dött därinne, medan andra bara sökte tillfälligt skydd för att ordna sin skalömsning. De är så speciellt anpassade för sin miljö att det ibland är svårt att bestämma var arterna hör hemma i systematiken. Här har vi något nytt att lära: hur skilja karaktärsdrag som orsakats av anpassning från dem som kan användas för att bedöma släktskap? Det finns säkert inget lätt svar.

Litteratur

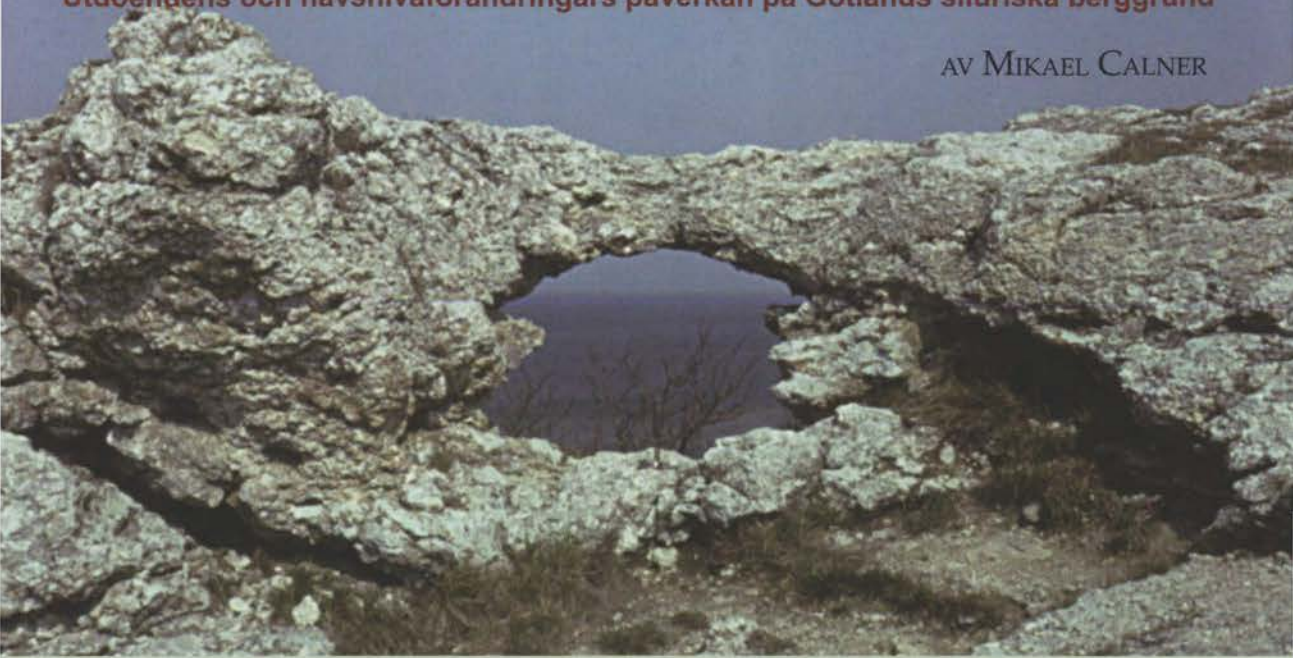
- Bohlin, B., 1949: The Asaphus limestone in northernmost Öland. *Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala* 33, 529–570.
- Lundegårdh, D., Lundegårdh, P.H. & Johansson, R., 1994: *Öländsk natur*. 144 s. AB Bergsrådet Lundegårdh, Risinge.
- Nielsen, A.T., 1995: Trilobite systematics, biostratigraphy and palaeoecology of the Lower Ordovician Komstad Limestone and Huk Formations, southern Scandinavia. *Fossils and Strata* 38, 1–374.
- Suzuki, Y. & Bergström, J., 1999: Trilobite taphonomy and ecology in Upper Ordovician buildups in Dalarna, Sweden. *Lethaia* 32, 159–172.

Jan Bergström är professor i paleozoologi vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm;
jan.bergstrom@nrm.se

Muldekatastrofen

Utdöendens och havsnivåförändringars påverkan på Gotlands siluriska berggrund

AV MIKAEL CALNER



Figur 1. En karbonatplattform är ett marint ekosystem inom vilket en mångfald karbonatproducerande djurgrupper konkurrerar om ljus och näring. Bahamas är ett sådant ekosystem och Gotland är dess fossila motsvarighet. Bilden visar revkalksten från Höglintlagren på nordvästra Gotland. Foto från Geologiska institutionens i Lund bildarkiv.

Karbonatplattformar är storskaliga ekosystem med en tydlig livscykel; de föds, utvecklas och dör. Även om relativa havsnivåförändringar är av monumental betydelse för denna livscykel påverkas den även drastiskt under tidsperioder med globala faunautdöenden.

Under mitten av silurperioden, för ungefär 425 miljoner år sedan, hände något i världens oceaner, en miljökatastrof som under en kort tid medförde att många djurgrupper dog ut. Den som drabbades värst var graptoliterna, en numera helt utdöd grupp av pelagiska kolonilevande djur, på sin tid typisk för djupare shelfmiljöer och i viss mån för oceana miljöer.

Fram till 1990-talet trodde man att graptoliterna var den enda djurgrupp som påverkades under denna numera benämnda Muldekatastrofen. De senaste årens forskning har dock visat att även andra djurgrupper minskade i antal eller dog ut. Så var t.ex. fallet för vissa släkten av konodonter och kitinozoer. Ur vetenskaplig synpunkt är denna nya kunskap viktig eftersom den visar att miljöomvälvningarna för 425 miljoner år sedan påverkade djurgrupper från olika levnadsmiljöer och med vitt skilda livsstrategier, dessutom på ett fler-

tal kontinenter. Orsaken eller orsakerna till utdöendet måste alltså ha sitt ursprung i en global process. En stor mängd nya data indikerar att en nedisning (Gannarveglaciationen) och en serie relaterade bieffekter orsakade Muldekatastrofen.

Gotland under Muldekatastrofen

Det var inte endast enstaka djurgrupper som slogs ut av Muldekatastrofen, utan även hela ekosystem. Särskilt stora omvälvningar har uppmärksamats i det fossila ekosystem som Gotlands siluriska berggrund återspeglar – en karbonatplattform (Figur 1). Gotlands berggrund från tiden för Muldekatastrofen består av en mängd tropiska kalkstentyper, t.ex. revkalksten, algkalksten, krinoidekalksten och oolit. Även erosionsrester såsom ler-, silt- och sandsten förekommer. Genom att studera sammansättningen av bergarterna i tid och rum och tolka i vilken miljö de bildats kan

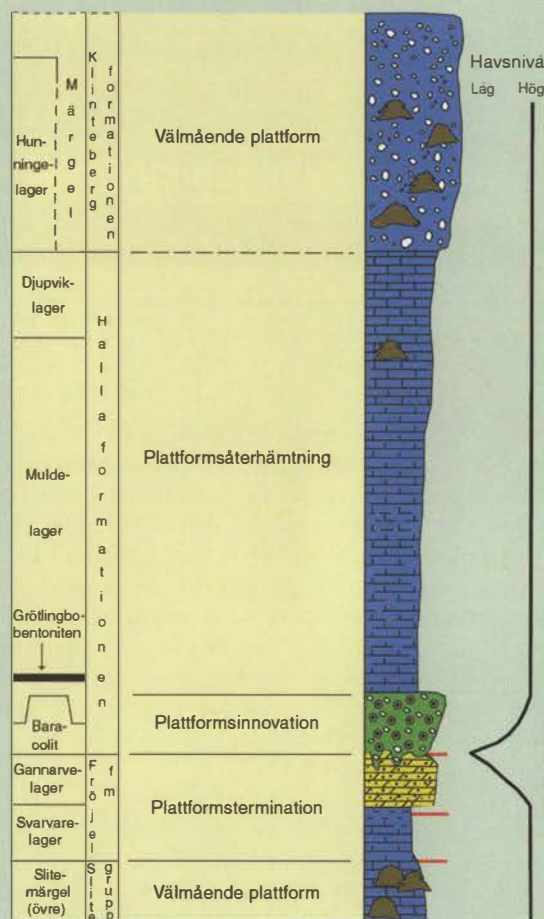
man presentera en utvecklingshistoria för plattformen. Eftersom utvecklingshistorien i stor utsträckning beror på biologiska processer beskriver den plattformens skiftande "hälsotillstånd" under Muldekatastrofen. Plattformens livscykel kan därför jämföras med den samtida utvecklingen för de djurgrupper som levde i angränsande hav, t.ex. graptoliter, konodonter och kitinozoer. Resultatet visar en god korrelation; att även hela ekosystem följer ett mönster med en snabb utdöendefas, en innovationsfas och en långsam återhämtningsfas.

Strax innan Muldekatastrofen uppvisar plattformen en rik bottenfauna och omfattande revbildningar (övre Slitegruppen; Figur 2). Ljusa sediment med talrika fossil och grävspår påvisar att havsbotten var väl syresatt vid denna tidpunkt, även på större djup långt från kusten. Produktionen av karbonat var så hög att den överskred den mängd angränsande kustavsnitt kunde ackumulera. Det fick till följd att plattformen växte till sig ut mot havet så att revformationer kom att överlagra leriga, djupare avsatta sediment. Detta är ett friskhetstecken; plattformen och dess karbonatproducerande invånare mår bra.

Det är nu något händer i världens oceaner, något som leder till ett konodontutdöende. I det hav där Gotland bildades sammanfaller utdöendet med en övergång från väl syresatta havsbottnar till syrefattiga. Övergången kan studeras i Klintehamnsområdet där Slitemärgeln med skarp gräns överlagras av de nästan svarta Svarvarelagren. Revbyggande organismer såsom koraller och stromatoporoider saknas i Svarvarelagren och karbonatproduktionen har minskat avsevärt. Från denna gräns och uppåt påvisar stabila isotoper ($\delta^{13}\text{C}$) en successivt ökad mängd kol i sedimenten. Detta märks inte bara på Gotland utan även i Baltikum, Polen, Tyskland, England och arktiska Kanada. Ytterligare ett konodontutdöende äger rum under den tidsperiod Svavarelagren avsätts. Ett flertal analyser, bl.a. av stabila syreisotoper, indikerar att havsnivån förblev i stort sett oförändrad. Det betyder att havsnivåförändringar inte bör ha orsakat de två utdöendena eller den minskade kalkproduktionen. Plattformen befinner sig nu i en terminationsfas; den håller på att dö (Figur 2). En övergång till ett fuktigare klimat med ökad kontinental avrinning tros ha orsakat utdöendena.

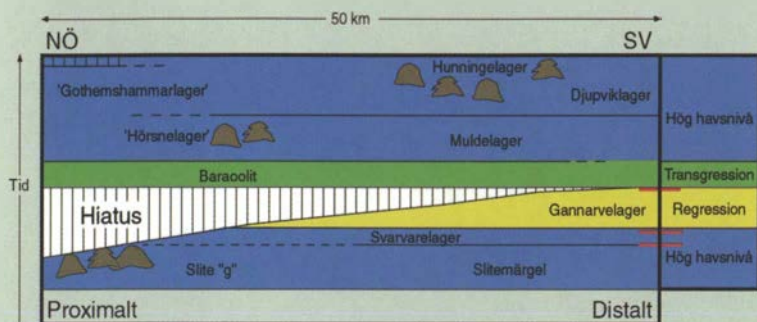
Karbonatplattformens död och pånyttfödelse

Först ett par tusen år senare börjar den globala havsnivån att sjunka. Under denna s.k. regression



Figur 2. Schematisk geologi i Klintehamnsområdet visande plattformens hälsoutveckling under Muldekatastrofen (med revförekomster utmärkta). Notera komplex miljöutveckling under och strax efter utdöendefaserna (röda streck) samt miljöutvecklingens relation till havsnivåkurvan.

transporterades erosionsmaterial successivt ut över plattformen. Det kom att täcka ett stort område, från dagens Gotland till Baltikum. Merparten av materialet hann nätt och jämt förhårdnas till sten innan det på nytt eroderades bort eftersom havsnivåfallet skedde i två etapper och blev ovanligt stort. Kvar blev endast en mindre rest som idag kan studeras i Klintehamnsområdet på västra Gotland (Gannarvelagren). När havsnivån stod som lägst utsattes plattformen för erosiva krafter (karstvittring). Det resulterade i en erosionsyta som sträcker sig över nästan hela Got-



Figur 3. Berggrundens uppbbyggnad under tiden för Muldekatastrofen på Gotland. De tidsmässiga nivåerna för katastrofens tre utdöendefaser är markerade med röda streck. Om Muldekatastrofen hade studerats endast på östra Gotland hade kunskapen om detta utdöende varit avsevärt mindre och förmodligen tolkats som ett momentant utdöende som sammanfaller med erosionsytan. Notera dock att utdöendefaserna sker oberoende av havsnivåns läge.

lands bredd och österut mot Baltikum (Figur 3). Den biologiska kalkproduktionen har nu helt upphört och plattformen kan anses död. Vid denna tidpunkt sker den tredje och största utdöendefasen under Muldekatastrofen, med globalt utdöende av de graptoloida graptoliterna som följd. Eftersom graptoliterna dog ut även i avlägsna områden, där havsnivåfallet av olika anledningar inte var lika markant, är det inte troligt att deras nedgång orsakades av havsnivåfallet i sig; snarare var skälet relaterade förändringar i ocean cirkulation och näringstillgång.

