

nr 45

mars 2005

årgång 12

Geologiskt forum

Sveriges enda geologiska populärvetenskapliga tidskrift

Tsunamikatastrofen i Sydostasien
Grímsvötns utbrott november 2004



4600 miljoner år på 144 sidor

CAI-kondruler i kondriter
solsystemets äldsta
fasta material



Geologiskt forum i stöpsleven

I samarbete med Geologins Dag utfördes nyligen en läsarundersökning bland våra medlemmar och prenumeranter. Vi fick in många svar, och jag vill på detta sätt tacka er som svarade på enkäten. Geologiska Föreningens styrelse för just nu en intensiv diskussion om *Geologiskt forum*. Bakgrunden är naturligtvis att vi inte lyckats få ut tidskriften till så många som vi önskat. För närvarande har vi drygt 900 medlemmar och prenumeranter, ett allt för lågt tal om vi vill fortsätta ha en hög ambitionsnivå vad gäller kvalitet. Det kan finnas tre anledningar till att inte fler prenumerar; 1) folk känner inte till att *Geologiskt forum* finns, 2) många människor har sett tidskriften men tycker inte att den är tillräckligt intressant och bra, 3) det är för dyrt att prenumerera. Det sistnämnda tror jag inte är den avgörande faktorn. Vi kan i alla fall inte göra något åt det. Bara kostnaden för tryckning och distribution går på ca 135 kr per prenumerant. Hur är det då med de två första punkterna. Genom Geologins Dag har många tusentals människor kommit i kontakt med *Geologiskt forum*, trots det har antalet prenumeranter som hittat oss den vägen endast varit 10-20 per år. Det kan visserligen vara så att de både sett, läst och uppskattat tidskriften, men inte förstått att den är en periodisk tidskrift som det går att prenumerera på. Punkt två ovan kan bero på två orsaker, antingen att vi inte kommit i kontakt med rätt målgrupp, eller att *Geologiskt forum* faktiskt inte är tillräckligt intressant. Vad är då rätt målgrupp? Som jag ser det finns fyra potentiella målgrupper, 1) geologer verksamma ute i företag och myndigheter, 2) geologiskt/mineralogiskt intresserade, s.k. amatörgeologer, 3) skolor och eller lärare inom naturvetenskap på högstadies- och gymnasienivå, 4) (natur-) vetenskapligt intresserad allmänhet. Skulle vi rikta oss speciellt mot någon av dessa grupper måste *Geologiskt forum* stöpas om. Den första gruppen vill antagligen ha mer fackligt yrkesmässigt inriktat material, den andra gruppen vill ha mer mineral- och fossilartiklar, den tredje vill ha "lättare" och mer tillrättalagda texter. Den fjärde gruppen nöjer sig nog med mer läsvärda och intresseväckande artiklar, något som de övriga antagligen inte heller skulle ha något emot. Som redaktör tror jag lösningen ligger i det sistnämnda. Fler välskrivna och breda artiklar är troligen det bästa sättet att hitta fler läsare. De olika geovetenskaperna omfattar nästan allt här på jorden, från hur livet uppkom och utvecklades, till de exotiska fysikaliska och kemiska processer som äger rum i jordens inre. Genom klimatdebatten står också geovetenskapen mitt i den kanske viktigaste naturvetenskapliga frågan människan upplevt. Klimatforskning ur olika aspekter är också något som många av Sveriges geovetare är verksamma med, men ändå syns detta inte i *Geologiskt forum*, varför? Den s.k. tredje uppgiften, d.v.s. att föra ut sin forskning till allmänheten är allt för lågt prioriterat hos många forskare. Det är mycket synd, för här sitter vi nog på en av lösningarna för *Geologiskt forum*. Det finns mycket bra och intressant forskning som allt för få känner till. Jag tror att om fler forskare tog tredje uppgiften på allvar och skickade manuskript till *Geologiskt forum*, så skulle bredden och kvaliteten på tidskriften öka, och därmed ökar sannolikheten för att den ska överleva. Så, alla Sveriges forskare, är det inte dags att göra ett försök och lämna ett bidrag så att vi får behålla *Geologiskt forum*?

Joakim Mansfeld



Omslagsbilden

Vulkanutbrottet i Grímsvötn på Vatnajökull i november förra året. På bilden syns krateröppningen där den asktäckta kratersjön kan skönjas och den uppspruckna iskanten tydligt syns. Fotot är taget kl. 10.25 den fjärde november, på utbrottets tredje dag. Läs mer om Grímsvötns senaste utbrott i artikeln av Erik Sturkell och Fredrik Holm på sidorna 20–23. Foto Fredrik Holm.



Geologiskt forum utges av Geologiska Föreningen (Sveriges riksförening för geologi), i samarbete med Föreningen för Geologins Dag, och med ekonomiskt stöd från Sveriges geologiska undersökning.

SGU

Sveriges geologiska undersökning

Ansvarig utgivare, redigering och layout: Joakim Mansfeld

Foto och illustrationer (om inte annat anges): Joakim Mansfeld

Redaktionens adress:

GF:s redaktion, institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, tel 08-6747727, fax 08-164424; gff@geo.su.se; www.geologiskaforeningen.nu

Geologiskt forum trycks helt i fyrfärg i ca 1500 ex. av Alfa Print AB, Sundbyberg

Distribution, prenumerationsärenden, adressändring och köp av tidigare nummer:

Swedish Science Press, Box 118, 751 04 Uppsala, postgiro 4897850-6, bankgiro 914-4601, tel 018-365566, fax 018-365277; info@ssp.nu.

ISSN 1104-4721

Geologiskt forum (startår 1994) 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.

Redaktionsråd:

Jan Bergström, Holger Buentke, Christer Carlberg (Hallands Geologiklubb), Ingemar Cato, Rolf Frankenberg (Upplands Geologiska Sällskap), Emil Gregori (Tunabygdens Geologiska Förening), Dan Holtstam, Antti Hulterström (Västerbottens Amatörgeologer), Mikael Jansson (Bergslagens Geologiska Sällskap), Erik Mofjell (Göteborgs Geologiska Förening).

Tidskriften ingår i det ordinarie medlemskapet i Geologiska Föreningen.

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

Ordinarie lösningspris: 50 kr.



I DETTA NUMMER

Geologiskt forum i stöpsleven	<i>J. Mansfeld</i>	2
Geonotiser		3
Tsunamikatastrofen i Sydostasien	<i>S. Laufeld</i>	4
Det permiska–triassiska massutdöendet	<i>M. Calner</i>	8
Bokrecensioner	<i>I. Jönsson</i>	13
Medicinsk geologi	<i>O. Selinus</i>	14
Grimsvötns utbrott november 2004	<i>E. Sturkell & F. Holm</i>	20
Bibeln och geologin	<i>B. Loberg</i>	24
4600 miljoner år på 144 sidor	<i>J. Mansfeld</i>	29
De röda husen – bokanmälan	<i>E. Norling</i>	30

Geonotiser

Mars var geologiskt aktiv alldeles nyligen

Ett forskarlag från Tyskland, Ryssland, USA och Storbritannien har, i data från ESAs Mars Express mission, funnit spår av vulkanism som skedde för så pass nyligen sedan som 350 miljoner år. Det är en så kallad flank-kaldera på nordvästra sidan av sköldvulkanen Hecates Tholus (ca 32°N, 150°E) som uppvisar tecken på ett explosivt utbrott som skapade en omkring 10 km stor kaldera.

Mer intressant än vulkanismen är dock de förmodade glaciala avlagringarna som delvis fyller kalderan. De beräknas vara så pass unga som 5–24 miljoner år. Det betyder att Mars kan till för så nyligen som fem miljoner år sedan ha haft aktiv glaciation. Nutidens Mars har inga klimatologiska förutsättningar för glaciation utan något måste ha hänt de senaste miljoner åren som ändrat klimatet på Mars. Lutningen på planetens rotationsaxel har också varierat kraftigt under de senaste århundradena. För omkring fem miljoner år sedan ändrades lutningen från att ha varit i medeltal 35° till dagens drygt 20°. Den kraftigare lutningen gav Mars ett annorlunda klimat som i sin tur möjliggjorde aktiv glaciation. Man har också observerat att de glaciala avlagringarna saknar dödisgröpar, dvs det är sannolikt att isen fortfarande ligger kvar under ett tunnt täcke av morän.

Källa: *Nature* Vol. 434

Upprättgående människa blir äldre

Skelettdelar av en varelse som uppenbarligen gick på två ben har hittats i Afar-depressionen i Etiopien. År 2003 hittades bland annat överarmsben, under-

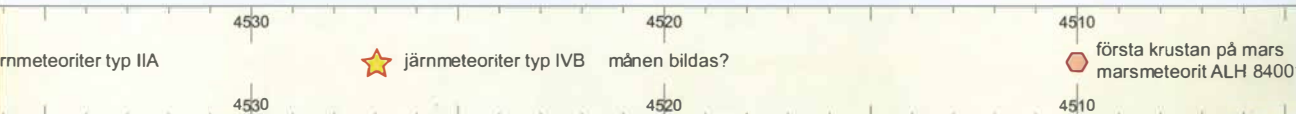
armsben, lårben, bäckenben och revben från en individ som antas ha levt för omkring 3,8–4 miljoner år sedan. Äldre fossil än detta har hittats och hänförs till hominiderna, men detta fynd är det första där man med säkerhet kan säga att det rör sig om en upprättstående varelse. Det är formen på vadben och bäcken som avslöjar gångsättet.

Källa: *Science* Vol. 307

Homo Floresiensis var H. Erectus-släkting

Fyndet av en ny människoart som levde för ett så kort tag sedan som 18 000 år är nog en av de mest sensationella fynden som gjorts de senaste åren. Det har dock diskuterats om det verkligen var en helt ny människoart eller om det var en pygmevariant av den moderna människan (*Homo Sapiens*). Det föreslogs till och med att fossilet som hittades kom från en individ med onormalt litet huvud. Nu har närmare studier av kraniet visat att hjärnskålen skiljer sig på avgörande sätt från den moderna människan och att *H. Floresiensis* troligen härstammar från *Homo Erectus*. *Erectus* uppstod i Afrika för ca 2 miljoner år sedan och kom sedan att spridas till Asien och Europa där de utvecklades till egna arter (Java- och pekingmänniskan respektive neanderthalare). Med *Floresiensis* har *Erectus*-varianterna nu alltså ytterligare utökad perioden de existerade och därmed befäst *Homo Erectus* som den mest lyckade människoarten. *Homo Sapiens* har existerat maximalt i 200 000 år.

Källa: *Science* Vol. 307



Tsunami!

Annandag jul blev på ett tragiskt sätt en påminnelse om den dramatiska påverkan geologin kan ha på våra liv. Tsunamivågor har drabbat jorden ända sedan det första havet bildades, och de kommer att fortsätta till dess att jordens inre stelnat. Vi kan aldrig förhindra tsunamivågor, men genom att studera dem kan vi lära oss hur de påverkar jorden, och kanske på så sätt skydda oss mot de stora skadeverkningarna.

AV SVEN LAUFELD

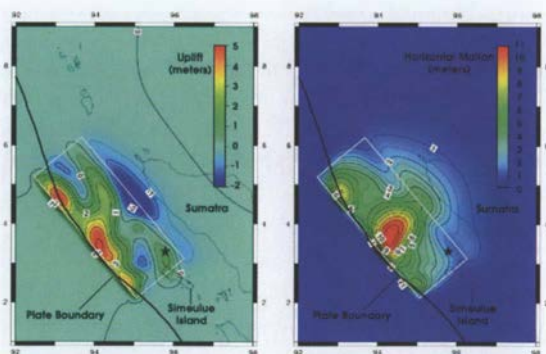
Den som vill veta vad som händer när en serie tsunamivågor dundrar in mot en tropisk strand skall åka till Gotland. Det som har inträffat tidigare i jordens historia är nyckeln till att förstå vad som kommer att ske i framtiden. Under silurtiden, då de kalkstenar som idag bygger upp vår Östersjö bildades som rev av koraller och andra kalkutfällande organismer, hade Sverige ett klimat som liknar dagens i södra Indien, Sri Lanka, Thailand och Sumatra. I den gotländska lagerserien kan man i detalj studera hur dåtida vulkanutbrott och jordskalvgenererade tsunamivågor påverkade såväl havssedimenten som växt- och djurlivet i det dåtida grundhavet. Som alla nu vet bildas tsunamivågor när rörelser sker utmed förkastningar på havsbotten. Annandagens julmorgon i fjol höjdes havsbotten utanför Sumatras nordvästligaste kust plötsligt och vertikalt 5 meter, mera sidledes (se figur till höger). Förkastningsrörelserna i kollisionszonen orsakade ett undervattensskalv med magnitud 9,0 och massuppflyttningen av havsbotten alstrade en serie tsunamivågor som spreds ringformigt. Det tog inte många minuter innan den första tsunamivågen nådde närmsta landområde, provinsen Acehs västra kust 150 km från havsskalvets epicentrum. Ett jordskalv med magnitud 7,0 ger ofta 1–1,5 m höga tsunamivågor som är farliga för människor och djur i strandzonen. Vid magnitud 8,0 är tsunamivågorna 4–8 m höga, vid magnitud 9,0 minst 15–20 m så nära jordskalvshärden. Höjden på vågorna bestäms slutligen av botten-topografins utformning vid den kust som träffas.

Att antalet dödade människor utmed Acehkusten kommer att överstiga 220 000 beror på hög folktäthet. Svårare att förstå är nog att förödelsen efter den kanske 30–50 m höga vattenväggen blev så total i provinshuvudstaden Banda Aceh. Tsunamivågorna når ju

ofta inte mer än ett par km in över land, oftast mindre än 1000 m också vid så här höga vågor. Det som gör tsunamierosionen så effektiv att alla hus ser ut som om de har rakats av en jättehyvel som enbart lämnar polerade stengolv efter sig är att den strandnära tsunamin inte bara består av vatten.