När havet på nytt stiger över plattformen är den biologiska kalkproduktionen starkt begränsad. Vi vet från förhistorisk tid att t.ex. koraller och stromatoporoider, omgående eller efter ett fåtal tusen år, nyetablerar sig och bildar rev då havet stiger. Efter Muldekatastrofen tog det kanske hundra gånger så lång tid trots att rev var regionalt mycket vanliga före Muldekatastrofen. Medan havsnivåhöjningen pågick dominerades plattformen istället av icke-biologisk kalkbildning, nämligen av små kulformade korn, s.k. ooliter. Ur mäktighetssynpunkt utgör ooliter mindre än två procent av den gotländska berggrunden. När de väl bildas dominerar de över stora områden. Den oolit som bildades direkt efter Muldekatastrofens tre utdöendefaser (Baraooliten) sammanfaller i tid med globalt spridda "katastroffauor" bland konodonte och graptoliter. Ooliten kan därför ses som berggrundens motsvarighet till dessa faunor, dvs. som ett "katastrofsediment". Utdöenden behöver därmed inte endast avse enstaka djurgrupper utan även hela ekosystem. Baraooliten kan förmodligen betraktas både som ett sjukdomstecken och som en innovationsfas i detta siluriska ekosystem (Figur 2).

Den fördröjda återkomsten av rev börjar som

mindre ackumulationer i Hörsnelagren (Figur 3). Den biologiska kalkproduktionen börjar återhämta sig något. Först vid tiden för avsättningen av Hunningelagren är revbyggare vanliga och kalkproduktionen så hög att plattformen kan börja växa till sig igen. Noterbart är att plattformens återhämtningsfas sammanfaller mycket väl med återhämtningen hos t.ex. graptoliter och konodontdjur i dåtidens hav.

Globala miljöförändringar

Det är få platser på Gotland som uppvisar en sådan komplex berggrundsuppbbyggnad som den som avlagrades under Muldekatastrofen. Ett flertal andra siluriska utdöenden kan också knytas till snabba miljöförändringar och karstfenomen på Gotland. Mycket pekar därför mot att Gotlands berggrund i många avseenden återspeglar globala miljöomvälvningar och en "punkterad" evolution som präglas av längre lugna perioder avbrutna av kortlivade men omfattande förändringar.

Litteraturtips

- Calner, M., 2000: Stratigraphy and facies of Middle Silurian epicontinental carbonate platform deposits of Gotland, Sweden. *Lund Publications in Geology* 150, 1–18.
- Calner, M. (under tryckning): A lowstand epikarstic intertidal flat from the middle Silurian of Gotland. *Sedimentary Geology*.
- Calner, M., Sandström, O. & Mörtus, A.-M., 2000: Significance of a halysitid-heliolitid mud-facies autobiostrome from the middle Silurian of Gotland, Sweden. *Palaio* 15, 511–523.

Fil. dr Mikael Calner är f.n. post-doc stipendiat (STINT, Stockholm) vid Illinois State Geological Survey och University of Illinois, USA; mikael.calner@geol.lu.se

Kraterforskning på djupt vatten

AV MAURITS LINDSTRÖM

Forskningen om forntida meteoritnedslag på Jordens yta är en tämligen ny vetenskap. Rester av de kraterbildningar som uppkom har intensivt studerats under det senaste decenniet. Studierna har givit ny kunskap och överraskande resultat.

När en stor meteorit träffar en planet eller måne, sker det i hastigheter över 10 km/sekund. Den energi som tillförs nedslagspunkten motsvaras även i de vanligaste fallen av en stor explosion, t.ex. en kärnladdning. Detta kan hända någon gång per århundrade på Jorden. Eftersom de allra största delarna av Jorden har varit nästan folktomma under äldre århundraden, har dessa nedslag inte vållat några kända dödsfall och inte heller någon uppståndelse. Dessa kratrar blir några tiotal till något hundratals meter vida.

Meteoriter om några hundra meter bildar åtskilliga kilometer vida kratrar, där de slår ned, vilket lyckligtvis är sällsynt. Det är osäkert, om så stora nedslag någonsin har uppfattats av varelser av vår art, trots att de har inträffat hundratals gånger under den senaste halva årmiljarden. De ödelagda områdena kring kratern blir då enorma.

De flesta meteoritnedslag på Jorden sker till havs, eftersom havsytan är större än landytan. I vattnet bildas det kratrar liksom på land, men oftast lämnar vattenkratrarna inga spår. De små kratrarna på land utplånas snart av erosionen. Även medelstora och riktigt stora kratrar förstörs eller blir otydliga genom olika geologiska processer. Därför var meteoritkratrar länge nästan okända inom geologin. Det var först i och med 1960-talets forskning på månen, som ju har massvis med välbevarade kratrar, som kratervetenskapen blev en gren under snabb utveckling inom geologin och allt fler kratrar blev upptäckta.

Gamla kratrar ger ny information

Gamla meteoritkratrar ger spännande, i många fall också avgörande inblickar i de miljöer, där de bildades. Det rör sig alltså inte bara om den ofattbara förstörelsen utan om viktig information om vår planets utveckling, möjligheter och resurser.

Liksom explosionskratrar är meteoritkratrar i regel cirkelrunda. Det är bara om nedslagsbanan bildar liten vinkel med målytan som kratern blir

elliptisk; i vissa extremfall kan meteoriten fortsätta ut i rymden igen efter att ha tangerat jordytan.

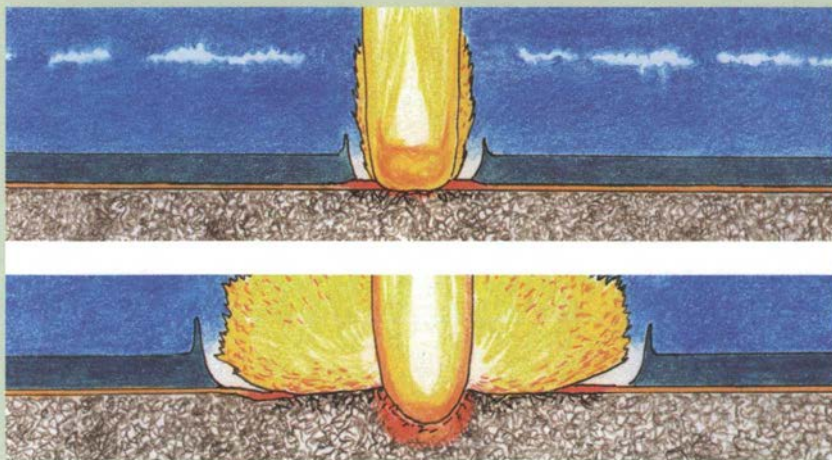
Sveriges mest kända nedslagsstruktur är Siljansringen, som därtill är Europas största kända struktur av detta slag. Vårt land har också fyra kratrar, som uppkom genom nedslag av meteoriter i det ordoviciska havet, där bl.a. ortoceratitkalkstenen bildades. De är Hummeln (drygt 1 km), Granby (drygt 3 km), Tvären (2 km) och Lockne (över 7 km). I dessa fall trängde nedslagsenergin genom vattenmassan, ned i havsbotten, och slog upp stora hål. Särskilt Lockne har undersökts intensivt. Den är välbevarad och går i dagen i ett stort område kring Locknesjön söder om Östersund.

Hur ser en meteoritkrater ut?

En meteoritkrater kan påvisas med olika kriterier. Först och främst bör det anas en rund och mycket

Nedslagskratrar i Sverige och den i texten omnämnda Kärldlkratern på Dagö. Övriga kratrar i grannländerna har inte tagits med.





Tvärsnitt genom explosionens utveckling. Fyra skikt är inblandade: atmosfären (blått), havet (blågrönt), havets bottenavlagringar (brungult) och berggrunden (grått). Efter att ha stött på havet och avlagringarna börjar meteoriten genast att smälta och förgasas. En stråle av smälta och gas skjuter upp. Därefter tränger meteoriten ned i berggrunden, som pressas samman under extrem värmebildning. Bitar av överhettat berg slungas ut (röda prickar). Kratern i havet vidgas.

stor grop, som i regel är grund, sällan djupare än 1/5 och ibland mindre djup än 1/20 av diametern. Gropen får inte ha något att göra med någon form av vulkanisk aktivitet. Den har identifierats i Locknekratern, fast den östra delen har tilltygats av de långa geologiska periodernas erosion, inte minst istidens. Vidare finner man stora volymer av intensivt fragmenterad berggrund (=breccior). Den övre delen av dessa breccior är starkt blandad, medan den undre delen består av fragment, från mikroskopiskt stoft till större, kantiga stenar, av rent lokalt berg. Denna undre breccia kallas monomikt. Den finns till största delen i själva kratern, medan den övre, blandade breccian täcker vidsträckta områden även runt omkring kratern. Locknekratern har båda slagen av breccia.

Ett tredje, mycket viktigt kännetecken på en nedslagskrater är ytttringar av chockmetamorfos, som innebär att mineral har förändrats under mycket högre tryck än vulkaniska explosioner eller rörelser i jordskorpan kan ställa upp med. Hit hör s.k. chockad kvarts, som känns igen på olika orienterade "set" av sinsemellan strängt parallella plan. Planen i ett "set" ligger bara ett par 1000-dels millimeter från varandra och kräver alltså mikroskop för att kunna ses. I Locknekratern finns det rikligt med chockad kvarts.

För det fjärde innehåller nedslagsprodukter ofta mycket större halt av grundämnet iridium än resten av jordskorpan, eftersom stenmeteoriter överlag är särskilt rika på denna sällsynta ädelmetall. I vissa bergartsprover från Locknekratern har det påträffats häpnadsväckande höga iridiumhalter, varmed det verkar bevisat, att det var en mycket stor stenmeteorit som slog ned, där Locknesjön finns idag.

Steg för steg kommer man alltså närmare hur

det gick till i Lockne för i mycket runt tal 455 miljoner år sedan. Det finns emellertid många fler iakttagelser som kan fogas ihop till en beviskedja allt längre in i den ordoviciska periodens värld.

Locknemeteoriten slog ned ute till havs, inte på torra land. På den tiden var Jämtland alltså täckt av hav. Ett bevis för dessa konstateranden är t.ex. att det omedelbart före och efter nedslaget avsattes havsavlagringar på platsen. I havet levde den ordoviciska periodens trilobiter, ortoceratiter, musselkräftor, armfotingar, konodonte, graptoliter och flera andra djurgrupper. Avlagringarna innehåller deras rester. Massor av dem måste ha dött, när meteoriten slog ned.

Eftersom jordskorpan i Skandinavien inte består av basalt, kan havet kring Lockne inte ha varit djuphav i geologisk bemärkelse. Därför var det inte djupt nog att hindra nedslagschocken från att nå ner i bottenavlagringarna och den underliggande berggrunden och slå upp en krater i dessa. Den bevarade kratern måste ändå vara mindre än den krater som en kort stund existerade i havsvattnet. För att kunna använda detta sammanhang som bit i det geologiska pusslet får vi se närmare på den bevarade kraterns utformning.

Locknekratern

Det finns en inre, drygt 7 km vid och över 250 m djup krater i urbergets graniter och gnejser och ett omgivande, vågrätt bräm av granit, som till stor del är krossat. Brämet har en vidd om knappt 3 km, vilket innebär att kraterns totala diameter i berg blir ca 13 km. Kratern i havsvatten måste ha haft en större vidd än så. Eftersom en krater i bara vatten har ett djup som är halva diametern, hade vattnet alltså måst vara djupare än 6,5 km för att botten inte skulle bli berörd, men faktiskt blev

Havet störtar snabbt och med våldsamt kraft in i den nybildade kratern, och gräver därvid djupa erosionsrännor genom kraterns bräm.



den ju ordentligt berörd! Havet var alltså grundare än 6,5 km. Sansade geologer lär betrakta det som överkill att ta till en 13 km vid meteoritkrater för att få fram denna slutsats, eftersom de flesta har antagit ett avsättningsdjup nära strandzonen för det berörda havsavlagringarna, dock utan vattentät bevisning. Minimidjupet framgår av jämförelse med kratrar på land, som vid motsvarande kraterdimensioner skulle ha haft en ca 150 m hög vall. Kratrar i mycket grunt vatten utformas som kratrar på land; i fallet Lockne skulle vallen ha bromsat återflödet av havsvatten in i kratern, om havet hade varit grundare än 150 m. Nu finns det inga spår av vall av ifrågakommande typ, och bevisligen störtade återflödet med förhärjande kraft in i kratern, medförande väldiga sedimentmassor och eroderande djupa fåror i kraterbrämet.

Om ett svagare skikt, t.ex. vatten eller mjukt sediment, med lämplig tjocklek ligger ovanpå hårdare material, t.ex. granit, och träffas av en stor meteorit, kan en krater med bräm bildas i det hårda underlaget. När det gäller Lockne bestämdes förhållandet mellan den inre kraterns och brämet vidd av vattenkraterns vidd delad med vattendjupet före nedslaget. Som vanligt beror vallet av antagna siffervärden på vilket gränsvärde man söker. Om man är ute efter ett minimivärde, bör man hålla sig i överkant, och söker man ett maximivärde, är det tvärtom. Det har t.ex. kritiserats av forskare med inriktning på framräknade modeller att svenska geologer har utgått från ett minimivattendjup om 200 m, när modellkonstruktionen tvingas att anta många gånger större djup. Vår minimisiffra påverkas emellertid av att redan 200 m är betydligt mer än många erfarna geologer betraktar som en rimlig skattning. För att få fram minsta rimliga vattendjup enligt experimentella

och framräknade modeller bör vi anta att en 13 km vid krater med bräm befann sig under en vattenkrater, som var över 15 km vid. Den sökta kvoten mellan kratervidden och vattendjupet är något över 10. Vattendjupet i Lockne vid tiden för nedslaget blir därmed närmare 1500 än 200 m. För andra, nästan samtidigt bildade kratrar (Tvären vid Stendörren i Stockholm södra skärgård och Kärda på Dagö) gäller betydligt mindre vattendjup, som stämmer bättre med traditionella geologiska uppfattningar.

Forskningen om nedslagskratrar leder alltså till slutsatsen, att den baltoskandiska litosfären under mellanordovicium kan ha sänkt sig mot större havsdjup i riktning mot den annalkande kaledoniska hopskjutningszon, som skulle bli till den skandinaviska Fjällkedjan.

Litteratur

- Forskning och Framsteg*, häfte 5, 1994 handlar helt om meteoritnedslag.
 Lindström, M., 1997: Impakter - geologisk vardagsmat? *Geologiskt forum* 14, 3-7.
 Melosh, H.J., 1989: *Impact Cratering. A Geologic Process*. Oxford University Press, New York. 245 s.
 Örmö, J., 1998: Impact cratering at sea. *Meddelanden från Stockholms Universitets Institution för Geologi och Geokemi* Nr 300.
 Sturkell, E., 1998: The origin of the Marine Lockne Impact Structure, Jämtland. *Meddelanden från Stockholms Universitets Institution för Geologi och Geokemi* Nr 296.

Maurits Lindström är professor emeritus vid Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet; maurits.lindström@geo.su.se

Närplattan, ett sjöiljesamhälle från Gotland

AV CHRISTINA FRANZÉN-BENGTSON

Sjöiljor har funnits i över femhundra miljoner år. Även om de nutida arterna tillhör helt andra grupper än sina forntida släktingar har man inga svårigheter att känna igen dem eller att tolka deras levnadssätt. Gotlands sjöiljor och övriga fossil är världsberömda för sin artrikedom och för sitt fina bevaringstillstånd.

I slutet av 1800-talet storskiftades Näs socken på Gotland. En av dem som i samband därmed tvingades att flytta ut från byn och bygga nytt var småbrukaren och fiskaren Petter Närstrand. Gården Smiss byggdes 1900–1902. Som så ofta är fallet på Gotland använde man sig av den lokala kalkstenen som byggnadsmaterial. Petter Närstrand tog en del av sitt byggnadsmaterial från en äng alldeles intill det blivande huset.

Bland de block som bröts ur detta privata lilla stenbrott fanns en rejäl, kvadratmeterstor kalkstensplatta mellan 4 och 20 cm tjock. Plattans ovansida var täckt av mycket väl bevarade fossil, huvudsakligen sjöiljor. Detta är den berömda Närplattan, som efter diverse märkliga turer och tillfälligheter så småningom hamnade på Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm. (En mycket na-

turtrogen kopia finns på Naturmuseet i Visby.)

Petter Närstrand var en praktisk man, som ansåg att skönheten vid behov måste vika för nyttan. Stenen behövdes i huset och skulle ingå i grunden. Av en tillfällighet fick hustrun till handlaren i byn syn på plattan. Hon var syster till geologen Henrik Munthe, och genom en snabb räddningsaktion från denne kunde plattan överföras till Riksmuseet. Munthe betalade 2 riksdaler för plattan.

Lektorn vid läroverket i Visby Mattias Klintberg hörde talas om det magnifika fyndet. Han var en hängiven amatörgeolog och fossilsamlare och betalade Petter Närstrand 10 riksdaler i förskott för att Närstrand skulle leta fram fortsättningen på plattan. Några nya fynd kom dock aldrig i dagen. Petter Närstrand lär emellertid ha sagt till klocka-

ren i När att "den där plattan var väl ingenting. Då skulle du ha sett den som jag murade in!" Detta yttrande kan ha legat till grund för det envisa rykte, som ända fram på 1970-talet hävdade att det någonstans i När finns en fortsättning på plattan inmurad som prydnad i källan till en öppen spis. Detta rykte är numera avlivat, hur trevligt det än vore om det var sant. Men det är alltså fullt möjligt att en ännu vackrare fossilplatta finns inmurad någonstans i grunden till boningshuset på Smiss. Om huset någon gång i en avlägsen framtid måste rivas, får man hoppas att plattan, om den hittas, hamnar på ett ställe där den blir lättare tillgänglig för studium.

Närplattan (Figur 3) kommer från de



Figur 1. Den nutida *Metacrinus rotundus* från 120 m djup i Sagami Bay utanför Tokyo. Foto: Tatsuo Oji.

siluriska ekelagren på Gotland. Den avsattes i ett tropiskt grundhav för ca 415 miljoner år sedan. Vad som nu är Gotland låg då nära ekvatorn. Plattan är som ett katastrofreportage från den avlägsna silurtiden, där dödsögonblicket för en hel äng med sjöiljor bevarats till vår tid. En orkan drog fram över området. Vågorna rev upp stora sedimentmängder i det relativt grunda vattnet vilket begravnade djuren. Det täckande lagret av sand och grus var så tjockt, att grävande och asätande organismer inte nådde ned till dem. Mjukdelarna försvann med tiden medan skeletten fossiliserades och bevarades in i minsta detalj.

Sjöiljorna eller crinoidéerna tillhör den stora gruppen Echinodermata (tagghudingar). Namnet dyker upp redan 1734 då det användes om sjöborrar. Ordet kommer från grekiskans *echinos*, igelkott eller sjöborre, och *derma*, hud. Gruppen är mycket gammal. De äldsta säkra fynden härstammar från den kambrika perioden i jordens historia och är ca 545 miljoner år gamla medan de hittills äldsta crinoidéerna är några tiotal miljoner år yngre. Under jordens forntid fanns ett tjugotal olika klasser representerade men endast fem har överlevt till våra dagar, nämligen CRINOIDEA (sjöiljor och hårstjärnor), ASTEROIDEA (sjöstjärnor) OPHIUROIDEA (ormstjärnor), ECHINOIDEA (sjöborrar) samt HOLOTHUROIDEA (sjögurkor). Förutom de nutida klasserna finns ytterligare fem representerade i Gotlands berggrund. (En helt ny klass, CONCENTRICYCLOIDEA, sjötusenskönor, upptäcktes för bara ett femtontal år sedan. Djuren är mycket små, bara 1–2 mm i diameter och hittades på sjunken drivved från 2000 m djup utanför Nya Zeeland.)

Echinodermerna utgör en mycket karakteristisk och väldefinierad grupp vars medlemmar inte kan förväxlas med någon annan inom djurriket. De är marina bottenlevande djur, som är fastsittande eller fritt rörliga. Några få undantag lever fritt i vattenpelaren, exempelvis vissa sjögurkor. De förekommer i alla hav från tropiska till arktiska vatten och från grunda kustområden till djuphavens oceangravar. Det finns sjögurkor på 10.000 m djup i Filippinergraven. Skelettet är internt och består av kalcit. Det är mycket poröst och porerna är fyllda av den mjukvävnad i vilken de enskilda delarna bildas. De enskilda skelettelementen kan byggas på eller resorberas efter behov vilket ger en utomordentligt god förmåga att nybilda förlorade kroppsdelar. Echinodermernas vattenkärles- eller ambulakralsystem är unikt. Det är ett komplicerat hydrauliskt system av vätskefyllda kanaler och utskott, som via porer i skelettplattorna står i förbindelse med yttrevärlden som tubfötter

Figur 2. *Carpocrinus angelini* från Närplattan. Uppdelningen i krona och stjälk är tydlig; 'roten' ligger begravd inne i plattan och syns inte på bild.



eller podier. Tubfötterna är mycket specialiserade i de olika grupperna och är anpassade till näringsfångst,

grävning, respiration, byggande av bonings-tunnlar, förflyttning m.m.

Sjöiljorna är alltså trots sitt namn och sitt utseende inte växter utan djur. Några är fastsittande och försedda med stjälk av varierande längd (sjöiljor i strikt mening, Figur 1), andra saknar stjälk och kan förflytta sig, antingen simmande eller krypande. Det finns över 600 nu levande arter; omkring 80 av dessa har behållit sin stjälk och det ursprungliga mer eller mindre fastsittande levnads-sättet. Under paleozoikum däremot (kambrium till perm, för ungefär 545 till 245 miljoner år sedan) var så gott som samtliga stjälkförsedda.

En crinoidé består av krona, stjälk och 'rot'. Man använder växtermen, men de är rent beskrivande. 'Roten' är en fastsättningsanordning, som inte har något som helst med näringsupptag att göra. 'Bladen' i kronan kallas armar, och de kan vara mer eller mindre grenade. De är ofta försedda med utskott, *pinnule*, som ökar ytan för näringsupptag. En arm med pinnule ser ut som en fjäder (Figurerna 1 och 2).

Storleken hos crinoidéer varierar starkt. En del mikroformer blev aldrig högre än någon eller några millimeter medan exempelvis den väldiga *Seirocrinus subangularis* från juratiden (208–145 miljoner år sedan) kunde ha en spännvidd mellan armspetsarna på drygt två meter och en stjäklängd runt 20 meter. De största nutida sjöiljorna har stjäklängder omkring metern och en spännvidd nära 20 cm.

Crinoidéer är och har av allt att döma alltid va-



Figur 3. Närplattan. Storleken är ungefär en kvadratmeter. Foto Uno Samuelsson.

rit filtrerare, som silar havsvattnet och lever av de planktonorganismer de fångar in. De flesta nu levande sjöililjor är rheofila, dvs. de föredrar vatten med svaga eller måttliga strömmar. Där håller de upp armarna vinkelrätt mot strömriktningen till ett solfjädersformat eller paraboliskt fångstnät (Figur 1). Armarna hålls med näringsfårorna vända från strömmen och de virvlar som bildas på läsidan leder planktonorganismer mot ambulacralfårornas tubfötter.

Den största artrikedomen och variationen hos crinoidéer finner man i våra dagar i den Ostindiska övärlden på korallreven i gränsområdet mellan Indiska oceanen och Stilla havet. De flesta är grundvattensformer. Nutida sjöililjor med stjälk föredrar djupare vatten, från ca 100 m och nedåt.

Närplattans crinoidéer

De gotländska crinoidéerna hade samtliga stjälk och de levde på relativt grunt vatten, mellan 5 och 50 m. 193 arter har hittills beskrivits. 261 sjöililjor har preparerats fram på Närplattan. De tillhör tre släkten med tillsammans fyra arter. Den mest iögonenfallande är *Desmidocrinus pentadactylus* med sina många armar och sin mörka färg (Figur 3). Det finns 59 exemplar på plattan. Den mörkt brunsvarta färgen sitter bara i det yttersta skiktet på kronans skelettelement och på vissa stjälkleder; de inre delarna är ljus gulvita. Vad som orsakar denna färgskillnad vet vi inte. Det märkliga är att andra arter av släktet *Desmidocrinus* har samma mörka färg, så färgen kan användas som ett första sorteringssteg när man ska släktesbestämma

crinoidéfynd. Antalet armar varierar hos *Desmidocrinus pentadactylus*: ju äldre djuret är desto fler armar. Mycket unga djur har fem armar, en för varje radie (sjöiljor är femtaligt radiärsymmetriska). Varje arm delar sig i två lika stora grenar, som i sin tur delar sig en eller flera gånger allteftersom djuret växer. Åtta armar per radie (totalt 40) är det vanligaste antalet men variationer mellan 6 och 12 är inte ovanligt.