Tsunamivågen

Tsunamivågorna rör sig genom vattenmassan i djuphavet ungefär lika fort som ett flygplan går genom luften, men det är ofta mer än 100 km mellan två vågtoppar. När havet blir grundare ökar vattnets friktion mot havsbotten, vågens hastighet minskas därigenom till bara 30–40 km/h, alltså mopedfart. Vattenmängden i vågen minskar däremot inte, så vågens uppbromsning leder till att den inkommande tsunamin växer



Jordskorperörelserna i skalvet som orsakade tsunamivågen den 26 december 2004. Till vänster visas de vertikala rörelserna, till höger de horisontella. Bild NASA.

4500

4490

jordens kärna bildas

4500

4490

4480



vulkanism på asteroiden Vesta

4480



Tsunamin drar sig tillbaka från Kalutastranden på Sri Lanka. Lägg märke till erosionen. Bild NASA 2004-12-26.

i höjd. Ju större magnitud på skavet, desto större vattenmassa sätts i rörelse, desto högre vattenvägg dånar in på stranden. Redan på ett par hundra meters vattendjup blir vågfriktionen mot havsbotten så stor att sedimentpartiklar börjar virvlas upp och följa med i vattenmassan, ju grundare desto större partiklar. I korallrevområden med några tiotal meters vattendjup rycks koraller och andra revbyggare loss från revet, vid tio meters vattendjup mals hela revområden bort. Tsunamin är nu en tung vätska med en densitet på kanske 1,3. Färgen speglar bottenbottenfärg. En videofilm från Aceh visar att vätskekyllan var nästan svart (mörka lavabergarter och vulkansediment), i Thailand var tsunamivågorna mycket ljusare, en var nästan vit (korallsand och nermalda korallrev). Det är här Gotland kommer in. Den som besöker kalkstenskusten vid t ex kodnamnslokalerna Kuppen och Snabben kan se hur kalkstensstyckena som slets ur den siluriska havsbotten rundades av tsunamivågorna när de slipade ner de lokala hemserens överytor, så att de ser glacialrepa och polerade ut. En tsunamivåg kan för geologer liknas vid en jättelik men kvick glaciärtunga. Vi geologer har facit för att förklara tsunamieffekterna, eftersom vi – om vi har fått en bra universitetsutbildning – har lärt detta genom att undersöka de geologiska lagerserierna. På Gotland kan vi se hur tsunamier efterlämnar konglomeratiska lager såväl som sandiga. Om vi jämför våra petrografiska

data från de knappt 400 miljoner år gamla gotländska kalkstenarna med dem från en nyss tsunamidrabbad strand ser vi förbluffande likheter. Men för en oerfaren paleoekolog ställer en fossil tsunami till trassel, eftersom den transporterade in organismer från såg 100 m vattendjup till strandsedimenten eller upp på land. Men våra kunskaper är mycket nyttiga när man vill reparera tsunamiskador på ekosystemet. Vi kan ju beskriva hur lång tid det tar innan växt- och djurlivet har återinvandrat och i vilken följd organismerna återvänder. Bara på Gotland kan vi undersöka detta i dussintals strandskärningar i berggrunden.

En ensam tsunamivåg är en omöjlighet, de kommer alltid som en serie. Den som vet detta har chansen att klara sig, eftersom en tsunamivågtopp inte bara har en vågdal bakom sig utan också en framför sig. I Thailand räddades många människors liv av en skolflicka som fått veta detta av sin lärare. När vattnet försvann från stranden skrek hon att en tsunami var på väg och att alla skulle springa så högt upp som möjligt. Självt har jag efter 15 års föreläsande om naturkatastrofer i alla delar av världen före 2004 bara träffat en enda person som överlevt en tsunami. Hennes indonesiska by totalförstördes, hon klarade sig men hon insåg inte vad som hände. Alla fiskare och sjöfarande utmed Chiles kust tar till benen uppåt kullarna när havet "försvinner". Chile är jämte Japan och Hawaii särskilt utsatt för tsunamier. Det finns världskartor med rödmarkering

4470

vulkanism på moderkroppen
till meteorit NWA 011

4460



4460

första krustan på månen (höglanden)
järnmeteorit typ IVA

4450

jodens mantel bildas

4470

4450



Khao Lak i Thailand, 500 km från skalvepicentrum. Nedre bilden är tagen 2003-01-03. Övre bilden tagen tre dagar efter tsunamin med våghöjd 10 meter. Bilder NASA.



på de mest tsunamidrabbade kusterna. Indonesien har mycket rött, Thailand inget rött alls. Medelhavet har åtskilliga röda kuster, Nordsjön inga. Geologer inser varför vissa kuster är rödmarkerade samtidigt som alla kuster – också Sveriges – kan drabbas.

När en tsunamivåg går in över land bromsas den snart upp. Landytan översvämmas kontinuerligt av från havet inströmande vatten. Det varar ofta fem minuter eller så. Så rusar vattnet tillbaka, den första vågens vatten. Därefter "försvinner" havet liksom vid vågdalen före den första vågtoppen, men efter 5–10 minuter eller kanske en dryg halvtimme kommer nästa tsunamivåg. Scenariot kan upprepas mer än tre gånger.

När Lissabon Alla Helgons dag 1755 drabbades av Gorringeskalvet var scenariot ganska likt Annadagsskalvet utanför Sumatra 2004. Liksom Banda Aceh skakades sönder, raserades Lissabons stenhus vid nästan samma tid på dagen av ett jordskalv med magnitud 8,75. Det dröjde dock 80 minuter efter havsskalvet på Gorringebanken i Atlanten innan serien av tsunamivågor nådde den portugisiska huvudstaden. Även om den högsta vågen i Lissabon bara var 12 m fick den förfärande effekt. Flera tusen

huvudstadsbor hade flytt från stadskärnans ruiner och samlats på kajerna i hamnen för att med båt fly från förödelsen. Tsunamin där krävde sannolikt 10 000 liv, medan jordskalvet, stadsbranden, sjukdom och svalt skördade ännu flera offer.

Andra orsaker till tsunamis

Annandags- och Lissabontsunamierna genererades av jordskalv. Vulkanutbrott kan som bekant också alstra tsunamivågor. När 33 000 människor dödades på Javas västkust och Sumatras sydkust 1883 av tre stora tsunamivågor var orsaken att Krakatoa mitt emellan öarna fick sin slutparoxysm (VEI:6-utbrott), och 17 kubikkilometer fast materia, som dödade ytterligare människor, försvann från platsen. Den högsta vågen var mer än 30 m. Både vulkanutbrottets och tsunamins "anatom" är mycket väl beskrivna i en rad detaljerade ögonvittnesskildringar.

Jordskred kan orsaka tsunamivågor om jord- och bergmassorna hamnar i havet eller om det rör sig om undervattensskred. När Unzen hade ett utbrott i Japan 1792 dödades 15 000 personer av en 100 m hög tsunami när 500 miljoner kubikmeter berg och

Gleebruk, 50 km från Banda Aceh, Indonesien. Nedre bilden är tagen 2004-04-12, övre bilden är tagen 2005-01-02. Bilder NASA.



jord störtade drygt 500 m ner i en havsvik. Utanför Hawaiisstränder har enorma submarina skred åtskilliga gånger alstrat mer än 100 m höga tsunamivågor vid Stillahavskusterna. När vulkanen Santorini dryga 1620 år f.Kr. likt Krakatoa 1883 hade slutparoxysm slog en serie 50 m höga tsunamivågor in över kusterna i Medelhavet. Spåren av dem är fullt synliga än idag. Tsunamivågor kan genereras på många fler sätt och tsunamivågor är mycket vanligare än vad man kan förledas tro. Under min första vecka i Bangkok i år har jag redan hunnit belägga två tidigare okända tsunamier vid Thailands och Burmas kuster.

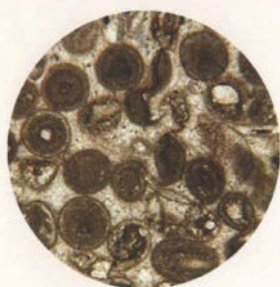
Inom kort kommer Thailand att bygga ett tsunami-varningssystem utmed Andamanhavet, men det kommer inte att skydda för vare sig supervulkanutbrott eller pandemier. Enorma summor används f.n. på att minska människans utsläpp av växthusgaser, men människan styr inte alls jordens klimat. Förhoppningsvis har människor efter Annandagstsunamin börjat inse att det är naturens egna, normala höghastighetsprocesser som kan hota oss, inte några långsamma processer. Geovetarnas nog viktigaste uppgift är att försöka få människor att se saker i ett längre tidsperspektiv än vad de har idag.

Läs mer

- www.geophys.washington.edu/tsunami (klicka vidare).
www.geus.dk, gå vidare till: Geologi-Nyt fra GEUS Nr 3 Okt 2002 och Nr 1 Sep 2004.
www.iris.edu/seismon
 Dawson, A.G., Long, D. & Smith, D.E., 1988: The Storegga slides: evidence from eastern Scotland for a possible tsunami. *Marine Geology* 82, 271–276.
 GITEC, EU-projekt om tsunamier vid Europas kuster. Koordineras från Bologna universitet.
 Hillmar, K.E., 1984: Tsunamin i Lituya Bay. *Longitude* 20, 46–53.
 Kienle, J., Kowalik, Z. & Murty, T.S., 1987: Tsunamis generated by eruptions from Mount St. Augustine Volcano, Alaska. *Science* 236, 1401–1492.
 Lange, W.P. De & Healy, T.R., 1986: New Zealand Tsunamis 1840–1982. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 29, 115–134.
 Laufeld, S., 2001: Tsunamivågor. *Svensk Sjöfartstidning*.
 Long, D., Dawson, A.G. & Smith, D.E., 1989: Tsunami risk in north-western Europe: a Holocene example. *Terra Nova* 1, 532–537.
 Long, D., Smith, D.E. & Dawson, A.G., 1989: A Holocene tsunami deposit in eastern Scotland. *Journal of Quaternary Science* 4, 61–66.
The International Journal of the Tsunami Society. (sök också på Stefano Tinti).
 Wakefield, J., 1994: Surprisingly destructive tsunamis challenge conventional wisdom. *EOS* 75(29), 322–323.

Sven Laufeld är docent i Historisk geologi och arbetar sedan 1991 som konsulterande geolog med naturkatastrofer som expert-område; svenlaufeld@hotmail.com

Ooliterna vid Tèsero – resultatet av ett massutdöende



För omkring 250 miljoner år sedan dog nästan allt liv på jorden ut. Istället för de vanliga biologiskt bildade kalksedimenten karaktäriseras perioden just efter massutdöendet av ooliter. Är det en tillfällighet eller säger det oss något om havets kemi vid denna dramatiska tidpunkt i jordens historia.

AV MIKAEL CALNER

Övergången mellan tidsperioderna perm och trias markeras av det största massutdöendet i jordens historia. Under tidigaste trias existerade endast en spillra av det rika liv som karaktäriserade den föregående paleozoiska evolutionistiska faunan. Mitt i denna frånvär av liv bildades istället något helt annat i överflöd, nämligen bergarten oolit. Är det en slump, eller kan effekterna av ett massutdöende vara orsaken till att biologiskt producerad kalksten ersätts av kemiskt producerad kalksten? Viska i denna artikel begeoss till den lilla bergsbyn Tèsero i Dolomiterna för att besöka Tethyshavets stränder kort efter katastrofen.

Inget utdöende kan mäta sig med det vid övergången mellan tidsperioderna perm och trias för 251 miljoner år sedan. De mest konservativa beräkningarna av utdöendets magnitud levererar häpnadsväckande siffror; att minst 75% av allt liv i haven dog ut. Andra beräkningar, som förefaller ligga närmare sanningen, talar om ofattbara 96%. Slutet av perm markerar en nära nog total kollaps av jordens ekosystem. En katastrof av sådana dimensioner att den knappt ryms i vår begreppsvärld. Bland de bottenlevande marina grupper som antingen utrotades eller reducerades kraftigt återfinns trilobiter, armfotingar, mossdjur samt flera revbyggande korallsläkten. På senare år har man konstaterat att även de landlevande djurgrupperna led stora förluster. Efter katastrofen, under loppet av ett fåtal miljoner år, under tidsavsnitten Induan och Olenekian (se tidsskalan), var jorden en mer död än levande planet. Först under Anisian, ungefär sex miljoner år efter utdöendet, hade vår planet återhämtat

sig hjälpligt. Det skulle dröja ytterligare mer än hundra miljoner år, ända till kritaperioden, innan antalet arter på jorden nådde samma nivåer som innan utdöendet vid slutet av perm.

En anakronistisk period

Evolutionens framfart är nyckfull. Massutdöenden kan på kort tid ändra förutsättningarna för en utveckling. Det ser vi exempel på i de sediment som avlagrades på havsbottenarna under Induan och Olenekian, alltså kort efter massutdöendet. Den kraftiga redueringen av de grävande och betande djurgrupper som vanligtvis rörde sig på botten och i de översta sedimentlagren ledde till att bottensedimenten inte omlagrades utan



Kontinenternas placering vid övergången från perm till trias. Det röda prickn markerar nordöstra delarna av Italien. Modifierad efter Scotese (1997).



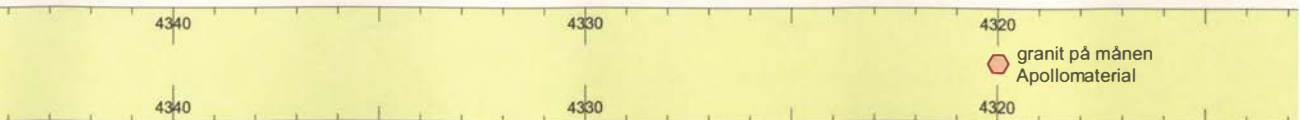


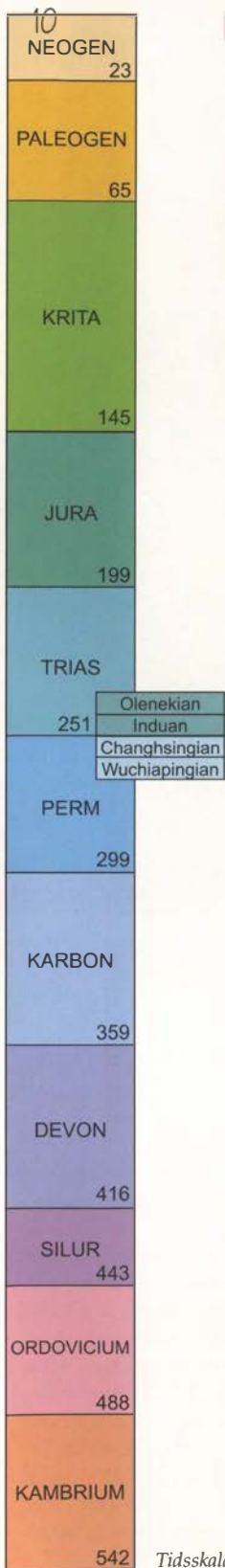
Dolomiterna vid Tèsero i nordöstra Italien består av sedimentär berggrund som en gång bildades på Tethyshavets havsbotten.

tvärtom bevarades ovanligt bra. Nu fanns det även utrymme för mikrober att bilda kolonier eller breda ut sig som mattor över havsbottenarna. I normala fall bevaras denna typ av biologiska strukturer huvudsakligen i tidvattenzoner eller i miljöer med extrema salthalter, t.ex. laguner. I frånvaron av predatorer (rovdjur) kunde de expandera ut i shelfhaven under Induan och Olenekian. Sedimentbergarter bildade i haven kort efter utdöendet karaktäriseras därför av att de uppvisar mycket välbevarade sedimentstrukturer och så kallade mikrobialiter, bergarter delvis uppbyggda av cyanobakterier och andra mikrober. Så till vida påminner bottenekologin under Induan och Olenekian om situationen före bioturberande organismer diversifierades och blev vanliga under den mellanordoviciska radiationen mer än 200 miljoner år tidigare. Tidig trias kan därför ses som en *anakronistisk tidsperiod*, en tidsperiod som äger karaktäristika typiska för en tidigare period i jordens historia.

Växthuskatastrof eller meteoritnedslag?

Man vet ännu inte vad som orsakade denna katastrofernas katastrof. I Sibirien finns mäktiga flodbasalter som tveklöst visar att jorden gick igenom en fas av omfattande vulkanism strax innan och under den tid som utdöendet varade. Basalterna täcker ett område mer än tre gånger så stort som Sveriges yta och de representerar den mest omfattande vulkaniska perioden under fanerozoisk tid. Många forskare menar att de stora utsläppen av koldioxid orsakade en ökning av den globala temperaturen och på så vis frigjorde andra växthusgaser som under årmiljoner legat inkapslade under havsbottenarna, så kallade metanhydrater. Detta skulle ha lett till en galopperande växthuseffekt och en klimatkatastrof. Andra forskargrupper har under de senaste åren studerat permo-triassiska sedimentlager i Kina och Japan och hävdar att de har indikationer på ett meteoritnedslag vid tidpunkten för utdöendet. En tredje grupp menar att de två teorierna kan relateras, att ett meteoritnedslag skapade vulkanismen!





Men det är inte detta som denna artikel handlar om. Den handlar istället om vad som hände då jorden för en kort historisk stund vilade, under utdöendets mest kritiska intervall, och innan en ny tid började. Vi ska bege oss till en plats som länge varit klassisk mark för studier kring det stora utdöendet vid slutet av perm, nämligen en vägskärning utanför den lilla byn Tèsero i Dolomiterna, nordöstra Italien.

Perm–triasgränsen vid Tèsero

De sedimentära bergarter som bildar berggrunden i området kring Tèsero avlagrades under tidsintervallet för den stora katastrofen för 251 miljoner år sedan. Vid denna tidpunkt var nordöstra Italien en del av *Tethyshavet* som låg på tropiska breddgrader insprängt mellan Gondwana i söder och den Eurasiska kontinenten i norr (se paleogeografisk rekonstruktion). Berggrunden kring Tèsero består huvudsakligen av dolomiter och dolomitiska kalkstenar som tillhör två olika formationer (se fotografi). De övre delarna av Bellerophonformationen består av leriga, ljusgrå dolomiter bildade i en tidvattenzon. Ovanpå dessa lager följer Werfenformationen som utgörs av brunröda, leriga och tidvis kraftigt omkristalliserade dolomiter. De översta centimetrarna av Bellerophonformationen utgörs av en nästan svart, kalkig lersten. Denna överlagras i sin tur av en kalksten rik på foraminiferer. I viss brist på data har somliga forskargrupper dragit gränsen för perm och trias vid lerstenen och andra på toppen av foraminiferkalkstenen. Idag drar man gränsen vid det första uppträdandet av konodonten *Hindeodus parvus*. Vid Tèsero har denna påträffats nära ovanför basen av Werfenformationen. Det är inom detta gränsintervall som effekterna av den stora katastrofen först märks. Därför är det extra intressant att den bergart som följer ovanpå foraminiferkalkstenen är, just det, en oolit! Och så är det inte bara vid Tèsero. På många ställen i nordöstra Italien finner man denna oolithorisont i anslutning till

perm–triasgränsen. Situationen är likadan i delar av Tauriderna i Turkiet där ooliter blir vanliga vid samma gräns. Om man tar sig till södra Kina finner man även här ooliter i anslutning till perm–triasgränsen. Alla dessa områden låg för 251 miljoner år sedan kring Tethyshavets kuster. En adekvat fråga är givetvis; har denna massförekomst av ooliter med utdöendet att göra?

Ooliter och massutdöenden

Bergarten oolit är bildad genom sammanfattning av ooider som är välrundade karbonatpartiklar i ett sandkorns storlek. Det krävs därför speciella preparat (tunnslip) och ett mikroskop för att kunna studera ooider i detalj (se fotografi). Själva ooiden har två beståndsdelar, en kärna (nucleus) och ett omgivande laminerat hölje (cortex). Kärnan består som regel av ett litet skalfragment men kan även utgöras av en minerogen partikel såsom ett kvartskorn. Höljet är en spontan oorganisk utfällning av kalciumkarbonat och uppvisar en koncentrisk eller radiell struktur. Ooider bildas idag på maximalt ett par meters djup i varma tropiska grundhav med hög avdunstning, t.ex. runt Androsön på Bahamas. Ooidbildning förutsätter att vattenenergin är så hög att sedimentkornen ständigt hålls i rörelse. Den ständiga rörelsen och successiva pålagringen av kalciumkarbonat ger ooiden nära på en klotform.

Efter att inledningsvis ha studerats i stor detalj har ooliter fått relativt liten uppmärksamhet under de senaste 20 åren. Ingen är idag säker på vilken miljömässig signifikans utbredda oolitförekomster har. Man menar att ooliter är en mycket god indikator på kalkbildning i grunt vatten. Det stämmer, men oolit är inte bättre än många andra typer av kalksten som också bildas i lika grunt vatten. För att inse det intressanta med ooliter måste man se mer övergripande på de karbonatbergarter som bildas i grundhav på tropiska breddgrader: Kalksten bildas på biologisk väg i enorma ekosystem! Det är en lika enkel

Tidsskala för fanerozoisk tid (kambrium–nutid)

4310

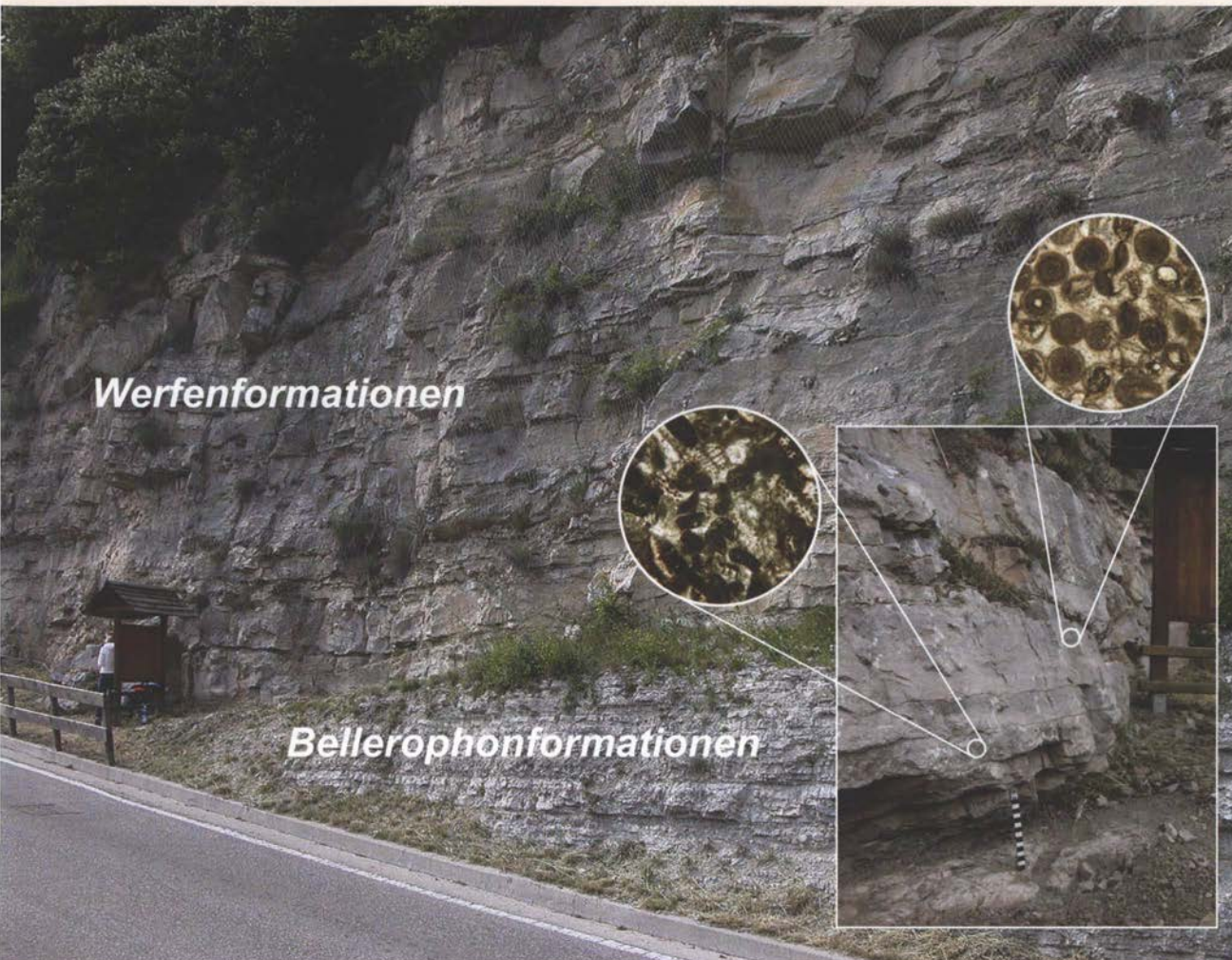
4300

4290

4310

4300

4290

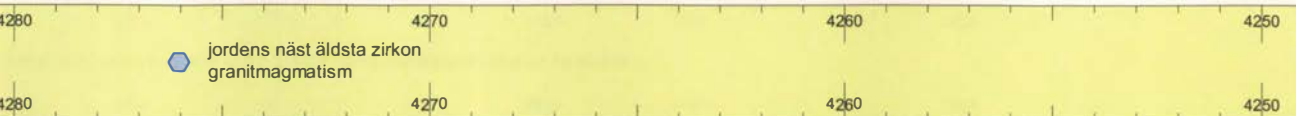


Från en era till en annan: Vägskärningen vid Tësero. Gränsen mellan Bellerophon- och Werfenformationerna utgörs av en tunn svart lersten (infällda bilden). Närmast ovanför lerstenen byggs kalkstenen upp av talrika foraminiferer. Strax ovan karakteriseras lagren av ooider.

som självklar kunskap. När förutsättningarna är de rätta och ekosystemet mår bra är mångfalden av arter som avsondrar kalkskal stor och vidsträckt karbonatplattformar bildas. I detta högst levande sammanhang bör det upprepas att en oolit är en 'död kalksten', bildad på oorganisk väg. Den säger oss något mycket viktigt. När hundratals meter av biologisk bildad kalksten, bildad under miljontals år, överlagras av ooliter över vidsträckt områden är det ett sjukdomstecken. Ekosystemet mår inte bra. Det är denna situation som uppstår under massutdöendet vid slutet av perm.