Carpocrinus är det släkte som är vanligast på Närplattan; 199 exemplar finns bevarade. Till skillnad från *Desmidocrinus* har *Carpocrinus* alltid bara två armar per radie och alltså tio totalt. Två arter kan urskiljas, *Carpocrinus angelini*, relativt kraftiga exemplar med grova armar och stjälk (Figur 2) samt *Carpocrinus petilus*, mera finlemmade exemplar med relativt smala stjälkar och långa, smala armar.

De största exemplaren på plattan tillhör släktet *Haereticotaxocrinus*, med endast tre bevarade exemplar. Armarna hos detta släkte skiljer sig markant från de båda som beskrivits tidigare: de saknar pinnule men delar i stället upp sig i successivt allt mindre grenar.

Sjöiljor är oftast mycket sällskapliga och kan under gynnsamma förhållanden förekomma i täta populationer. Under tidigare perioder i jordens historia förekom de ibland i så oerhörda mängder att deras skelettelement på vissa ställen blev bergartsbildande. Etelhemskalken och den s.k. 'hoburgsmarmorn' på södra Gotland består exempelvis till stor del av crinoidéfragment.

Där flera släkten och arter förekommer tillsammans är samhället ofta markant stratifierat med kronorna hos de olika släktena belägna på olika höjd över havsbotten beroende på stjäklängd hos djuren. Denna vertikala zonerings ger en viss garanti för att de olika arterna får ett maximalt utbyte av planktoninnehållet i det omgivande vattnet med ett minimum av konkurrens. Närplattans sjöiljor bildade olika skikt alltefter längd och flexibilitet hos stjälkarna. Unga *Carpocrinus* bildade den understa nivån, vuxna *Carpocrinus* och *Desmidocrinus* den mellersta (stjäklängd ca 20 cm) medan *Haereticotaxocrinus* med sina 65 cm svarade för ett glest men iögonenfallande övre skikt.

Näringsfåroras bredd i pinnule har också betydelse för näringsfången: ju bredare fåror desto större organismer kunde fångas. På Närplattan svarade *Desmidocrinus* med sina många och mycket smala pinnule för de små bytena medan *Haereticotaxocrinus* med sina månggrenade, mycket flexibla armar antagligen kunde fånga små kräftdjur och till och med småfisk på 1–2 cm,

Figur 4. De ljusa, återbildade armarna på denna *Carpocrinus angelini* syns tydligt mot de ursprungliga, mörkare armarna.



i stil med vissa nutida ormsjärnor med grenade armar.

I en population så stor och välbevarad som den på Närplattan kan vi utläsa en del om hälsotillståndet hos djuren. Här har de flesta varit friska, men några har råkat ut för skador. Exemplaret på Figur 4 har vid något tillfälle förlorat flera armar, kanske vid en attack av något rovdjur. På echinodermers vis har den återbildat nya armar, men dessa hade inte hunnit växa färdigt och få det vuxna djurets färg innan hela kolonin omkom i den storm, som begravnade den i sand och grus från havsbotten.

Upplysningar och hjälp att rekonstruera Närplattans historia från en betesäng på Gotland till Riksmuseet i Stockholm fick jag för drygt 20 år sedan av Yngve Larsson, sonson till Petter Närstrand och dåvarande ägare till Smis, samt Agnes Thomson, sondotter till Närstrand. Jag är dem båda stort tack skyldig. Tack också till de dåvarande redaktionerna på Gotlands Allehanda, Gotlands Folkblad samt Gotlänningen, som mycket generöst publicerade min efterlysning om Närplattan på sina respektive förstasidor. Därigenom fick jag kontakt med Yngve Larsson och Agnes Thomson.

Litteratur

- Eliason, S., 1999: *Solstenar och kattsallar*. Gotländsk fossil- och geologiguide. 166 s. Gotlands Fornsal, Russi V.
 Franzén, C., 1982: A Silurian crinoid thanatotope from Gotland. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 103, 469–490.
 Hess, H., Ausich, W.I., Brett, C.E. & Simms, M.J., 1999: *Fossil Crinoids*. 275 s. Cambridge University Press.
 Jeppsson, L., 1989: Ett långt perspektiv - något om geologin vid Ireviken. *Gotländskt Arkiv* 61, 7–18. Visby.

Christina Franzén-Bengtson är intendent vid Sektionen för paleozoologi vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm; christina.franzen@nrm.se

Kunskap på djupet

SGU undersöker berg, jord och grundvatten

**Om jag vill ha
en egen brunn?**

Grundvattnet är vårt viktigaste livsmedel. I SGUs brunnsarkiv finns uppgifter om grundvattnets kvalitet och kvantitet i ca 200 000 brunnar. Uppgifter om grundvattnets mängd och beskaffenhet samlas regelbundet in via mätstationer runt om i landet.

**Hur länge räcker
naturgruset?**

I SGUs Arkiv för grus och krossberg finns uppgifter om hur mycket naturgrus det finns i Sverige. SGUs inventeringar visar, att det börjar bli stor brist på naturgrus runt många av våra större tätorter. SGUs berggrundskartor används för att finna krossbart berg som ersättning för naturgrus.

**Hur hög är
radonhalten?**

För att kunna identifiera områden med höga halter markradon måste man ha god kännedom om berggrunden och jordarternas innehåll, sammansättning och genomsläpplighet. SGU kan göra sammanställningar av geologiska faktorer, som har betydelse för förekomsten av markradon.

SGU

Sveriges Geologiska Undersökning

Kundtjänst
Box 670
751 28 Uppsala
Tel: 018-17 90 00
Fax: 018-17 92 10
E-post: kundservice@sgu.se
www.sgu.se

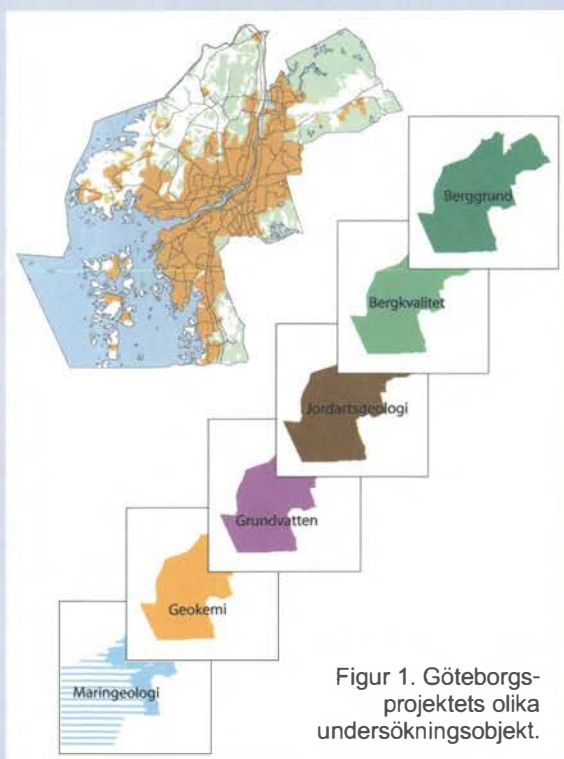
Stadsgeokemi

Hur stadsplanerare och miljövårdare kan använda geokemi och geologi

AV OLLE SELINUS

Under de senaste åren har geologer och geokemister uppmärksammat de specifika problem som är relaterade till geologin i städer och tätorter. Till exempel tungmetaller och andra kemiska ämnen, spridning i mark och grundvatten av föroreningar, skredproblem, översvämningar, förorenad mark etc.

Utomlands har en del arbeten genomförts. Men en gemensam nämnare har utomlands ofta varit att man producerat information utan att ha närmare samverkan med avnämarna av informationen. I det s.k. Göteborgsprojektet har vi däremot haft en mycket nära kontakt med avnämarna.



Figur 1. Göteborgsprojektets olika undersökningsobjekt.

Arbeten utomlands

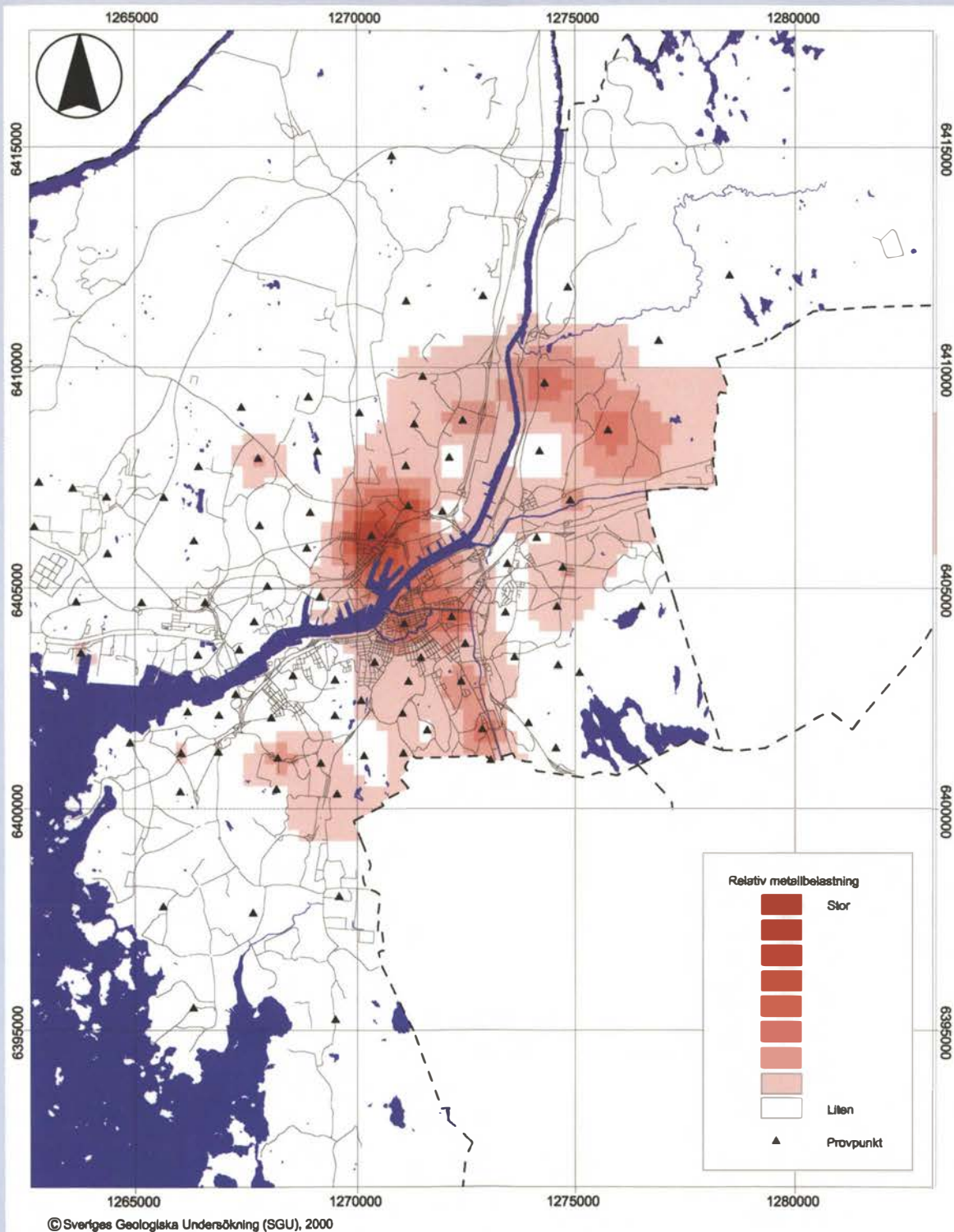
Som exempel på utländska arbeten kan nämnas att man i England under en relativt lång tid arbetat med dessa frågor. Ett exempel är Geochemistry Baseline Programme som innebär en geokemisk kartläggning av städer i England med 4 prover/km². Ett annat exempel är från London där den brittiska geologiska undersökningen, BGS, utfört tredimensionella modeller av geologin med hjälp av befintliga borrhål. Detta projekt, "London computerized underground and surface geology", har samlat ihop information från totalt 25.000 borrhål i staden, och den geologiska informationen från dessa finns samlade i en omfattande databas. När nu denna samlade information finns tillgänglig är det stort sug efter den och en mängd kunder köper information och profiler från databasen vid all typ av byggverksamhet i London.