Supermättade oceaner

Som nämnts ovan bidrog utdöendet till en kraftig reducering av grävande organismer, vilket i sin tur förändrade bottenekologin och skapade utrymme för mikrober. En annan, mer komplicerad, effekt av utdöendet är relaterad till oceanernas biokemiska balans och koldioxidcykeln. För att bilda ooider krävs att havsvattnet är kraftigt övermättat med avseende på kalciumkarbonat. På lokal skala kan ett varmt klimat och vågornas ständiga rörelse mot en strand leda till avgasning av koldioxid från havsvattnet. Enligt principiella reaktioner leder koldioxidavgången till att vattnets mättnadsgrad av kalciumkarbonat ökar



och på så vis kan ooider bildas genom spontan utfällning. Eftersom nästan alla skalproducerande djur dog ut nära gränsen mellan perm och trias ägde en omfattande reduktion av biologisk karbonatbildning rum. Under en period av flera miljoner år fanns till exempel inga korallrev på jorden! En liknande frånvaro av rev har varken förekommit tidigare eller senare i revens långahistoria. Detta borde rimligen ha påverkat de oceana biokemiska systemen. Biologiskt bildad kalciumkarbonat utgör en central del av koldioxidcykeln och påverkar under längre tidsintervall jordens klimat t.ex. genom kemiska vittringsprocesser. På kortare tidsskalor leder omfattande bildning av kalkskal i haven till att koldioxidhalten i atmosfären minskar. Efter massutdöendet vid slutet av perm bör situationen ha varit den omvända eftersom en viktig 'lagringsplats' (eng. sink) för koldioxid nu saknades. Detta måste på något sätt ha kompensats för genom andra processer. En sådan process kan ha varit en ökad koldioxidavgång från oceanerna till atmosfären vilket omvänt skulle leda till övermättnad av kalciumkarbonat i haven. Sällsynta fossila fynd från Nordamerika och Italien visar att flera centimeter tjocka krutor av ren kalciumkarbonat bildades direkt på havsbottenarna kring tiden för utdöendet. Fynden bevisar att haven inte var sura på grund av stort koldioxidinnehåll utan att spontan utfällning av kalciumkarbonat ägde rum. Oceanerna bör därför ha varit supermättade på kalciumkarbonat ned till relativt stora djup under tidsperioderna Induan och Olenekian. Det är därför en rimlig hypotes att även den omfattande oolitbildningen är relaterad till en utjämnande process av koldioxid mellan havet och atmosfären. Att bilda ooliter kan därför vara naturens eget sätt att 'buffra haven'.

Förekomsten av ooliter indikerar med andra ord stress eller är ett sjukdomstecken i fossila ekosystem. På samma sätt skulle de senaste 10000 årens ooidbildning i Bahamas kunna vara ett viktigt tecken på miljöförändringar efter den senaste nedisningen.

Gotländska ooliter

Är då alla ooliter relaterade till förändringar i karbonatproduktion till följd av utdöenden? Nej, det är inte troligt. Det är däremot mycket troligt att perioder av speciellt omfattande och utbredd oolitbildning kan vara en av många effekter under eller kort efter ett utdöende. Om hypotesen verkligen ska testas bör man studera fanerozoiska ooliters stratigrafiska förekomster statistiskt för att söka möjlig överrepresentation i anslutning till faunautdöenden. Det är en komplicerad uppgift eftersom majoriteten av fanerozoikums massutdöenden är relaterade till havsnivåförändringar, vilket även gynnar oolitbildning. Så avslutningsvis, och mest för

nöjes skull, kan vi istället snegla på vår gotländska siluriska berggrund. Gotlands berggrund är en serie karbonatplattformar som tillsammans har en tjocklek på mellan 500–700 meter. Enligt IUGS (*International Union of Geological Sciences*) tidsskala från 2004 bildades de under loppet av ca 10 miljoner år. Trots att den stora merparten av lagerföljden är bildad på mycket grunt vatten finns det bara två ooliter som tillsammans utgör omkring 1–2% av den totala mäktigheten av de gotländska lagren. Båda ooliterna bildades under geologiskt sett mycket korta tidsavsnitt då havsytan steg relativt land. En direkt och kanske vetenskapligt lite löst förankrad jämförelse med postglaciala ooliter på Bahamas indikerar att respektive oolit på Gotland bildades under kanske 10000 år, det vill säga på en promille av den tid som de gotländska lagren motsvarar. Vi kan konkludera att siluriska ooliter på vår kontinent Baltica är ovanliga och att dom representerar mycket korta tidsavsnitt. De kan sägas utgöra *anomalier* i fossila marina ekosystem som i övrigt byggs upp av rika skalfaunor. Till detta ska vi lägga att Baraooliten bildades under Muldekatastrofen (se även Geologiskt forum nr 31, s. 10–12) och att Burgsvikooliten bildades kort efter Laukatastrofen, två globalt kända utdöenden. Det kan finnas skäl att titta i större detalj på ooliter.

Litteratur

- Calner, M., 2002: Lithoevents – oolites in event stratigraphy. North-Central Section and Southeastern Section, *GSA Joint Annual Meeting, Lexington, KY, USA. Abstract volume*, s. A-26.
- Erwin, D.H., 2003: Impact at the Permo-Triassic boundary: A critical evaluation. *Astrobiology* 3, 67–74.
- Groves, J.R. & Calner, M., 2004: Lower Triassic oolites in Tethys: a sedimentologic response to the end-Permian mass extinction. *Geological Society of America, annual meeting, Denver, 7-10 Nov. 2004, Abstracts with Programs* 36, s. 336.
- Hallam, A. & Wignall, P.B., 1997: *Mass extinctions and their aftermath* Oxford University Press. 312 s.
- Scotese, C.R., 1997: *Paleogeographic atlas, PALEOMAP progress report 90-0497*. Department of Geology, University of Texas at Arlington, Arlington, Texas. 45 pp.

Mikael Calner är forskarassistent finansierad av Vetenskapsrådet vid Centrum för GeoBiosfärsdynamik, Lunds universitet; mikael.calner@geol.lu.se

Nya böcker

Snäckan i berget

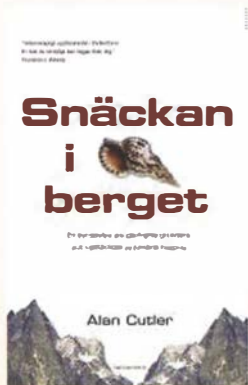
"Snäckan i berget" är en vetenskaplig bok i thriller-form om en okänd figur i vetenskapens historia som upptäckte jordens historia och blev geologins fader. Bokens författare, Alan Cutler, är fil. dr i geologi, och han beskriver uttrycksfullt Nicolaus Stenos liv då hans illusioner om religion och vetenskap frodades och raserades.

Nicolaus Steno föddes vintern 1638 i det lutherska Köpenhamn och hans uppväxt präglades av hemmets morbida atmosfär och dåtidens religiösa sprickor. Som ung spenderade han större delen av sin tid med att lyssna på föräldrarnas religiösa samtal, och intresset för religion och naturvetenskap vaknade tidigt i hans liv.

Steno blev snart känd som en mästerlig vetenskapsman och anatom. Under sin vistelse i Florens vid den ansedda Cimentoakademien studerade han områdets stratifierade berg med fossila mussel- och snäckskal. Med dessa studier, beskrivna i sin bok *De Solido*, blev Steno en av de mest betydelsefulla personerna i naturvetenskapens historia, han blev geologins grundare och förebådade även Darwins evolutionslära. I *De Solido* skildrade Steno jordens och bergarternas tillkomst, och hans livsverk blev epokgörande för vad vi vet om jorden idag.

Vändpunkten i hans karriär kom då hans illusioner om religion och vetenskap raserades. Han konverterade tidigt till katolicismen och lät sig senare vigas till präst. Mot slutet av sitt liv ägnade han all sin tid åt sin asketiska levnad och Steno övergav så småningom sina geologiska studier. Han dog som biskop, men utmärglad, fattig och ensam. Den 23:e januari 1988 saligförklarades han av påven Johannes Paulus II.

Cutler, Alan, 2003: *Snäckan i berget – en berättelse om geologins grundare och upptäckten av jordens historia. Fahrenheit. 203pp. ISBN 91-975261-9-3*



Upptäckten av landhöjningen

Höga Kusten är en typlokal för forskning om isostatisk landhöjning, ett fenomen som bevisats och studerats här. Begreppet isostasi kommer från fysiken, och förklarar den jämvikt som inställer sig mellan en flytande kropp och omgivande vätska. Ett sådant förhållande råder mellan jordskorpan och manteln. Under den senaste istiden, Weichsel-glaciationen, var vårt land nedtryckt av tyngden från inlandsisen. Den största nedtryckningen av landytan under isens tyngd, drygt 800 m, var vid nuvarande Höga Kusten. Efter istidens avsmältning började landet sakta höja sig och det pågår fortfarande. Strandlinjens förskjutningar påverkas också av att havsytan stiger. Vid Höga Kusten har dock landhöjningen sedan inlandsisens avsmältning alltid varit större än havsytans stigning och så är det fortfarande.

Området har varit en plats för internationell forskning, och påverkan på landskapet kan studeras inom ett geografiskt överblickbart område. 2000 blev Höga Kusten utnämnt till Världsarv av UNESCO på grund av sin speciella landhöjningsgeologi.

Under en lång tid var Norrland jämfört med resten av Sverige ur geologisk synpunkt ett bortglömt område. Förskjutningarna av stranden och den fortlöpande landhöjningen var ett omdebatterat ämne och det förknippades med syndafloden i Gamla Testamentet. "Vattuminskningen" ansågs vara en gåva från Gud som gav dåtidens människa mer odlingsmark. Tidigt förstod vetenskapsmän att så inte var fallet, och en av dem var Gerard De Geer (1858–1943). De Geer formulerade 1896 en landhöjningslag i "Om Skandinavien geografiska utveckling efter istiden", som var baserade på mätningar i mellersta och södra Sverige, och förklarade sambandet mellan glaciation och den fortlöpande landhöjningen.

Gustaf Forsell har sammanställt vetenskapshistorisk fakta förknippade med strandförskjutningarna i Höga Kusten. Denna tvärvetenskapliga bok behandlar geologi, arkeologi, biologi och historik rörande området både i ett glacialt och efterglacialt perspektiv. Boken avslutas med ett intressant kapitel om den nalkande istiden vi går till mötes och läsvärda litteraturtips.

Forsell, Gustaf, 2004: *Upptäckten av landhöjningen – tro och vetande om strandförskjutningarnas orsaker i Höga Kusten, Västernorrland. Länsstyrelsen, Västernorrland. ISBN 91-974680-1-0*

Ida Jönsson är geolog och lektor vid Bibliotekstjänst

Medicinsk geologi – nu och i framtiden



Att vår omgivning påverkar vår hälsa är väl ett påstående så självklart att det knappast behöver sägas. Trots detta har jordarternas och berggrundens medicinska påverkan på oss studerats allt för lite. Här berättas om denna gren av geologin, och om de internationella projekten som nyligen har initierats för att studera frågan.

AV OLLE SELINUS

Vad är medicinsk geologi?

Det är inte alltid människan som är orsaken när det gäller miljökatastrofer. Geologin, vår naturliga miljö, påverkar vår miljö och även vår hälsa i högre utsträckning än de flesta av oss är medvetna om och kan vara farligare än vi tror, men är också livsnödvändig för våra levnadsbetingelser. *Medicinsk Geologi* studerar hur naturliga geologiska faktorer påverkar vår hälsa och handlar om hur olika ämnen som finns naturligt i berg, jord och vatten kan orsaka sjukdomar hos människor och djur.

Det finns livsnödvändiga element i naturen som vi inte kan klara oss utan, t ex kalcium, magnesium, kalium, natrium, krom, koppar, fluor, jod, järn, mangan, molybden, selen och zink. Elementen kan vara livsnödvändiga i vissa koncentrationer och giftiga i andra. Det finns också element som inte är nödvändiga utan bara skadliga, nämligen arsenik, kadmium, bly och kvicksilver. Vi inser att berggrunden och jordarna kan vara en direkt risk för djurs och människors hälsa om de innehåller för höga metallhalter, men även om de innehåller för låga halter vilka kan ge upphov till bristsituationer. Geologin har alltså stor påverkan på vår hälsa. Över 5 miljarder människor på jorden är påverkade av radon, tungmetaller, arsenik, vulkangaser, stoftstormar, jod, fluor etc. Medicinsk geologi har exploderat internationellt och verksamheten inleds på SGU i mitten av 1990-talet.

Stora insatser har gjorts för att undersöka människans föroreningar i miljön. Men också naturen själv kan förorsaka problem för oss. När metallerna i berggrunden kommer ut i jordar och vatten påverkas också de levande organismerna. Metallerna tas upp

av växter vilka sedan konsumeras av människor och djur. De djur som ätit av dessa växter blir sedan till föda för människor och vi dricker även det vatten som innehåller tungmetaller som frigjorts från mark och berggrund.

Ett exempel på geologins betydelse är effekterna av vukanutbrott. 1991 hade vulkanen Pinatubo i Sydostasien utbrott. Under bara två dagar släppte vulkanen ut 20 milj ton svaveldioxid, 800 000 ton zink, 600 000 ton koppar, 1 000 ton kadmium, 300 000 ton nickel, 550 000 ton krom, 800 ton kvicksilver och mycket annat som kom ut i atmosfären. Detta är bara ett utbrott av många; man räknar med att 60 vulkaner har utbrott varje dag på jorden. Till detta kommer alla utbrott (mer än 3 000 områden) på havets botten. Som vi förstår är de geologiska processerna enormt viktiga när det gäller tungmetaller och andra ämnen i vår miljö.

Medicinsk geologi i Sverige

I Sverige finns många exempel på hur geologin kan påverka hälsan. Som det viktigaste basmaterialet för sådana undersökningar används geokemiskt material på SGU, både biogeokemi och markgeokemi. Vi har sett att de naturliga arsenikhalterna i delar av Västerbotten är mycket höga i mark och att kadmiumhalterna är höga i delar av Skåne. Även bland annat sulfidlorer eller svartmockor längs våra kuster och i Mälardalen släpper från sig höga halter av metaller när de bearbetas. Ibland är det med andra ord bättre att låta marken ligga orörd om man vet att den innehåller

4180

4170

4160

magmatism på månen – magnesiumrika basalter, aluminiumrika basalter, anortositer, graniter, äldre mare-basalter

4180

4170

4160



Vulkanen Kraflas utbrott, Island 1980. Foto Olle Selinus.

giftiga ämnen som kan komma ut i vattendrag och sjöar. Man får inte heller glömma de negativa hälsoeffekterna av radon. Radon härstammar från radioaktiva uranhaltiga graniter. Det är väl känt att radon kan förorsaka lungcancer.

Medicinsk geologi bygger på ett nära samarbete med medicinsk, veterinärmedicinsk, epidemiologisk, toxikologisk och metallbiologisk expertis både i Sverige och internationellt. Geokemiska/medicinska undersökningar har till exempel visat att barndiabetes, så kallad typ 1-diabetes är påtagligt högre i vissa delar av Sverige än i andra vilket sannolikt beror på låga halter av grundämnet zink i dricksvattnet. Ett annat exempel är Älvsborgssjukan, eller älgdöden, där SGU tillsammans med veterinärmedicinsk expertis visat att orsaken sannolikt är en rubbad balans av molybden och koppar i älgarna beroende på den intensiva kalkningen i försurade områden där vi samtidigt har höga naturliga molybdenhalter i berg och jord.

Även hjärt-kärlsjukdomar kan vara beroende av geologin. Liksom på andra håll i världen har man i Sverige kunnat visa på att hjärtkärlsjukdomar minskar med ökande vattenhårdhet och ökning av sulfat och bikarbonathalterna i dricksvatten. Sådana undersökningar har gjorts på Akademiska sjukhuset i Uppsala

bl.a. med hjälp av SGUs biogeokemiska data. Variationerna i vattenhårdheten beror på geologin.

Internationella exempel

Det finns många internationella exempel på hur geologin påverkar hälsan. Ett grovt överslag ger vid handen att minst 5 miljarder människor påverkas.

I Bengalen i Indien och Bangladesh finns alarmerande exempel på hur geologin kan förorsaka allvarliga hälsoproblem (figur nästa sida). Byborna i dessa områden har tidigare använt ytvatten för bevattning av sina grödor. Nu har man fått hjälp av internationella biståndsorgan att borra brunnar. Genom rikligheten av detta vatten kan man odla en ny typ av högvakastande ris som har revolutionerat det lokala jordbruket och bönderna kan få 3–4 skördar per år istället för som tidigare endast en skörd. Dessa framsteg har emellertid förorsakat en mänsklig katastrof. Berggrunden under dessa områden består av arsenikhaltiga bergarter. Genom det kraftiga upptaget av vatten har arseniken mobiliserats och kommit ut i vattnet. Vattnet innehåller mycket höga halter av arsenik och minst 200 000 människor har blivit arsenikförgiftade i mer än 400 byar.



Brunn i Bangladesh. Foto P. Smedley.

Vissa källor menar nu att så många som 40 miljoner människor är i riskzonen för förgiftning.

Fluor är ett annat intressant spårelement. Det är välkänt vad som inträffar vid överskott eller underskott av fluor, men däremot kanske inte många tänker på att det är geologiska orsaker som ligger bakom deras uppträdande. Redan i början av 1900-talet kände man till att höga fluorhalter i dricksvatten kunde leda till fluorosis. Samtidigt leder en måttlig förhöjning till starkare tänder. På många ställen i Indien, Kina och Afrika förekommer höga halter vilket leder till allvarlig fluorosis med ben- och leddeformiteter och invaliditet (nedre figuren på höger sida).

När det gäller brist på jod är struma en allvarlig sjukdom på många ställen i världen. Exempel på områden där struma fortfarande förekommer är runt de stora sjöarna i USA, Kongo, Nya Guinea, Himalaya, Anderna, Schweiz, delar av England, Irland, Lettland, Egypten, Indien, Indonesien, Kina. Gemensamt för alla dessa områden är de mycket låga jodhalterna i dricksvatten, vilket i sin tur beror på låga halter i berggrunden men också avståndet till havet. Emellertid kan man undvika bristen på jod genom att använda chilesalpeter som gödningsmedel, gödningsmedel som baserar sig på fisk, tillsätta jod i salt etc.

En betydande del av världens befolkning använder sig av kol för uppvärmning och matlagning. Detta kan i många fall vara katastrofalt. I Kina löper till exempel ett par hundra miljoner människor risk att bli arsenikförgiftade på grund av höga arsenikhalter i kolet. Hela byar har drabbats av cancer på grund av detta. Inom ramen för våra arbeten (se nedan) har vi emellertid tagit fram enkla "test kits" där befolkningen enkelt kan testa om kolet innehåller arsenik. Om så är fallet bör man bryta kol på andra ställen.

Ett nyligen uppmärksammat problem är stoftstormar från Sahara och Gobi som påverkar stora delar av jorden och förorsakar sjukdomar. Stormar från såväl Sahara som Gobi påverkar också Skandinavien. Man antog tidigare att de sjukdomar, framförallt luftvägssjukdomar, som följer i deras spår beror på partiklarna som följer med vinden. Emellertid har man konstaterat att mer än 130 mikroorganismer följer med partiklarna och dessa förorsakar problem där molnen drar fram.

Geofagi (även benämnt jordätning, se figuren ovan till höger), är uppmärksammat och är mycket utbredd framförallt i Afrika men även Sydamerika och Asien. Orsaken till detta vet man inte med säkerhet, om det är ett kulturellt betingat beteende eller om man har ett behov av de näringsämnen som finns i jordarna. Framförallt gravida kvinnor i dessa regioner



Försäljning av jord som föda. Foto P. Abrahams.

praktiserar geofagi. Men jordarna kan även innehålla onyttiga beståndsdelar som tungmetaller, mikroorganismer etc. som man inte har kontroll över. Detta har uppmärksammats i bl.a. England där invandrare har öppnat livsmedelsaffärer och man importerar jord från sina hemländer som säljs som föda.

Det finns också många andra aspekter på medicinsk geologi, t.ex. radon, andra element etc. Men allt kan läsas i detalj om i den bok som beskrivs nedan.

Internationellt nätverk och kursverksamhet

SGU leder den internationella utvecklingen med ett nätverk bestående av mer än 70 länder. Sedan detta internationella arbete påbörjades i mitten av 1990-talet på SGU har en explosionsartad internationell utveckling skett vilket visar på det uppdämda behovet av att veta mera om denna glömda del av miljömedicin. Studiet av geologins påverkan på hälsan hos människor och djur är alltså ett område som nu växer snabbt internationellt. SGU har tagit initiativet och leder denna utveckling genom den internationella arbetsgruppen i medicinsk geologi (symbolen på nästa



Exempel på fluorosis. Foto R. Finkelman.



IUGS Special Initiative on Medical Geology

sida) och genom ledarskapet av ett IGCP/UNESCO projekt med samma namn. Vidare har International Council of Science (ICSU) finansierat en omfattande kursverksamhet i medicinsk geologi. Detta har medfört ett nära samarbete mellan SGU och USAs geologiska undersökning (USGS) och US Armed Forces Institute of Pathology (AFIP).

Dessa kurser, vilka leds av SGU, USGS och AFIP, har blivit eftertraktade och hålls för cirka 100–150 personer per gång. Deltagarna består av en jämn blandning av geologer och medicinare (se nedan). Ett omfattande kursmaterial har framställts i avsikt att användas för fristående undervisning i u-länder.

Åtskilliga tusentals människor kommer att ha gått igenom dessa kurser och alla deltagare får ett fullständigt kursmaterial i pärmar och på CD. De kan sedan i sin tur genomföra kurser i sina respektive länder vilket betyder att många människor runt jorden nu har fått en insikt i medicinsk geologi. Detta visar sig

i en enorm massa kontakter via e-mail från geovetare och medicinare som vill bli engagerade.

Som ett led i informations- och utbildningsinsatserna har arbetet med att skriva en internationell bok om medicinsk geologi genomförts med SGU som huvudredaktör och ca 60 involverade internationella författare inom både geologi och medicin. Boken behandlar i detalj de medicinska effekterna och mekanismerna för upptag av olika metaller och andra ämnen i kroppen. Vidare behandlas hur geologin påverkar hälsan, bl a effekterna av vulkanutbrott, metaller och andra ämnen, stoftstormar, radon, geofagi etc. I alla kapitel finns redovisat de globala aspekterna med rikliga exempel från hela världen. En sektion behandlar också de olika tekniker geovetare och medicinare kan använda tillsammans för att utveckla arbetet med medicinsk geologi. Boken finns i bokhandeln i januari 2005 och heter "Essentials of Medical Geology", utgiven av Elsevier, 820 sidor i fyrfärg. (se figur till höger).

Internationella satsningar och utmaningar

Ett antal geologiska undersökningar har sett att medicinsk geologi tillhör framtiden. Således har Brasiliens geologiska undersökning infört ett nytt nationellt program i medicinsk geologi 2003, Kanadas geologiska undersökning har för avsikt att införa ett sådant program också. Även t ex USA och England är nu mycket aktiva inom området. Sålunda identifierade USGS i sin "Science strategy 2000–2010" ett av de sju målen: "Interpret the links between human health and geologic processes".

Som ett resultat av vårt arbete kommer USA också att bygga upp ett centrum för medicinsk geologi i



Kurs i Brasilien 2004



Kurs i Skottland 2004

4050

4040

4030

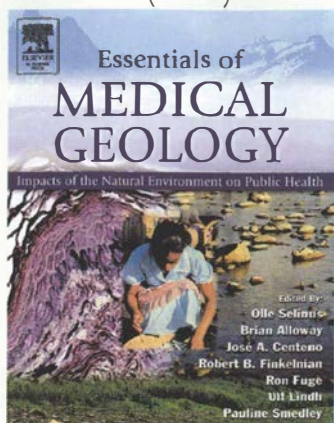
4050

4040

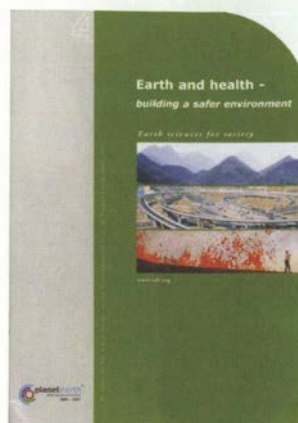
4030



jordens äldsta bergart?
Acastagneisen, NV Kanada



Essentials of Medical Geology



Broschyr "Earth and Health"

Kina. Detta centrum skall byggas upp i södra Kina och verka för att etablera medicinsk geologi, inleda projekt och vara ett kompetens- och expertcentrum och centrum för undervisning för denna del av världen. Vi har också kommit en bit på väg med att initiera ett liknande centrum i Sydafrika med främst sydafrikansk finansiering från bl.a. gruvindustrin. Vi har vi också börjat ta kontakter för att nästa centrum skall lokaliseras till Indien.

Under 2005 kommer FN troligen att ta beslut om "Geologins år" (Planet Earth) som kommer att omfatta åren 2006–2008, med huvudåret 2007. I samband med detta kommer åtta ämnesblock att massivt marknadsföras inför beslutsfattare, politiker, allmänhet etc. under FNs papaply.

Ett av dessa block är "Earth and Health", dvs. medicinsk geologi. Detta kommer som enda block att ledas från Sverige och i ett första steg har en broschyr tagits fram, "Earth and Health" som kan laddas ner från hemsidan (figur ovan till höger). Löpande information kan fås på hemsidan <http://www.esfs.org>.

Ett annat stort initiativ som håller på att planeras är "4GeoUnion Initiative". De fyra stora internationella unionerna inom geologi (IUGS), geofysik (IUGG), geografi (IGU) och mark (IUSS) har gått samman och identifierat fem framtidsområden för geovetenskapen: "Health, Cities, Desertification, Groundwater, Hazards". Detta samgående innebär att de fyra tunga organisationerna kommer att gå ut samlat och identifiera och söka medel för stora internationella projekt inom dessa områden. Ett av dessa fem block, Health, dvs. medicinsk geologi, leds också helt från Sverige. Detta initiativ kommer att koordineras med Planet Earth vilket betyder att medicinsk geologi kommer att få inte bara stor uppmärksamhet utan också stora resurser.

Ett tredje omfattande internationellt initiativ har också dragit igång inom ramen för International Coun-

cil of Science, ICSU, som är den internationella paraplyorganisationen för de internationella unionerna. I början av 2004 identifierades "Health and wellbeing" som ett av organisationens mest prioriterade områden. Här ingår också medicinsk geologi som en tung bit.

Ny organisation

Som ett led i arbetet med medicinsk geologi arbetas med att bygga upp en organisation och en verksamhet som kan föra arbetet vidare och utveckla det, inte minst genom att detta har blivit så stort så att det inte längre går att hålla i alla aktiviteter med bara några få personer. Vi har beslutat att bilda en "International Medical Geology Association", IMGA. Vi har utsett sex aktiva medansvariga ledare från England, Rumänien, Kina, Australien, Brasilien och Zimbabwe. Vidare har ytterligare ett femtiotal aktiva personer utsetts och börjat aktiveras i kommittéer från olika länder, en blandning av geologer och medicinare. Vi har också initierat lokala organisationer som nu täcker Sydamerika, Sydostasien, Kina och södra och mellersta Afrika. Organisationen skall vara klar i september 2005.

Det händer alltså mycket inom medicinsk geologi nu. Om ni vill hålla er underrättade om utvecklingen rekommenderas en hemsida som uppdateras flera gånger varje månad: <http://www.medicalgeology.org>.

Olle Selinus är förste statsgeolog vid Sveriges geologiska undersökning och internationell ledare för Medicinsk geologi; olle.selinus@sgu.se

Vulkanutbrott under Vatnajökull – Grímsvötn 2004



Utbrottet i Grímsvötn den andra november kl. 16.00. Aktiviteten pågick i pulser med mer eller mindre kraftiga explosioner och produktion av aska. Foto Freysteinn Sigmundsson.