Ett tredje exempel är ALGI-systemet (Address Linked Geological Inventory) som innebär att BGS tagit fram en programvara där avnämarna själva kan gå in och ta ut den information man önskar. Systemet är i drift i London och Bristol. Stadsplanerare kan t.ex. själva knappa in ett namn på ett kvarter i en stad som planeras att byggas, varvid man efter 90 sekunder får ut en rapport om olika geologiska och geokemiska faktorer av betydelse för detta kvarter och med rekommendationer.

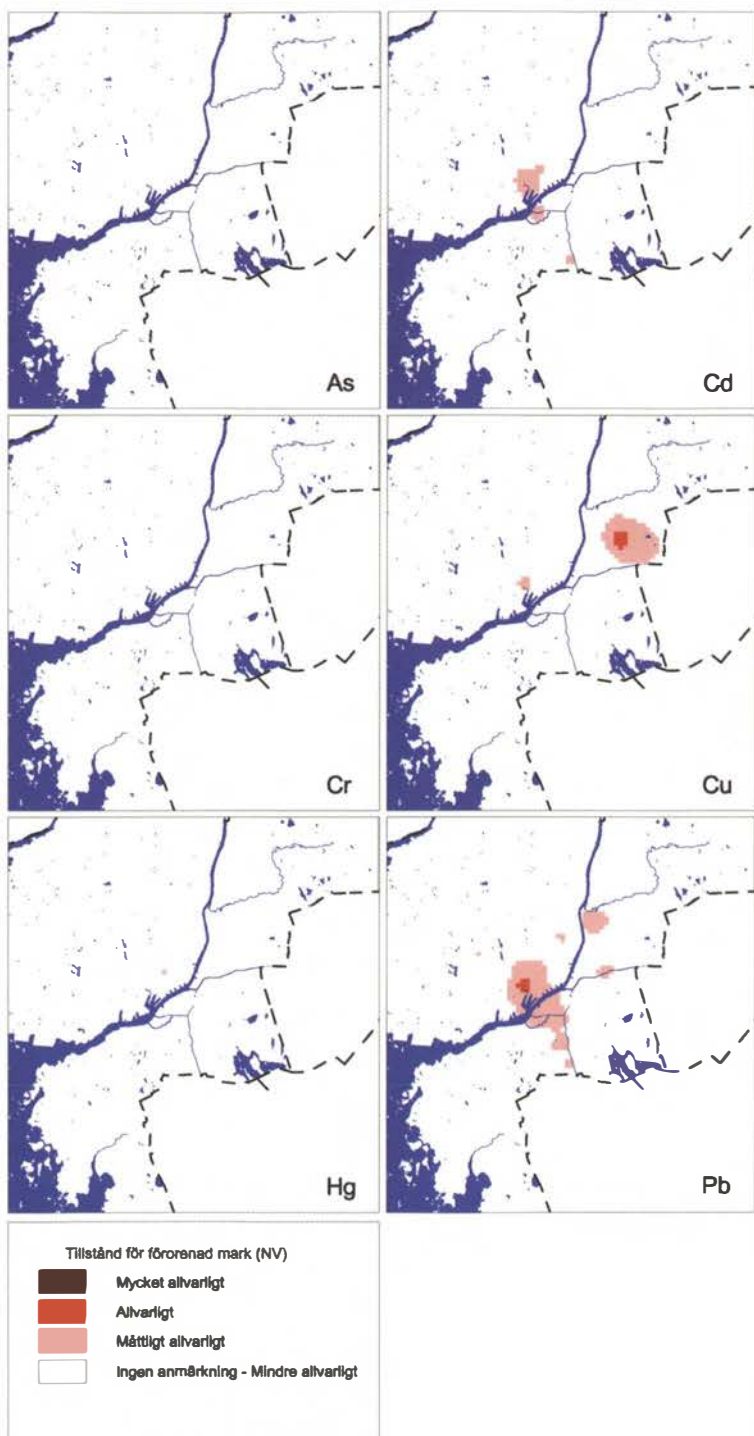
Även i Nederländerna, Kanada och Australien finns exempel på urban geologi.

Geologi och geokemi i städer

Urban geologi är alltså ett viktigt område för geovetare. En stor ekonomisk potential finns inom urban geologi om ett nära samarbete sker med användarna av produkterna. Urban geologi är tvärvetenskaplig och omfattar alla typer av geologi, inklusive urban geokemi (eller tätortsgeokemi), för att bli slagkraftig. Integrering av geo-



Figur 2. Urbana ytprover. Relativ metallbelastning (kartan ovan) och tillstånd för förorenad mark (kartorna till höger) avseende arsenik (As), kadmium (Cd), krom (Cr), koppar (Cu), kvicksilver (Hg) och bly (Pb).



data med data från avnämarna är också viktigt. Ett av de viktigare verktygen inom urban geologi är geografiska informationssystem (GIS).

Städer och tätorter har alltså sina specifika problem med tungmetaller och andra kemiska ämnen. En kombination av olika metoder används för att kartlägga detta, bland annat markgeokemi och biogeokemi. På 1990-talet genomförde SGU:s geokemiska enhet på uppdrag av Naturvårdsverket en undersökning av bakgrundshalter i mark i 19 av de största svenska städerna, bl.a. Göteborg. De olika geokemiska metoderna SGU nu använder kan användas på många olika sätt, till exempel för:

- bakgrundshalter av metaller i mark vilka är viktiga vid bedömning av miljöbelastning
- undersökningar av förorenad mark, metaller och organiska miljögifter och miljöbelastningen av dessa ämnen
- effekter av gruvbrytning i vissa städer, t.ex. Falun
- metallhalter i naturliga vattendrag och grundvatten
- upptag av metaller i stadsmiljön i människor och djur, i föda och dricksvatten (biogeokemi)
- metallhalter i luft i stadsmiljön, t.ex. runt förbränningsanläggningar och industrier
- undersökningar av avfallsanläggningar och deponier, deras lokalisering och miljöeffekter (klassificering av dem, var kan nya avfallsanläggningar placeras?)
- effekter av försurning i stadsmiljö
- hur förändras miljön med ti-

den vad avser tungmetaller i mark, luft och vatten

- geokemiska miljökontrollprogram kan läggas upp (vilket gjorts i Uppsala)
- hälsoeffekter av miljöföroreningar (tillsammans med medicinsk expertis), där geokemi används som basmaterial.

Ett område där geologin spelar en mycket stor roll är framtagandet av information om naturliga bakgrundshalter av bl.a. metaller i miljön. Dessa halter härstammar ju från berggrunden och jordarna. Det betyder att geokemiska undersökningar spelar en avgörande roll för att ta fram dessa bakgrundsnivåer, som behövs inom planering och miljöundersökningar i bl.a. stadsmiljö.

Även regeringen inser betydelsen av geokemi

Att detta är viktigt visas också av det som står i regeringens proposition 2000/01:65: Giftfri miljö: "Det är viktigt att beakta bakgrundshalter av de ämnen som förekommer naturligt i miljön. Kunskapen om geologin är då en viktig utgångspunkt. Ämnen som kommer ut i miljön på grund av mänskliga aktiviteter måste ställas i relation till de naturliga halterna. I områden där t ex de naturliga halterna av metaller är höga kan det vara nödvändigt att begränsa utsläppen av metaller från mänsklig aktivitet mer än inom andra områden." Och: "Grundläggande kunskap som är viktig att beakta är metallhalter som förekommer naturligt i miljön. SGU gör biogeokemiska kartläggningar som ger en indikation om de biotillgängliga halterna av metaller i miljön. Detta är viktig information i samband med diskussioner om bedömningar av metallers miljöpåverkan då metaller i sig inte behöver vara speciellt biotillgängliga. Denna tillgänglighet varierar med de olika tillstånden metallerna befinner sig i."

Göteborgsprojektet

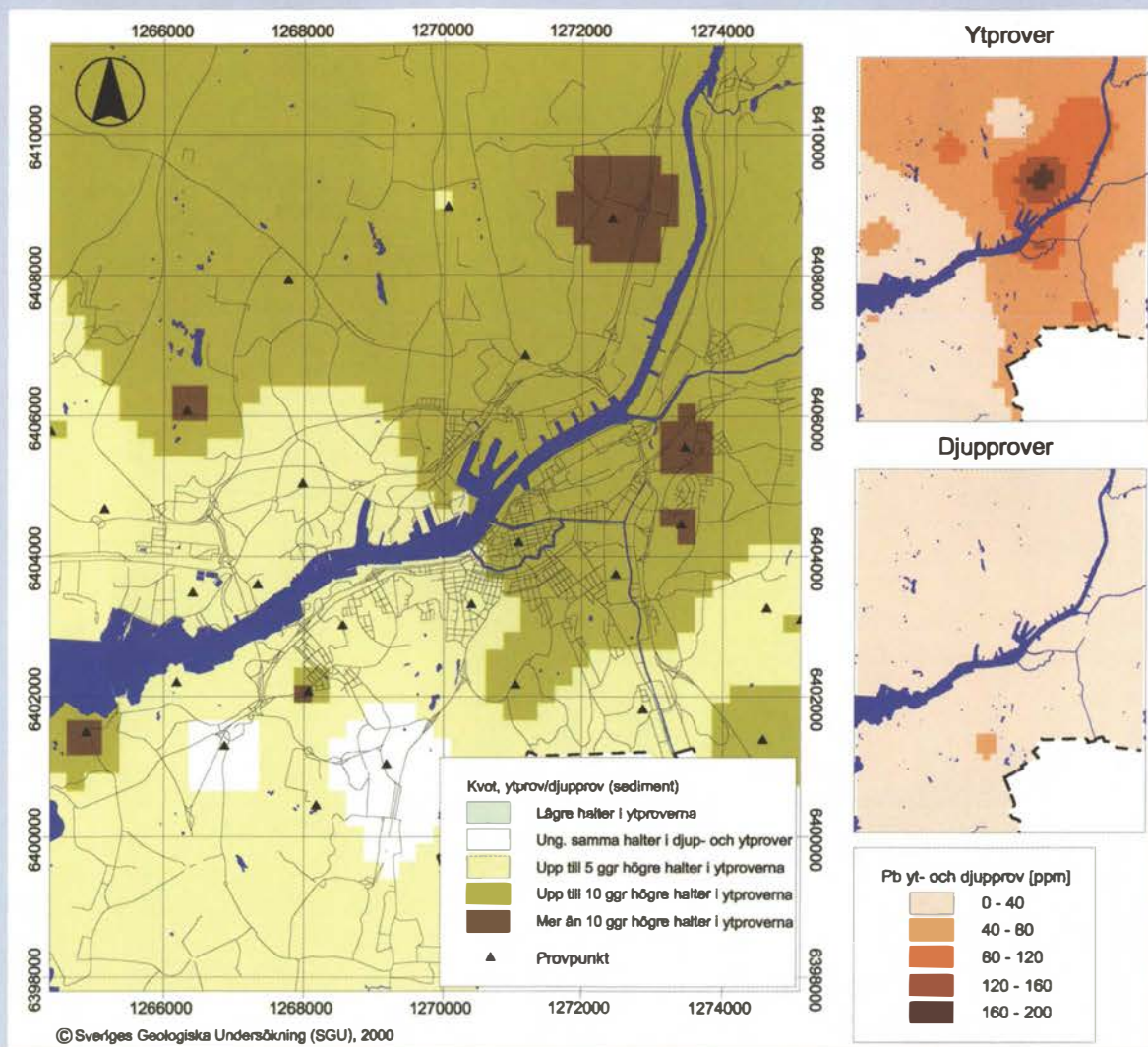
I nära samarbete med Göteborgs kommun har SGU genomfört det s.k. Göteborgsprojektet. Detta projekt har inneburit att SGU i samråd med Stadsbyggnadskontoret, Miljöförvaltningen och Gatu-bolaget i Göteborg tagit fram information anpassad för kommunen som avnämare. Göteborgsprojektet har beskrivits tidigare i *Geologiskt forum* nr 25 av bl.a. projektledaren Mats Engdahl, SGU (Figur 1).

En av delarna i projektet har varit geokemiskt. Mycket nära samverkan och diskussioner har skett med förvaltningarna i Göteborg. Nära samarbete har även skett med J&W, Energi och Miljö. En del av detta projekt har varit att ta fram de naturliga bakgrundshalterna av bl.a. metaller i Göteborg och ställa dessa i relation till riket i övrigt och en geokemisk miljökartläggning av mark, luft och vatten. Ett relativt stort antal jordprov har tagits på olika djup i mark både inne i tätorten och utanför samt vid Göteborgs ytvattenreservoar Delsjön. Även biogeokemiska prov och prov på husmossa (som visar det luftburna nedfallet) har tagits. Alla prov har analyserats på metaller och andra element och även i vissa fall på organiska miljögifter. Ett sextiototal miljökartor har tagits fram, liksom uppgifter om bakgrundshalter i miljön som kan användas både i planering och i miljöundersökningar.

Syftet med den urbanegeokemiska provtagningen i Göteborg av mark har varit beräkning på lokal nivå av bakgrundshalter av tungmetaller i tätort och närliggande landsbygd, bedömning av belastningsnivåer i tätorten, främst metaller, identifiering av diffust förorenade områden, recipientkontroll och identifiering av aktuella nivåer av metaller och organiska ämnen i staden. Syftet med den biogeokemiska undersökningen i Göteborg är beräkning av tidsvariationen av metaller i vattendragen och bedömning av metallbelastning. Husmosseprovtagningen syftar till att undersöka det luftburna nedfallet i Göteborgs kommun. Alla delarna i geokemiprojektet är integrerade med varandra. Platsspecifika bakgrundshalter kan också tas fram för olika miljöer.

Naturliga och antropogena metaller

Ett exempel visar relativa metallbelastningskartor, dvs. uppmätta halter i markytprover av olika metaller i Göteborg som står i proportion till Naturvårdsverkets indelning av tillstånd för förorenad mark (Figur 2). Naturvårdsverket prioriterar ett antal metaller med avseende på stora miljö- och hälsoeffekter. Dessa metaller är främst arsenik, kadmium, krom, koppar, kvicksilver och bly. Naturvårdsverket indelar mark i tillstånd, i detta fall yttjord, med avseende på halter av bl.a. dessa sex metaller. Gränsen för känslig mark (KM) ligger

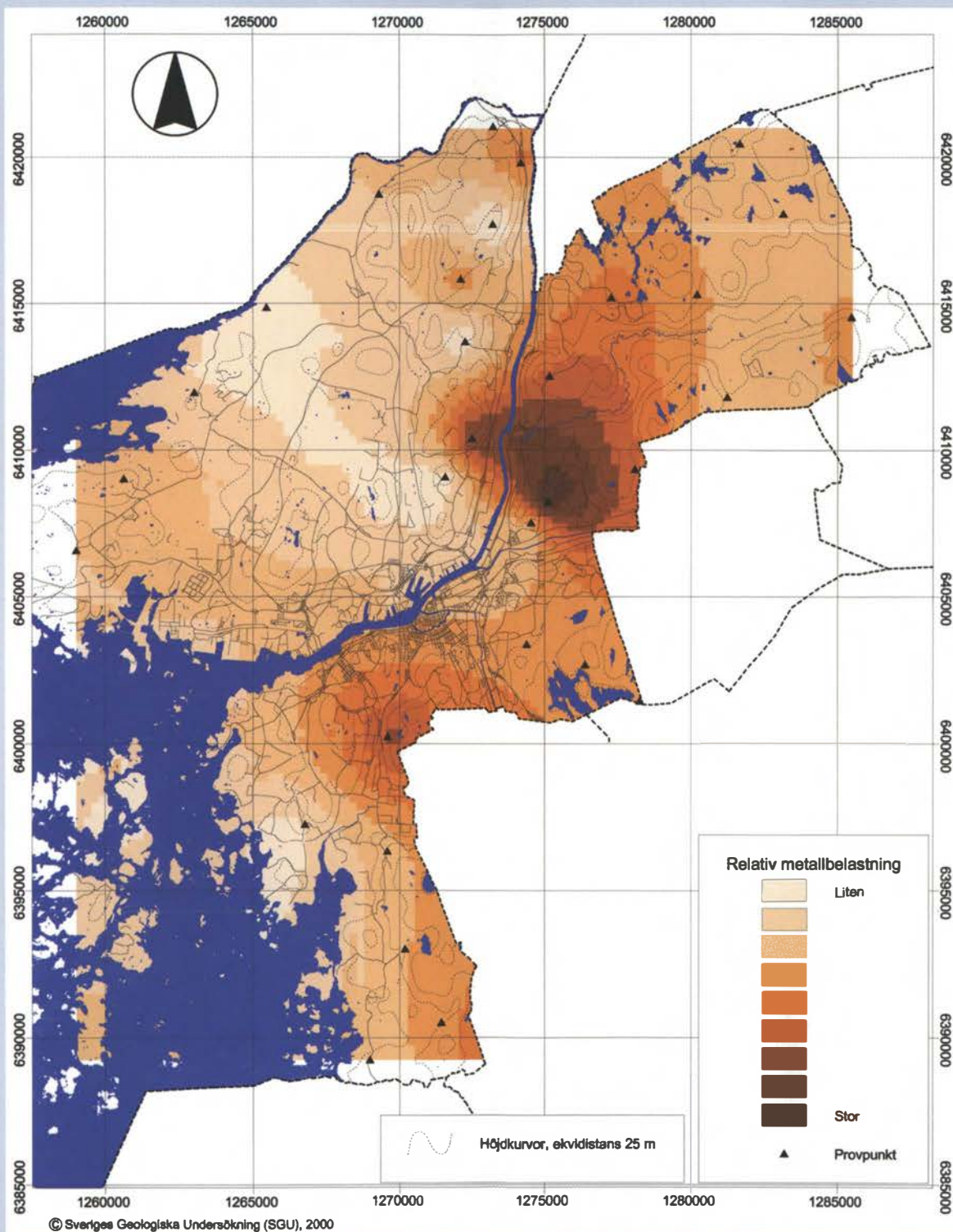


Figur 3. Blykvot, ytprov/djupprov (sediment).

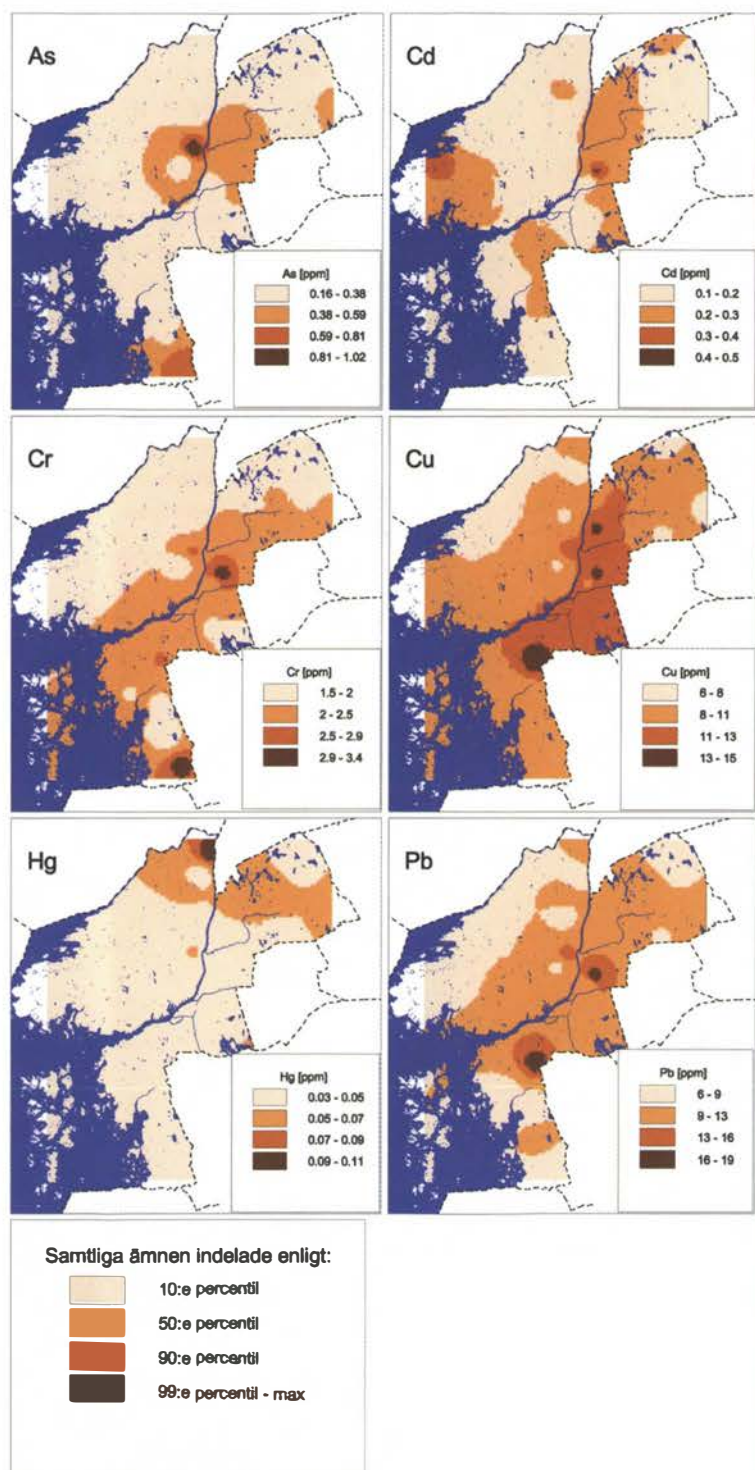
mellan "Ingen anmärkning-Mindre allvarligt" och "Måttligt allvarligt". Ligger halterna över KM kan detta indikera antropogen (människlig) påverkan. Exemplet visar en relativ metallbelastningskarta där metallhalterna är viktade utifrån KM-värdet. Det som kartan visar är alltså var miljöeffekterna är störst i Göteborg av mänsklig aktivitet med avseende på de sex tungmetallerna. På de mindre kartorna kan man se vilka tungmetaller som har den största påverkan.

Jordprover har alltså tagits i markytan, men

också på större djup där man kan anse att vi har naturliga förhållanden. Figur 3 visar kvoten mellan halter i ytprover i mark och djupprover (på 1 m djup). Normalt skall halterna i de ytnära jordarna vara mer antropogent påverkade än djupproverna. Detta bekräftas i kartan som visar att blyhalterna i ytliga markprover normalt ligger 5–10 gånger högre än de på större djup vilket beror på människans påverkan, bl.a. biltrafiken. I kartan syns alltså hur stor den mänskliga påverkan är i förhållande till de naturliga bakgrundshalterna.



Figur 4. Husmossenprover. Relativ metallbelastning avseende arsenik (As), kadmium (Cd), krom (Cr), koppar (Cu), kvicksilver (Hg) och bly (Pb).