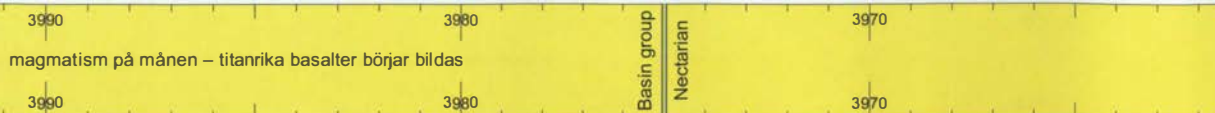
Nordens yngsta berggrund har återigen förnyats. Av Islands alla vulkaner står Grímsvötn i särklass med sina 60 utbrott under de senaste 1100 åren. I början av november 2004 var det så dags igen. I artikeln berättas om utbrottet och om Grímsvötn, Islands mest aktiva vulkan.

AV ERIK STURKELL OCH FREDRIK HOLM

Island ligger på den mittatlantiska ryggen, en mittoceanisk spridningsrygg där kontinentalplattorna årligen glider isär med cirka 2 cm. Det normala djupet för en mittoceanisk rygg är 1000–2000 m under havsytan. Island utgör ett undantag, eftersom spridningsryggen här sammanfaller med ett område med förhöjd manteltemperatur, en så kallad "hot-spot". Detta bidrar till en ökad vulkanisk aktivitet som hjälper till att bygga upp Island över havsytan (se även *Geologiskt forum* 40).

Vulkanen Grímsvötn ligger i en spridningszon, och utbrotten följer ofta sprickorna som löper parallellt med plattgränsen eller är koncentrerade till själva huvudvulkanen. En sprickeruption utesluter inte en samtidig eruption i huvudvulkanen eller omvänt.

Eftersom vulkanen ligger långt inne under Vatnajökulls istäcke (kartan till höger) utgör den inget direkt hot mot någon fast bebyggelse. Det största direkta hotet från Grímsvötn är askpelaren som når upp till 10–20 km höjd under utbrottets inledning. Ett sådant askmoln kan få förödande konsekvenser för flygtrafiken. Ett riktigt stort vulkanutbrott på Island kan stoppa de transatlantiska flygningarna. Samarbetet mellan väderlekstjänsten och flygkontrollen fungerar väl på Island. Med kännedomen om vindriktningarna för olika höjder kan väderlekstjänsten bistå flygkontrollen så att flygplan kan omdirigeras och undvika askmolnet. Vulkanen Grímsvötn genererar även andra problem. Den stora mängden smältvatten från isen är det värsta. I samband med vulkanutbrott

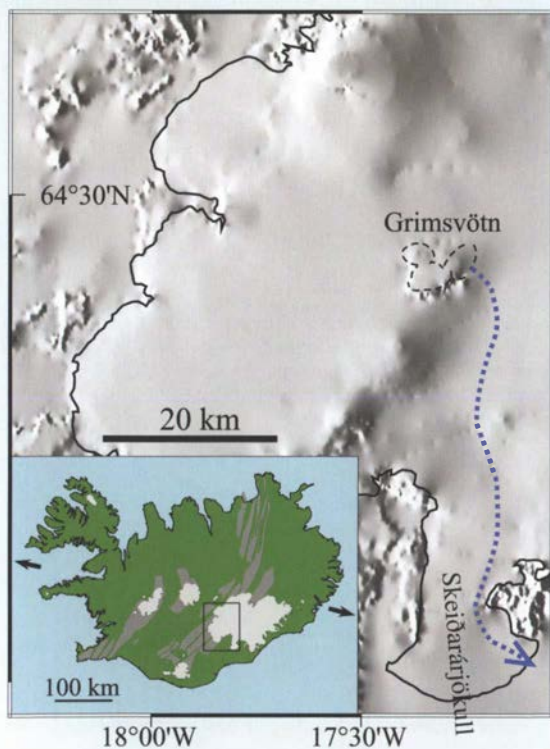




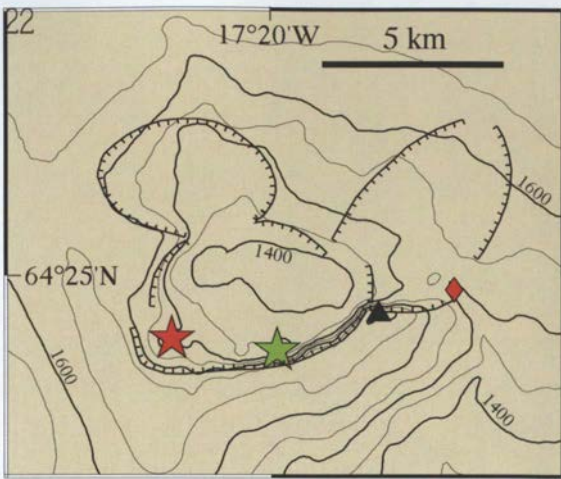
Vulkanutbrottet i Grímsvötn på dess första dag. Aktiviteten hade ökat sedan tidigt på morgonen samma dag. Askkolumnen nådde omkring 12–14 km höjd. Den stora mängden askpartiklar som transporteras syns tydligt på kolumnens mörka färg. Under molnet syns ett kraftigt asknedfall. Foto 2/11 kl.15.30 av Freysteinn Sigmundsson.

under glaciärer frigörs stora mängder vatten, som sedan flödar ut under istäcket. Dessa flöden benämns på Island "jökulhlaup" (sv. jökellopp) och från Grímsvötn strömmar de ut över sandurfälten söder om Vatnajökull. Eftersom sådana flöden är vanliga så finns det ingen bebyggelse på sandurfälten. Man måste emellertid anlägga vägar, bland annat passerar ringvägen runt Island över dem. Vid stora flöden spolas vägar och broar bort, vilket till exempel skedde vid utbrottet 1996. Tack vare ett utbyggt övervakningssystem har man goda möjligheter att stoppa trafiken över sandurfälten. Oftast kommer inte dessa stora flöden helt överraskande, utan de föregås av jordskalvaktivitet och skalv i isen själv då vattnet börjar bana sin väg genom glaciären.

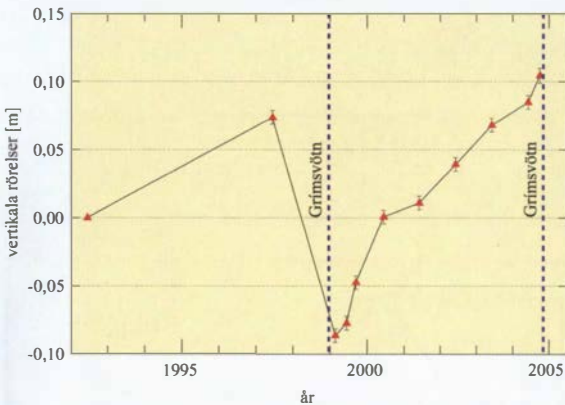
Grímsvötn har en stor kaldera (nära 30 km² stor), där den södra väggen reser sig 250 meter upp ur glaciären. Calderans övriga kanter är begravda under glaciärens is. Som namnet Grímsvötn ("Grímsvattnet") indikerar ligger det en sjö i kalderan. Största delen av sjön ligger emellertid dold under glaciärens is, men det är ofta öppet



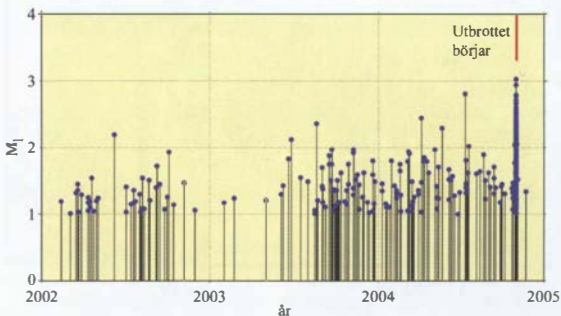
Karta över Island med Grímsvötns placering under Vatnajökull. De jökulhlaup som kommer från Grímsvötnvulkanen följer den streckade linjen ner till utlöparglaciären Skeiðarárjökull.



Karta över Grímsvötnvulkanen. Utbrottet i november (röd stjärna) var koncentrerat till en krater belägen i kalderans sydvästliga del. Under utbrottets inledning bildades även en explosionkrater i kalderans sydöstliga kant mycket nära uloppet från kalderan (röd romb). Den gröna stjärnan markerar 1998 års utbrott. Svart triangel markerar den seismiska stationen och den geodetiska mätpunkten på toppen av kalderakanten.



Tidserie med höjdvärningar. Före ett utbrott stiger marken på grund av att magma samlar sig under vulkanen. I och med utbrottet töms delar av magmakammaren och marken sjunker snabbt ner. Bara efter en kort tid börjar magma flöda till igen och marken lyfts på nytt.



Jordskalven från Grímsvötnvulkanen satta i en tidserie där man kan observera en tilltagande aktivitet i vulkanen sedan 2003. Uppgiftierna kommer från den isländska väderlekstjänsten.



Den södra kalderaväggen till Grímsvötn och delar av kalderasjön. Bilden är tagen i juni 2000 vid utbrottsplatsen från 1998. Högst upp till höger i bild syns en person stående ovanpå aska som avlagrats vid detta utbrott. Foto Erik Sturkell.

vatten längs kalderans sydkant, där det senaste utbrottet skedde och där de mest aktiva varma källorna finns. Här fylls vatten på kontinuerligt och vattennivån stiger tills isbarriären som håller vattnet inne brister och kalderan dräneras. På grund av tröskeln i kalderakantens dräneras den dock aldrig helt. Det är inte bara vulkanutbrott som orsakar dessa stora flöden, utan även under viloperioder smälts is av den aktiva geotermala aktiviteten, men ett utbrott påskyndar processen.

Sedan utbrottet i Grímsvötn 1998 har årliga geodetiska mätningar genomförts på kalderans kant. Dessa har visat att berget under istäcket höjer sig (figuren till vänster) och vi tolkade detta som ett tecken på att magma strömmade och fylldes på vulkanen. Även ett och ett halvt år före utbrottet i december 1998 visade mätningarna att vulkanen då hade höjt sig. Efter utbrottet sjönk vulkanen igen. Med denna erfarenhet i ryggen tolkade vi höjningskurvan så att när 1997 års nivå passerats kan ett nytt utbrott väntas. Det föreslogs att den kritiska nivån för upplyftningen när ett nytt utbrott kunde förväntas var mellan 15–20 cm över den höjd som mättes direkt efter utbrottet 1998 (Sturkell m.fl. 2003). Sommaren 2004 visade mätningarna att man var nära den kritiska nivån. År 2002 installerades en seismisk station uppe vid Grímsvötn. Denna har sänkt detektionsgränsen och förbättrat lokaliseringarna av jordskalven. Det är den isländska väderlekstjänsten som sköter det seismiska nätverket och de observerade en tilltagande jordskalvsaktivitet från och med 2003 (figuren till vänster). Detta i kombination med de geodetiska observationerna väckte starka misstankar om ett nära förestående utbrott.

Den information om detsenaste utbrottet i Grímsvötn, som följer här, är till största del hämtad från den isländska väderlekstjänstens hemsida (www.vedur.is) och länkar där. Den 30 oktober inleddes ett jökulhlaup från Skeiðarár-



Vatten strömmar ut genom Grímsvötn-sjöns utlopp vid kalderan östra kant. Foto 4/11 kl. 10.27 av Magnús Tumi Guðmundsson.

jökull. Detta vatten kom från Grímsvötnkalderan, där vattennivån sjönk med närmare 30 m. Under måndag morgon (1/11) började en jordskalvssvärm i Grímsvötn. Den pågick fram till tvåtiden på eftermiddagen. Det största jordskalvet hade omkring magnitud 3 och inträffade under svärmens inledning. Klockan 19.30 kom ytterligare en jordskalvssvärm. Den fortgick till klockan 20.10, då jordskalven övergick till att bli mer kontinuerliga. Under de nästföljande två timmarna registrerades 160 jordskalv. Det största kom redan 20.11 och hade magnituden 3. Denna ändrade karaktär hos jordskalven togs som en indikation på att magma var på väg mot ytan. Den isländska väderlekstjänsten utfärdade en varning till civilförsvaret klockan 20.10, då jordskalvsaktiviteten stegrades. Den exakta tidpunkten då utbrottet började, tidpunkten när magman når markytan och blir lava, är inte helt belagd. Med utgångspunkt från radarbilder anses utbrottet ha börjat mellan 21.30 och 22.00. Utbrottet började med att en 1 km lång spricka bildades längs kalderabrantens fot, dock koncentrerades all aktivitet snabbt till en krater som ligger i kalderans sydvästliga del (kartan uppe till vänster). Under utbrottets inledning bildades även en mindre explosionskrater i den sydöstliga delen av kalderan, nära intill den plats där utloppet från kalderan ligger. I utbrottets början steg eruptionsplymen snabbt upp till 13 km höjd. Vinden kom denna dag från SSV och spred askan mot NNÖ över ett 150 km långt område. Det

jökulhlaup som hade börjat redan den 30 oktober tilltog då smältvattnet som bildades under utbrottet nådde fram till Skeiðarárjökulls rand. Det rörde sig dock endast om relativt små mängder av vatten, broar och vägar var inte hotade denna gång. Utbrottet pågick till natten mellan fredagen den 5/11 och lördagen den 6/11.

Utbrottet i november 2004 var sammanfattningsvis litet och gav inga allvarliga konsekvenser för omgivningen.

Litteratur

- Sturkell, E., Einarsson, P., Sigmundsson, F., Hreinsdóttir, S. & Geirsson, H., 2003: Deformation of Grímsvötn volcano, Iceland: 1998 eruption and subsequent inflation, *Geophysical Research Letters* 30, 1182, doi:10.1029/2002GL016460.
- Sturkell, E., Einarsson, P., Sigmundsson, F., Geirsson, H., Ólafsson, H., Pedersen, R., De Zeeuw-van Dalfsen, E., Linde, A.L., Sacks, I.R. & Stefánsson, R., 2005: Volcano geodesy and magma dynamics in Iceland, Accepted in *Journal of Volcanology and Geothermal Research*.

Erik Sturkell är fil. dr och forskare på Nordisk vulkanologiskt center. Fredrik Holm är yngre forskare på samma institution; sturkell@hi.is

Bibeln och geologin

Texter från våra äldsta kända skrifter som till exempel Bibeln har många berättelser om "övernaturliga" händelser, berättelser som vi i våra dagar betraktar som myter. Kanske ligger det dock mer verklighet i dessa fantastiska berättelser från den mänskliga civilisationens tidigaste historia.

AV BENGT LOBERG

Det finns i Bibelns Gamla Testamente anmärkningsvärda naturfenomen beskrivna, vilka där tolkats som underverk, dvs. dramatiska ingripanden i Israels folks historia av den Gud man trodde på. I vår tid har naturvetenskapen kunnat förklara fenomenen med hjälp av de för oss kända naturlagarna.

För ca 30 miljoner år sedan, alltså långt före människans uppdykande på vår planet, uppstod den spricka i jordskorpan som sedan utvecklades till det långa dalstråk som kallas Aravadalen (se kartorna till höger). Sprickan bildades som följd av att Arabiska halvön (Arabiska plattan) kolliderade med en äldre, asiatisk kontinent (Eurasiska plattan). Längs sprickan eller snarare förkastningszonen försköts den Arabiska plattan i nordlig riktning relativt det område som ligger väster om zonen, dvs. den Levantiska plattan (kartan nederst till höger). Rörelserna har huvudsakligen varit horisontella förskjutningar mellan de två plattorna, vilka intill vår tid förflyttats totalt 107 km relativt varandra med en medelhastighet av ca 4 mm per år. Förkastningszonen utvecklades i sin mellersta del att omfatta två huvudförkastningar, vilka kom att gå om lott med varandra (se skissen på sidan 26). Mellan de två uppstod en övertvårande förkastning. Under de fortsatta rörelserna längs förkastningarna utvecklades ett "gap", en rombklyfta, det blivande Dödahavetbäckenet. Över denna klyfta nådde havet tidvis in bl.a. via den södra delen av det som idag utgör Aravadalen. Under de rådande torra förhållanden kom stora mängder av såväl slam som salt att avsättas i rombklyftan.

Alltsedan rombklyftan började bildas skedde storskaliga vertikala rörelser såväl längs dess begränsningar som inom klyftan. Rörelser längs de nord-sydliga gränsförkastningarna fick rombklyftan att gradvis fördjupas, medan angränsande berggrundsblock

höjdes. De väldiga saltmassor, som kommit till avsättning inom klyftan, har med tiden trängt upp genom överlagrande lager pga. sin lägre densitet. Härvid har saltet bildat underjordiska domer bl.a. under Lisanhalvön men även den salthorst, som kallas Sedomberget (se karta och profil på sidan 26).

Jordskalvsberättelser i bibeln

De kontinuerliga seismologiska observationerna visar att skalvcentra bildar ett "mönster", väl överensstämmande med de förkastningszoner som motsvaras av Aravadalen, Jordandalen jämte det dalstråk som i NNV riktning går från Jordandalen upp mot Haifa (karta sidan 27). I Bibeln omnämns jordbävningar som drabbat det Heliga landet. Så finner vi t.ex. i Jobs bok 9:5-6:

"han som flyttar berg innan de vet vad som sker och vräker dem över ända i sin vrede, han som skakar jorden så att den rubbas och dess pelare svajar".

Ytterligare ett exempel utgör ett citat från Psaltaren psalm 29:5-6:

"Herrens röst knäcker cedrarna. Herren knäcker Libanons cedrar. Han får Libanon att hoppa som en kalv, Sirjons berg som en vildoxe."

Också den judisk-romerske historikern Josefus (37-100 e.Kr.) talar i en av sina skrifter om en förödande jordbävning som skakade Judéen år 31 f.Kr. Troligen var det denna som skadade byggnaderna vid Khirbet Qumran, där de i vår tid mycket omtalade Dödahavsrollarna en gång skrevs.

3860

3850

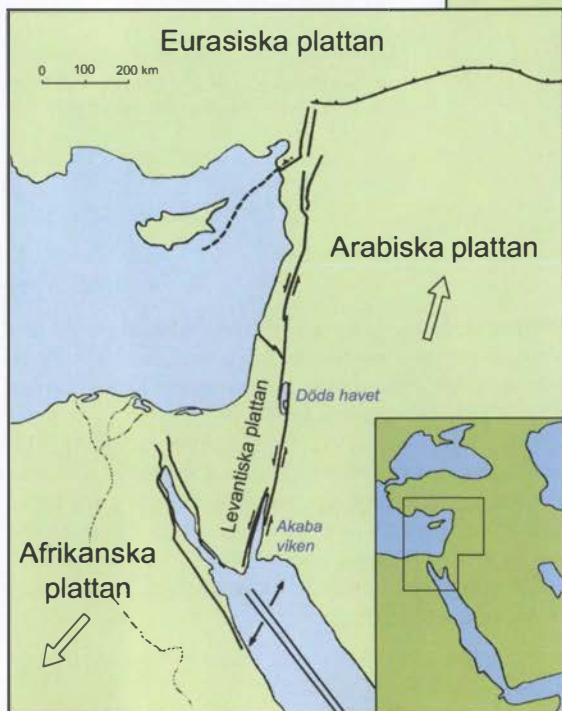
3840

magmatism på månen – anortosit- och granitmagmatismen upphör

3860

3850

3840



Geologisk strukturkarta över Främre Orienten. Bildens pilar visar rörelseriktningen hos de enskilda plattorna. Inom den förkastningszon, som skiljer den Levantiska plattan från den arabiska, finns Döda Havet. Just här går två stora förkastningar om lott med varandra. Från Garfunkel m.fl. 1981a.

3830

komatiitmagnetism, Uviak, Labrador

3830

3820

felsisk vulkanism, Isua, Grönland äldsta bergarten i Asien (Kina)?
äldsta spår av liv? mycket tveksamma geokemiska spår

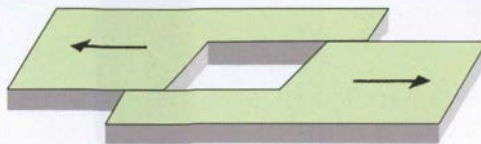
3820

3810

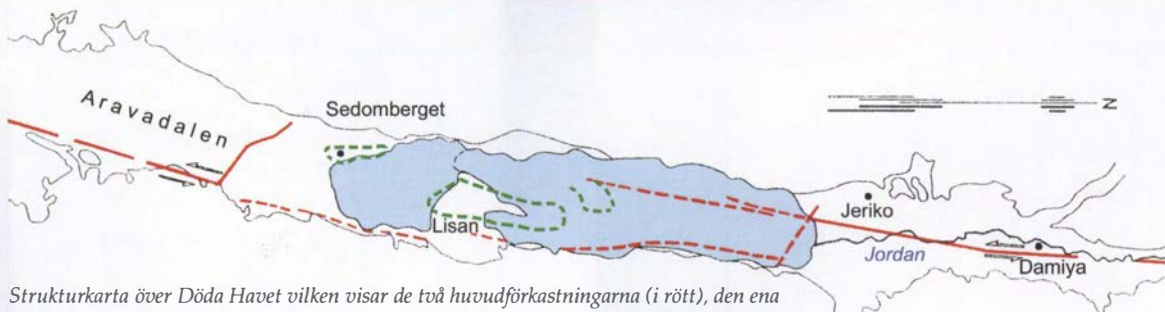
äldsta bergarten i Asien (Kina)?

3810

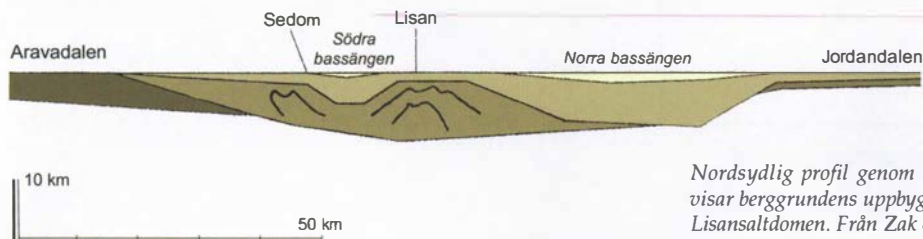
De geologiska strukturförhållandena inom Döda Havet och angränsande dalstråk



Bildningen av en rombklyfta p.g.a. att en förkastning uppstått, vilken övertvåras två med varandra parallellt löpande förkastningar



Strukturkarta över Döda Havet vilken visar de två huvudförkastningarna (i rött), den ena sträcker sig längs Aravadalen och den andra längs Jordandalen. Dessa båda förkastningar övertvåras av en tredje förkastning, vilken p.g.a. rörelserna längs huvudförkastningarna givit upphov till den rombklyfta som rymmer Döda Havet. Intecknade i grönt är även tre av de större saltdomerna. Från Garfunkel m.fl. 1981b.



Nordsydlig profil genom Döda Havet, vilken visar berggrundens uppbyggnad, bl.a. den stora Lisansalt domen. Från Zak & Freund 1981.

Sodom och Gomorra

Än längre tillbaka, vid den tid då Abraham torde ha levat (2000–1900 f.Kr), förintades städerna Sodom och Gomorra (1. Mosebok 19:23–25). Detta torde ha inneburit att såväl bostäder av soltorkat tegel liksom allmänna inrättningar och installationer helt jämnats med marken. Den närmast till hands liggande förklaringen till sådan ödeläggelse är effekten av en mycket kraftig jordbävning med styrka närmande sig 8 på Richterskalan. Denna ovanligt kraftiga jordbävning, uppstod som följd av under lång tid uppbyggda spänningar i berggrunden. Då dessa plötsligt utlöstes, bildades sprickor i såväl marklager som underliggande berggrund. Längs med sprickorna försköts berggrundsblock relativt varandra och framkallade

jordbävningsvågor. Sprickbildningen möjliggjorde för jordgaser att mycket hastigt tränga upp mot markytan där de kunde antändas av husens eldärdar. Stycken av svavelförande bergarter kan ha följt med de utrusande gaserna upp genom marksprickorna varvid svavlet antänts av de brinnande gaserna. Den härvid bildade svaveldioxiden kan tillsammans med kondenserad vattenånga ha givit upphov till surtregn, vilket kan ha dödat såväl människor, som djur och växtlighet.

Fortsättningen på det ovan anförda bibelcitatet (1.Mosebok 19:26) lyder:

”Men Lots hustru som gick efter honom såg sig tillbaka. Då förvandlades hon till en saltstod.”

Samtidigt med jordgasernas våldsamma utströmmande kan även hett, salt grundvatten jämte saltrikt slam sprutat upp ur marken. Möjligen var det detta som överraskade henne och som skällade och kvävde henne till döds samtidigt som kroppen belades med en skorpa av salt.

De saltstoder, som man i dag finner utmed Döda Havets strand, är bildade genom saltutfällning på bl.a. växtrester såsom en följd av en fluktuerande nivå hos sjöns yta. I andra fall rör det sig om rester (erosionsvittnen) efter till större delen borteroderade saltlager som t.ex. vid Sedomberget invid den sydvästra delen av sjöns numera isolerade, södra bäcken (foto till vänster på nästa sida).

Med tanke på det ovan beskrivna är det av intresse att citera den grekiske geografen Strabon (ca 63 f.Kr.–21 e.Kr.) ur hans 16:e bok i den geografiska sviten. Från det 44:e kapitlet är följande rader hämtade:

"...det fanns en gång tretton bebodda städer inom det område där Sodom var huvudstaden, men att en krets med ett avstånd om sextio stadier från denna stad undkom oskadad; och att på grund av jordbävningar och utsprutande eld samt hett vatten innehållande asfalt och svavel, sjön sprängde sina band och klipporna omvärvades av eld och beträffande städerna somliga uppslukades medan andra övergavs av dem, som kunde fly."

– Man vet inte med säkerhet när de ovan skildrade händelserna ägt rum, möjligen kan det ha varit 1900 f.Kr.

Jerikos förstörelse

Den händelse, som innebar att israeliterna under sin ledare Josua torrskodda kunde tåga över floden Jordan, skedde förmodligen omkring 1500 f.Kr. Enligt bibeltexten (Jos. 3:14–16) var det vid orten Adam (nutidens Damiya), som Jordans vatten "reste sig som en mur". Geologiskt sett är det inte en tillfällighet att flodens vatten uppdämdes just där. Strax norr om Damiya tvärras floden över den förkastning som löper längs dalen. Samma dämpningsfenomen har bevisligen förekommit många gånger senare ända in i vår egen tid. Av särskild betydelse i sammanhanget är att flodfåran invid Damiya är särskilt trång, då floden här skurit sig djupt ned i mäktiga men dåligthopläkta sedimentlager. När jordbävningar uppträder p.g.a. rörelser längs förkastningen, händer det att sediment rasar ned i flodfåran (foto till höger på nästa sida), varvid ibland Jordans flöde uppdämmas under flera timmar eller t.o.m. flera dagar.

Arkeologiska fynd gjorda på 1950-talet av den brittiska arkeologen Dame K. Kenyon visar att staden Jeriko drabbats av en katastrof sannolikt omkring



Centra för mikroseismiska skalv motvarande intensiteter mindre än 3 på Richterskalan registrerade under perioden 1976–1979. Det framgår att skalven är lokaliserade till Aravadalen och Jordandalen jämte det dalstråk, som i NNV-lig riktning går från mellersta delen av Jordandalen upp mot Haifa. Från Ben-Menahem & Aboodi 1981.