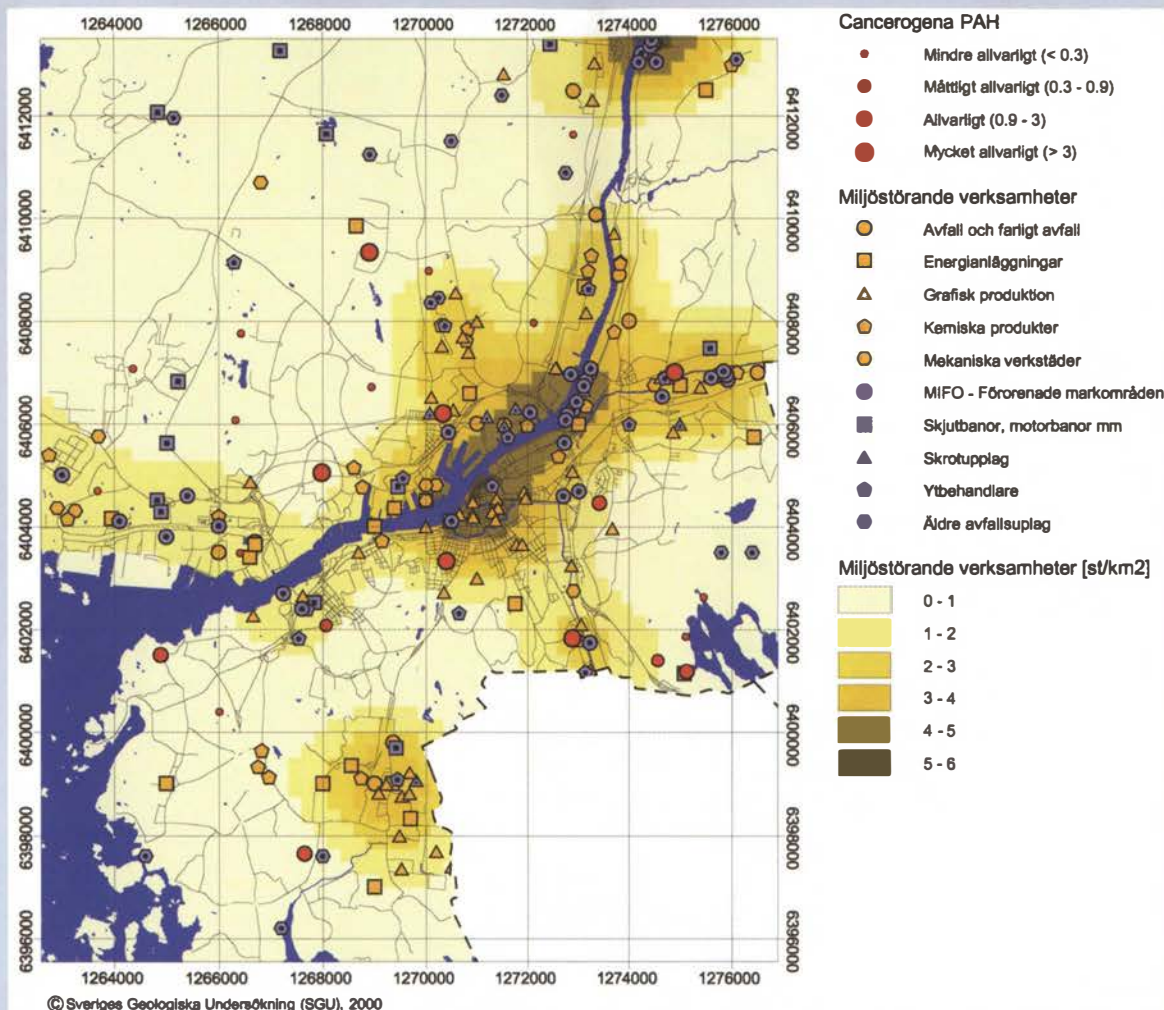


I Göteborg har även husmossa provtagits. Genom att analysera husmossa får man information om det luftburna nedfallet. Figur 4 visar den relativa metallbelastningen av arsenik, kadmium, krom, koppar, kvicksilver och bly, dvs. de metaller som Naturvårdsverket prioriterar med avseende på stora miljö- och hälsoeffekter. Det luftburna nedfallet är störst i den östra delen av kommunen vilket troligen är en kombination av luftburet nedfall från bl.a. England och spridning från själva tätorten. Genom att kombinera denna information med annan information om metallhalter i t.ex. mark finns det möjlighet att avgöra hur stor del av metallbelastningen som beror på luftnedfall i förhållande till utsläpp i mark och vatten och den naturliga bakgrunden som beror på geologin.

Vi har också undersökt vattenmossprover i bäckarna för att få fram tidsserier av tungmetaller i bäckar och vattendrag.

Organiska miljögifter

I samband med provtagningen i de ytnära jordarna inom stadsbebyggelsen togs även 25 prover för analys av organiska miljögifter, se Figur 5 som visar cancerogena PAH (polyaromatiska kolväten). Av dessa 25 prover har 6 st. (ca 25%) klassificerats som "mycket allvarligt" (NV) och 11 st. (ca 45%) som "allvarligt" i avseende på cancerogena PAH. Givetvis får man inte en helhetsbild av förekomsten av PAH från 25 prover. För att kartlägga föroreningsbilden krävs fler prover.



Figur 5. Förekomst av cancerframkallande PAH (polyaromatiska kolväten) i ytjordprover.

Ett nödvändigt underlag

Detta var några exempel på den nytta geokemiska undersökningar kan ha i tätorter. Det går alltså att ta fram naturliga bakgrunds nivåer av alla tungmetaller och andra ämnen och ställa dem i relation till andra områden eller till riket i övrigt.

Det går att ta fram den antropogena (människt betingade) belastningen på miljön och hur denna står i relation till de naturliga nivåerna. Även tidsvariationer av belastningen kan tas fram liksom det luftburna nedfallet.

Genom att kombinera all denna information får

vi fram underlag som är ovärderligt för stadsplanerare och miljövårdare i deras dagliga arbete. Geovetare har alltså en stor roll att spela inte bara på landsbygden utan i hög grad även i stadsområden.

Koppling till tidigare Gf-artikel

Selinus, O., 1997: Kan geologin påverka vår hälsa? *Geologiskt forum* 13, 8–12.

Olle Selinus är verksam vid Sveriges geologiska undersökning i Uppsala; olle.selinus@sgu.se

Svenska mineral (6)

Brandtit - arsenatblommor i skarn

PER NYSTEN

Upptäckthistoria

År 1888 förevisade Adolf Erik Nordenskiöld inför KVA ett nytt arsenat från Pajsbergfältet vilket han namngivit efter myntvärdien Georg Brandt (1694–1768) upptäckaren av koboltens och arsenikens metalliska natur. Nordenskiöld lät kemisten G. Lindström testa materialet och han fann arseniksyra, mangan, kalk och magnesia. På grund av materialbrist fick ytterligare undersökningar anstå. Lindström återvände påföljande år till den då nyupptagna Harstigsgruvan och fann rikligt med ytterligare material. Han utförde nu en kvantitativ analys, fann analogin med koboltmineralet roselit, samt beskrev i en artikel i GFF 1891 brandtitens uppträdande, paragenes och fysiska egenskaper. I samma uppsats meddelar Nordenskiöld följande om de kristallografiska egenskaperna "brandtiten kristalliserar i det triklina systemet och bildar till skillnad från roseliten prismor parallella med *b*-axeln vilka ofta är tillplattade genom stark utveckling av ytan *C* som ofta är refflad, böjd och ojämn (Figur 1). Tvillingsammanväxningar längs med *C*-ytan är vanliga". Lindström anger att brandtiten förekommer associerad med baryt, tungspat, kalkspat, karyopilit, sarkinit och mer sällsynt, gediget bly. Mineralet är alltid kristalliserat, ofta i form av sammanväxta sfärer med radialstråligt tvärsnitt eller njurformiga knölar. Trettio år senare diskuterar Aminoff vidare brandtitens och roselitens

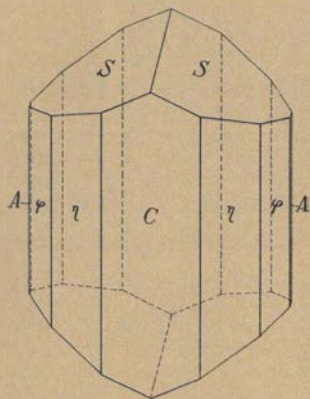
släktskap samt det analogt uppbyggda fosfatet fairfieldit. Dessa tre mineral har av Dana sammanförts till en grupp men Aminoff menar att fairfielditen inte skall ingå däri. Aminoff utnyttjar vid dessa undersökningar en s.k. tvåkretsgoniometer vilken Stockholms Högskola då erhållit som gåva från Victor Goldschmidt. Aminoff menar vidare att brandtit är monoklint och han fastställer tvillingytans samt spaltbarhetens orientering. Dock anser han att roseliten är triklin (pseudo-monoklin). Ytterligare inlägg och undersökningar om dessa mineral har gjorts av Peacock (1936), Wolfe (1940), Dahlman (1951, se nedan) samt Hawthorne (1977).

Kristallstrukturen i dagsläget

CuNa-sulfatet kröhnkit CaCoMg-arsenatet roselit och CaMn-arsenatet brandtit har alla samma strukturella uppbyggnad. De tvåvärda metallatomerna omges oktaedriskt av fyra syreatomer och två vattenmolekyler. Svavel och arsenik omges tetraedriskt av fyra syreatomer. Varje metall-oktaeder har en syreatom gemensam med fyra olika As-tetraedrar och kristallen byggs upp av oändliga kedjor med sammansättningen $\text{Me}^{2+}(\text{AsO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ längs med den kristallografiska *c*-axeln. Den här uppbyggnaden kan bl.a. förklara att det finns en bra spaltning i den kristallografiska *b*-axelns riktning; bindningskrafterna som håller samman kedjorna är starka i två riktningar (*a*, *c*) men svaga i en riktning (*b*). De envärda metallatomerna finns i hålrummen som återstår mellan kedjorna och de omges av sex stycken syreatomer och en vattenmolekyl.

De svenska lokalerna**Harstigen**

Som nämnts ovan finner man brandtit i öppna hålrum i ett skarn som domineras av mörkt brun klinopyroxen med varierande mängd hematit, magentit, rodonit och Mn-flogopit. Detta för ådror av senapsgul granat som delvis öppnar sig till hålrum vars väggar är klädda med väl kristalliserade arsenater och karbonater. Enkla kristallindivider kan nå 5–10 mm storlek men är huvudsakligen betydligt mindre. Ofta växer flera brandtiter sam-



Figur 1. Kristallteckning av brandtit (från Aminoff 1919).

man till oregelbundna aggregat som bildar vita grupper på rödbrun-brun karyopilit (Figur 2). Som sist bildade fas syns sfäroliter eller knippen av Ca-kutnahorit och kalcit på arsenatet. Brandtiten kan vara lokalt mycket talrik och bilda mattor som täcker hålrummen i skarnet. I dessa rikt arsenatförande sprickor uppträder även små individer av det ytterst rara mineralet flinkit; särskilt ofta är det fallet om baryt och/eller sarkinit finns med brandtiten.

Trots att mer än etthundra år passerat sedan gruvan stängdes går det fortfarande att finna brandtit i varpmaterial. De bästa bitarna hittas givetvis i ovittrade stora skarnstyckens inre vilka innehåller friska hålrum men även ytor som varit exponerade för luftens oxiderande verkan har klarat sig förvånansvärt bra. Brandtiten tenderar att vara svagt gulbrun på ytan men med lämplig rengöring kan attraktiva kristaller erhållas. De omgivande mineralen är dock ofta sotsvarta.

Pajsberg

Från den Stora Pajsbergsgruvan är arsenat tidigare enbart rapporterat i form av sarkinit. Dock fann jag för två år sedan ett stort murket, sotsvart till brunt manganmineraliserat block alldeles vid stranden till sjön Yngen. I blocket fanns relativt tjocka barytfulla sprickor som ställvis öppnade sig till hålrum. På tunna sprickor i andra riktningar än de barytförande uppträder små men tydliga rosetter av vit brandtit och i karbonatdominerade bruna drusiga partier av blocket finns rikligt med ytterst små vita nålar som troligtvis består av svabit. Brandtiten är verifierad med XRD.



Figur 2. Brandtitkristaller (ca 4–5 mm) omgivna av karyopilit. Harstigen. Foto Per Nysten.

Långban

Mineralet uppträder tydligt sekundärt i hålrum som klara, avlånga men platta kristaller, växande på gula amfibolnålar (richterit) vilka tillsammans med svabit och kvarts bildar ett stängligt-fibrigt skarn med övergångar till bandad hematit, röd tilasit samt brun klinopyroxen (schefferit). Ställvis finns även tunna övertvärande sprickor i dessa skarn vilka för vita solar av brandtit. Mineralet är betydligt mer utsträckt i *b*-axelns riktning jämfört med originalmaterialet från Harstigen. Kristallstorleken når högst några millimeter.

Brandtit globalt

I Europa finns brandtit i form av gråvita spaltande massor associerat med arsenater (tilasit, sarkinit, berzeliit, grischunit) på kvartsförande sprickor i en manganmineralisering som heter Falotta nära Oberhalbstein i kantonen Graubünden i Schweiz. Det är vidare rapporterat från Rappold och Danielgruvorna vid Schneeberg i Sachsen, Sailauf nordost om Aschaffenburg i Bayern samt Vrancice nära Příbram i Böhmen. Man finner dessutom brandtit i Sterling Hill, New Jersey, USA. Här finns mineralet i hålrum med rhodokrosit, kopperkalk, zinkblände, franklinit, kalcit och willemitt. I Asien hittas det i Ushkatyn III gruvan, Atashudistriktet, Kazakstan och i Afrika i Wesselsgruvan, Kuruman, Sydafrika.

Litteratur

- Aminoff, G., 1919: Kristallographische Untersuchung von Brandtit. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 41, 161–174.
- Boström, K., 1965: The occurrence of senarmontite, stolzite, cuprite and brandtite at Långban. *Arkiv för Mineralogi och Geologi* 3, 573–576.
- Dahlman, B., 1952: The crystal structures of kröhnkite, $\text{CuNa}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and brandtite, $\text{MnCa}_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. *Arkiv för Mineralogi och Geologi* 1, 339–366.
- Hawthorne, F.C. & Ferguson, R.B., 1977: The crystal structure of roselite. *Canadian Mineralogist* 15, 36–42.
- Holtstam, D. & Langhof, J. (red.), 1999: *Långban. The mines, their minerals, geology and explorers*. 215 s. Raster Förlag.
- Lindström, G., 1891: Mineralanalyser. 1. Brandtit från Harstigen. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 13, 123–127.
- Nordenskiöld, A.E., 1888: Referat. *Öfversigt af Kungliga Vetenskaps-Akademiens Handlingar* 45, s. 418.
- Peacock, M.A., 1936: On roselite and the rule of highest pseudo-symmetry. *American Mineralogist* 21, 589–602.
- Wolfe, C.W., 1940: Classification of minerals of the type $\text{A}_3(\text{XO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. *American Mineralogist* 52, 1190–1197.

Per Nysten är universitetslektor vid Institutionen för geovetenskaper samt intendent vid Evolutionsmuseet vid Uppsala universitet;
per.nysten@geo.uu.se

"Tänk globalt, handla..."

Mitt i sommarvärmen men före de i föregående Gf-perspektiv förutsedda artikelstimmen om "katastrofala" algbloomingar runt våra kuster innehöll de flesta svenska dagstidningar en junidag en larmrapport om hur mycket kvicksilver som släpps ut med röken från svenska krematorier. För dem som är intresserade av ekologi var tidningsartiklarna om krematoriernas utsläpp av kvicksilver ändå trösterika. I slutet av 1980-talet brännmärktes ju krematorierna som "miljöbovar". Kviksilver från tandplomber sades 1995 stå för en fjärde del av mängden kvicksilverutsläpp i den svenska naturen. Naturvårdsverket har sedan den tiden fått branschen att satsa på rening av det som går ut via krematoriets skorsten. 1996 stod utsläppsbilden klar. Sveriges krematorier släppte då ut 280 kg kvicksilver per år, men 1998 hade det minskat till 180 kg och år 2000 var det "bara" 122 kg. Detta sägs bero på rening av de rökgaser som går ut ur krematorieskorstenarna, men kan måhända delvis även förklaras av att folk alltmör har plast eller guld i stället för amalgam i käften. Hur som helst installerar alltför krematorier kvicksilverfilter. Därigenom går kvicksilverutsläppen bevisligen ner. Det finns kommuner som inte tror på effektiviteten av filtren och som därför provar en annan reningsslag, nämligen tillsats av selen under själva kremeringen. Selenet binder kvicksilvret, som då inte far ur skorstenen. Man får hoppas att miljöövervakarna vet vad dom gör, eftersom selen är precis lika giftigt som kvicksilver. I gasform tillhör selenväte, fosforväte och arsenikväte de giftigaste gaser man känner, men i krematorierna bildas förhoppningsvis bara selenkvicksilverföreningar som är eller i vart fall anses vara olösliga i naturen. Tyvärr ger tidningsartiklarna inga uppgifter om kostnaderna under de senaste fem åren för att halvera de svenska krematoriernas kvicksilverutsläpp till 100 kg per år. Kostnader för nedbringandet av våra egna föroreningar bör alltid intressera geologer. Vi har ju kunskanden om vad de naturliga processerna åstadkommer. Vi vet att magman i Jordens inre är den stora leverantören i ekosystemen.

Europas största aktiva vulkan Etna fick ett medelstort utbrott i juli. Det pyser än lite utöver det vanliga. Massmedierna bevakade förstas Etnautbrottet som en stor nyhet. Explosiva utbrottsfaser förhindrade flygplan från att lyfta och landa på Catanias lantliga flygplats. När Etnalavan hotar hus och hem är det sensationella nyheter, liksom när maskinhuset för skidliftarna i toppområdet kommer i fara. Den massmediala rapporteringen avslutades i augusti med att de sicilianska turistmyndigheterna påstod att utbrottet lett till ett inkomstbortfall på motsvarande 200 miljoner kronor. Inte förrän vid hennes nästa utbrott återuppvaknar det massmediala intresset för sköna Mongibello. Det är tråkigt för den del av allmänheten som har ett verkligt miljöintresse. För ur alla aktiva vulkaner avgasas oavbrutet åtskilligt av ekologisk betydelse. Här finns bara plats för kvicksilvret. Under ett vanligt år utan utbrott kommer det 27.000 kg kvicksilver ur Etna. Vid småutbrott fördubblas den årliga mängden, vid stora utbrott tiobubblas siffran. Snart har vi i Sverige kvicksilverrening på alla de 70-talet krematorierna i landet, vilket minskar utsläppen till långt under 100 kg kvicksilver per år, men Etna fortsätter med sina årliga minst 27.000 kg. Under de senaste 3500 åren har Etna haft utbrott under högst 350 av dem men vilat sig under mer än 3000 år. Etna har således utbrott - med en fördubbling av miljöeffekterna - något oftare än vart tionde år.

Detta ursäktar självfallet inte våra egna kvicksilverutsläpp, men som geolog måste man fråga sig om miljöförhållanden alltid används förnuftigt i vårt land. Borde man inte ägna de geologiska processerna större uppmärksamhet? Eftersom citronerna från Etnas slutningar är lika goda som vinerna kan man väl undra om inte undersökningar av naturliga buffertsystem borde betraktas som strategisk miljöforskning. Kanske vore det strategiskt klokare att satsa mer pengar på forskning kring vulkanism och nya dentalmaterial än på nya kvicksilverfilter för krematorieskorstenar eller nya mätinstrument med ännu större decimalnogrannhet för skorstenarna? Etna är faktiskt inte den enda aktiva vulkanen i världen. Vi geologer kan ge namn på ytterligare 1500 på land. Människan har under de senaste 10.000 åren fått känna av sannolikt mer än 75.000 vulkanutbrott. Det finns mer än femtio aktiva vulkaner i vårt geologiska närområde. Europas materiella kultur kan inte gå under genom människans koldioxidutsläpp, däremot av ett enda supervulkanutbrott. Så frågan om vad som är strategisk miljöforskning kvarstår. Historiker klagar med rätta på att skolan inte längre ger historiskt perspektiv på oss själva och vår kultur. Astronomer, geologer, geofysiker och oceanografer som arbetar med det djupare tidsperspektivet har ännu större anledning att svära högt.

Sven Laufeld



perspektiv

En prenumeration

på *Geologiskt forum* 2001 (nr 29–32) kostar 140 kr.

Gör så här: betala 140 kr till **Swedish Science Press** på postgiro 489 78 50-6 eller bankgiro 914-4601.

Märk inbetalningskortet Geologiskt forum 2001.

Medlemskap i Geologiska Föreningen

kostar 400 kr/år. Studerande betalar dock endast 200 kr/år (under max. 4 år). Medlem erhåller årligen fyra nummer av *Geologiskt forum* och fyra häften av föreningens engelskspråkiga vetenskapliga tidskrift *GFF*.

Gör så här: betala medlemsavgiften 400 kr alt. 200 kr till **Swedish Science Press** på postgiro 489 78 50-6 eller bankgiro 914-4601. Märk inbetalningskortet Ny medlem i Geologiska Föreningen, avgift för 2001 alt. Ny studerande-medlem i Geologiska Föreningen, avgift för 2001.

Skriv tydligt namn och adress på inbetalningskortet, tack!

Geologiska Föreningens hemsida

(med adressen <http://www.sgu.se/gf>) besöks inte särskilt ofta av föreningens medlemmar. Det framkom av enkät-svaren som redovisades i förra numret av *Gf*. En kort presentation kan därför vara på sin plats.

Hemsidan, som funnits sedan 1997 och som uppdateras ungefär var tredje månad, består f.n. av 21 dokument med sökbar text och 48 bilder. Dokumenten är länkade sinsemellan och till förstasidans 10 knappar enligt följande:

- **Anslagstavla** visar bl.a. de senast utkomna numren av *GFF* och *Gf* samt annan aktuell information.
- **Styrelse och adresser** innehåller uppgifter om styrelsens ledamöter och hur de kan kontaktas.
- **Möten/exkursioner** visar tid och plats för Föreningens planerade möten och exkursioner.
- **Tidskrifter** länkar till flera större dokument med detaljerad information dels om *GFF* och tidskriftens innehåll och abstract sedan 1998, dels om *Geologiskt forum* och en presentation av alla utkomna nummer.
- **Prenumerationer** ger information om priser mm.
- **Medlemskap** ger information om avgifter mm.
- **Hedersledamöter** förtecknar samtliga 95 hedersledamöter som invalts i Föreningen sedan 1889.
- **Styrelsefunktionärer sedan 1871** förtecknar samtliga ordförande, sekreterare, redaktörer och skattmästare som verkat i Föreningen alltsedan dess tillkomst.
- **Utmärkelser, stipendier och priser** visar ett dokument med detaljerade uppgifter om Föreningens utmärkelser, stipendier och priser, och mottagare av dem.
- **Länkar** ansluter till drygt 50 geovetenskapligt relaterade institutioner etc. i Norden och övriga världen.

GEOLOPPIS

KÖPES: Mineralsamling med dokumentation. Speciellt söks äldre mineral med originaletiketter och askar och gärna förvaringsmöbel. Även instrument, kristallmodeller, förvaringsmöbler etc. för mineral. Tel. 0584-20041.

KÖPES: Äldre mineral-litteratur av bl.a. Wallerius, Igelström, Hisinger och Retzius. Även äldre boksamling inom mineralogi-geologi. Tel. 0584-20041.

SÄLJES: *Sveriges Fosfatfältgångar*. Av Per Geijer. 64 s. 15 Fig., 2 Tavlor. SGU C 294. 50 kr + porto. Tel. 0431-434069.

SÄLJES: *Norrland - Naturbeskrifning*. Av A.G. Högbom. 412 s. 174 Textfig., 17 Pl., 6 Kartor. Norrländskt Handbibliotek 1. Almqvist & Wiksell, Uppsala 1906. 250 kr + porto. Tel. 0431-434069.

SÄLJES: *Die Zoantharia Rugosa von Gotland (bes. Nordgotland). Nebst Bemerkungen zur Biostratigraphie des Gotlandium* av P.R. Wedekind, 1927. SGU Ca 19. 95 s. + 30 planscher. Kartonerat band i utmärkt skick. 600 kr + porto. Tel. 018-421282.

Under rubriken "Geoloppis" intas gratis annonser från privatpersoner. Det kan gälla böcker, utrustning, samlingar, etc. Beskriv objektet, ange pris, avsluta med telefonnummer, faxnummer eller e-postadress.

Sänd Din annons till tidningen senast 1/11 (adress, fax och e-post, se sid. 2). Nästa nummer kommer i december!

The Geological Society of Sweden

A scientific, non-profit organization for the advancement and promotion of geology, theoretical as well as applied, and related fields of natural and technological sciences. Founded 1871.

Geologiska Föreningen

Sveriges riksförbund för geologi, med syfte att främja och stötta geologin, såväl den teoretiska som den tillämpade, samt de med geologien besläktade natur- och teknologiska vetenskaperna. Bildad 1871.

- Notice-board: **Anslagstavla**
- Council and addresses: **Styrelsen och adresser**
- Meetings/excursions: **Möten/exkursioner**
- Journals: **GFF Geologiskt forum Tidskrifter**
- Subscriptions: **Prenumerationer**
- Membership: **Medlemskap**
- Honorary Members: **Hedersledamöter**
- Working offices of the Council since 1871: **Styrelsefunktionärer sedan 1871**
- Honours, scholarships and awards: **Utmärkelser, stipendier och priser**
- Links: **Länkar**

Web-site editor/Webbplatsredaktör: **Björn Sundquist**
 27th Ed., 15th September 2001. (1st Ed., 7th November 1997)

GEOLOGISKA FÖRENINGENS STYRELSE 2001 (<http://www.sgu.se/gf/gfstyr.htm>)

Birger Schmitz, ordf., Inst. för geovetenskap, Göteborgs universitet, Box 460, 405 30 Göteborg, tel. 031-7734902, epost birger@gvc.gu.se

Dan Holtstam, sekr., Sekt. för mineralogi, Naturhistoriska riksmuseet, Box 50007, 104 05 Stockholm, tel. 08-51954076, epost dan.holtstam@nrm.se

Kajsa Hult, skattm., Sveriges geologiska undersökning, Box 670, 751 28 Uppsala, tel. 018-179358, epost kajsa.hult@sgu.se

Björn Sundquist, red., Geologiska Föreningens redaktion, c/o SGU, Box 670, 751 28 Uppsala, tel. 018-179276, epost gff@sgu.se

Lars Holmer, ledam., Inst. för geovetenskap, Uppsala universitet, Norbyvägen 22, 752 36 Uppsala, tel. 018-4712761, epost lars.holmer@pal.uu.se

Karin Högdahl, ledam., Lab. för isotopgeologi, Naturhistoriska riksmuseet, Box 50007, 104 05 Stockholm, tel. 08-51954004, epost karin.hogdahl@nrm.se

Claes Mellqvist, ledam., Tideliugatan 50, 118 69 Stockholm, tel. 0736185768, epost clme@sb.luth.se