3760

3750

3740

intensiv titanbasaltvulkanism på månen

3760

3750

3740



Ryggen hos Sedomberget, en salthorst i Dödahavsbäckenets sydvästra hörn. Den isolerade stoden strax till vänster om bildens mitt har utpekats som "Lots hustru". Stoden är ett erosionsvitne, vilket kvarstår sedan närmast omgivande saltbergarter lösts bort. Från Bentor 1989.



Sentida skred i Jordandalen. Ej konsoliderade jordmassor har glidit ut i floddalen och tvingat Jordan att ändra sitt lopp. Från Schattner 1962.

1500 f.Kr. med omfattande dödlighet som följd. Hon fann gravar innehållande hela familjer, vilket visar att medlemmarna dött i stort sett samtidigt. Att orsaken skulle ha varit svält kunde avvisas då de döda rikligt försetts med mat för livet efter detta. Inte heller kunde de avlidna vara offer för ett militärt angrepp på staden, då det syns osannolikt att de överlevande skulle hunnit med de omsorgsfulla begravningssceremonier, som gravarna bär präg av. Hennes slutsats blev därför att den omfattande dödligheten berodde på någon förhärjande pest. Man fann även något annat. Flera av de undersökta gravarna hade svårt skadats av nedfallande block. Jerikos innevanare torde sålunda redan ha varit kraftigt försvagade då israeliterna under Josua belägrade staden och därefter intog den.

"Men Herren sade till Josua: Nu ger jag Jeriko och dess kung i ditt våld. Alla krigare skall tåga runt staden, de skall vandra ett varv. Sex dagar skall ni göra så. (Josua 6:2-3).

Den sjunde dagen var de uppe i gryningen och tågade på samma sätt runt staden, sju varv; endast den dagen tågade de sju varv runt staden. På sjunde varvet stötte prästerna i hornen. Josua sade till folket: Høj härskri! Herren ger er staden. (Josua 6:15-16).

Nu höjde folket härskri, och man stötte i hornen. När folket hörde hornstöten höjde de ett väldigt härskri, och murarna störtade samman så att var och en kunde gå rakt in. Så intog de staden. Allt i staden, man och kvinna, ung och gammal, oxe, får och åsna, vigde de åt förintelse och högg ned." (Josua 6:20-21)

Att murarna störtade samman på grund av basunstötarna förefaller ur naturvetenskaplig synpunkt föga sannolikt. Väsentligt mer trovärdigt är att nya skalv eller svåra efterstötar till det jordskalv, som fick Jordans dalsidor att rasa ned i flodfåran, var orsaken till att murarna föll samman. De av nedfallna block skadade gravarna talar också för att en jordbävning härjat staden. Under sådana omständigheter torde

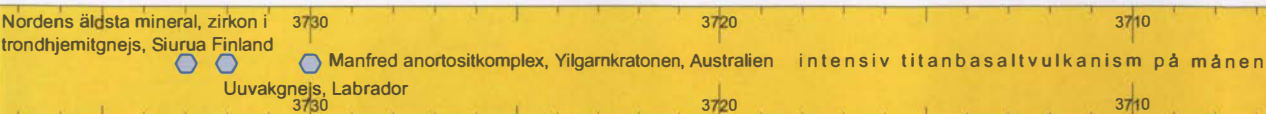
intagandet av staden varit förhållandevis enkelt, då de överlevande stadsborna efter såväl en förhärjande epidemi som omfattande jordbävningsskador inte hade något att sätta emot erövrarna.

Ett skäl för att hålla Bibelns berättelse om Jerikos fall för historiskt sann, är att detta stämmer väl med vad som av geografiska skäl borde ha varit det första militära målet för dem som öster ifrån invaderar Kanaan. Staden behärskade inte bara den vadbara sträckan av Jordan, som israeliterna måste passera för att kunna tränga in i Kanaan, utan även den väg som ledde till det inre höglandet, vilket fortsättningsvis blev israeliternas operationsområde.

Figurkällor

- Ben-Menahem, A. & Aboodi, E., 1981: Micro- and macroseismicity of the Dead Sea rift and off-coast eastern Mediterranean. *Tectonophysics* 80, 199-234.
- Bentor, Y.K., 1989: Geological events in the Bible. *Terra Nova* 1, pt. 4, 326-338.
- Garfunkel, Z., m.fl., 1981a: Asymmetry and basin migration in the Dead Sea. *Tectonophysics* 80, 27-38.
- Garfunkel, Z. m.fl., 1981b: Active faulting in the Dead Sea Rift. *Tectonophysics* 80, 1-26.
- Schattner, J., 1962: The Lower Jordan Valley. *Scripta Hierosolymitana*. Publ. Hebrew University, Jerusalem XI. Jerusalem.
- Zak, I. & Freund, R., 1981: Asymmetry and basin migration in the Dead Sea Rift. *Tectonophysics* 80, 27-38.

Bengt Loberg är docent och pensionerad universitetslektor samt författare av läroböcker i geologi.



4600 miljoner år på 144 sidor

Geologiskt forums tidsaxel

Tiden är en av geologins viktigaste måttstockar, samtidigt som de långa geologiska tidsperspektiven ofta är ofattbara. I årets häften av Geologiskt forum kommer jag därför att demonstrera den geologiska tiden och samtidigt ta upp viktiga händelser i jordens, solsystemets, Sveriges och livets utveckling.

AV JOAKIM MANSFELD

En av de mest fascinerande egenskapen inom geologin är de fantastiskt ogripbara tidsrymderna. Det finns många sätt att försöka exemplifiera dessa enorma tidsspann. Ett populärt exempel är att låta jordens historia omspanna ett dygn. Om jorden bildades kl. 0.00 bildades Bergslagens malmer ca tjugo över tre på eftermiddagen, den kambriska explosionen, då i stort sett alla djurgrupper uppstod, skedde omkring 21.15 och dinosaurierna dog ut 23.40. En annan populär indelning är att låta motsvarande tid fördelas på ett år. Exemplet ovan skulle då visa att Bergslagens malmer bildades i början av augusti, den kambriska explosionen skedde omkring den 27 november, dinosaurierna dog ut på kvällen den 26 december och *Homo sapiens* uppstod tidigast 23 minuter före årsskiftet. Även under ett så långt tidsperspektiv som ett år motsvarar människans skrivna historia mindre än en minut!

Tidsaxeln i Geologiskt forum

Jag har valt ett jämnt och bra startår för axeln, 4600 miljoner år. Vi känner inte till de exakta processerna som leder till att ett solsystem bildas. Vi vet dock numera att det är en relativt snabb process. Tiden från det att kärnreaktionerna kom igång i solen till dess att de första större himlakropparna bildades var snarare några miljoner snarare än tiotals miljoner år. Den absolut äldsta åldersbestämningen vi har från solsystemet är de märkliga CAI-inneslutningarna i den typ av meteoriter som kallas kondritter. CAI står för kalcium-aluminium-inneslutningar och de består bl.a. av mineralen melilit, anortit, spinell och Ti-pyroxen. De äldsta åldrarna vi fått fram från sådant material är 4569 miljoner år. Det betyder att i vår tidsaxel hamnar de längst till höger på omslagssidan i detta häfte.

Jag ska inte gå händelserna i förväg och avslöja vad som sedan kommer att ske på de efterföljande 143 sidorna. De fyra häften av *Geologiskt forum* som kommer ut i år kommer dock att få lite olika karaktär. Första häftet omspanner tiden 4600–3580 miljoner år. Spåren från

denna den mest avlägsna tiden är få och fragmentariska. Perioden kan kallas "solsystemet och jordens period" Det är under denna tid planeterna bildas. Jorden får jordskorpa, land och hav. De geologiska processerna som vi känner till dem kommer igång under denna period. Nästa häfte, junihäftet, skulle kunna få namnet "kontinenternas period". Efter denna period kommer bergarter på alla jordens kontinenter att finnas och i stort sett alla geologiska processer fungerar som de fortfarande gör idag. De stora jämmalmerna i världen skapades i stor utsträckning under denna period. Det tredje häftet, som på grund av sitt större sidantal omfattar perioden 2550–1020 miljoner år kan kallas "Sveriges eller Skandinavien period" Det är nu vi bildar den större delen av Sveriges urberg. Sista häftet som täcker tiden fram till idag skulle kunna kallas "livets period". Visserligen uppstod livet någon gång under perioden som omfattas av junihäftet (eller så tidigt som i slutet av marshäftet om man ska tro några mer tveksamma geokemiska spår), men det är under andra halvan av decemberhäftet som livet exploderade i den mångfald av former vi ser idag.

Var har då människan sin plats i vår skala? De äldsta fossilen (ca 4 miljoner år) hamnar 2 cm från högermarginalen på sista sidan. *Homo sapiens* uppstod drygt en millimeter från kanten och utvandrade från Afrika ca 0,44 mm från slutet. Människans skrivna historia motsvarar ca 0,025 mm, ungefär är femtedel av papprets tjocklek.

Skulle någon få för sig att sätta samman hela tidsaxeln blir den drygt 25 meter lång, närmare bestämt 25,056 meter. Valet av händelser som hamnar på axeln blir naturligtvis något subjektivt, men jag tar gärna emot förslag och kommentarer på vad som ska hamna på axeln i de tre kommande häften av *Geologiskt forum*.

*Joakim Mansfeld är fil. dr. och forskare i geokemi och petrologi samt redaktör för Geologiskt forum;
joakim.mansfeld@geo.su.se*

Noachian
3700
Hesperian
(Mars)
3700

intensiv titanbasaltvulkanism på månen

3690

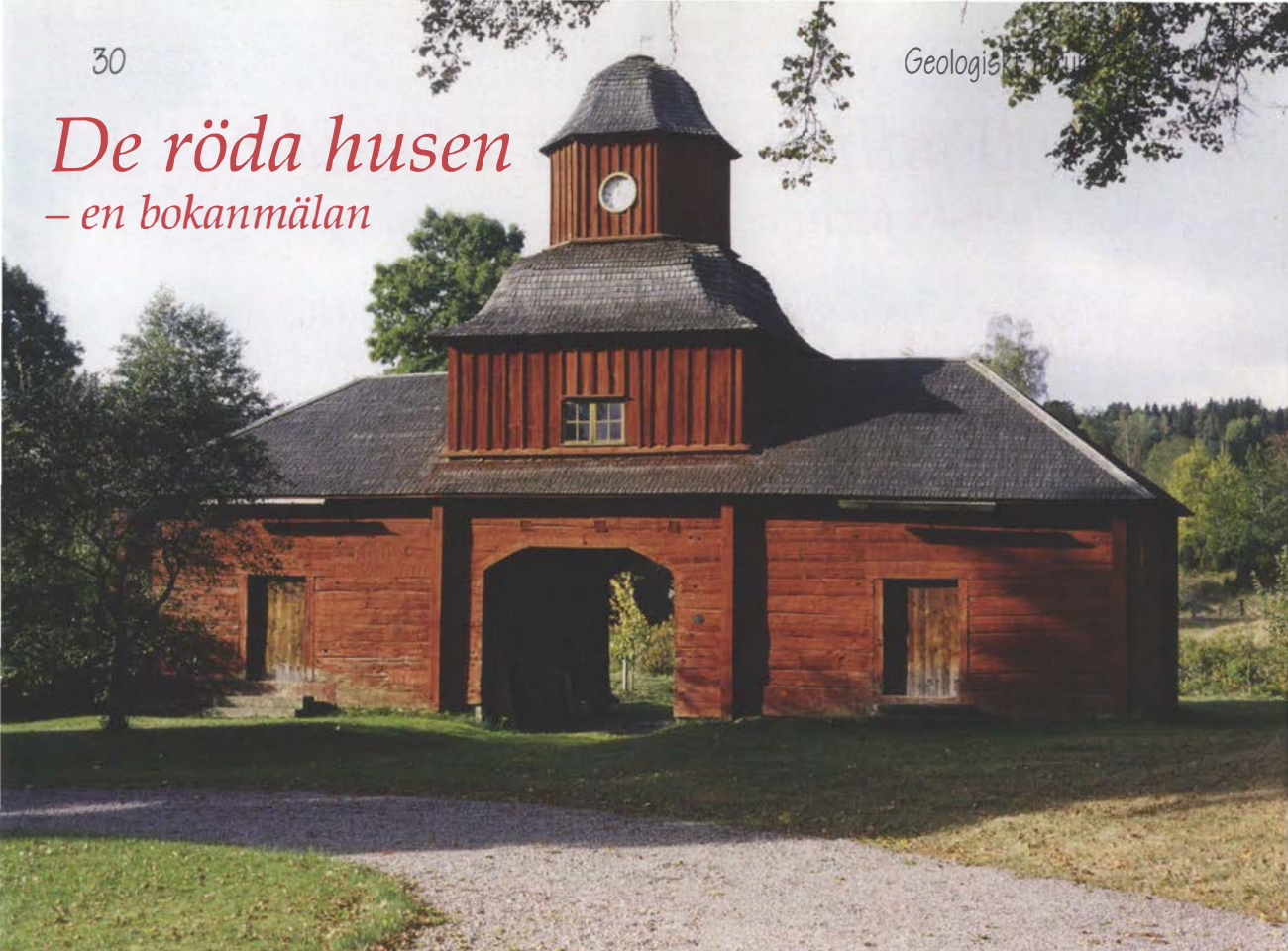
3680

3690

3680

De röda husen

– en bokanmälan



Detta är historien om Falu rödfärg, en av Sveriges äldsta industriprodukter. Boken beskriver historiken, tillverkningen och de otaliga hus där färgen används.

Näs portbyggnad. Foto Olle Norling, reproducerat med tillstånd från fotografen.

AV ERIK NORLING

Boken *De röda husen* är en rikt och vackert illustrerad bok i quartoformat som handlar om historien om svenska hus målade med falu rödfärg. Redaktör är Margareta Kjellin, konst- och litteraturhistoriker och tidigare verksam som produktchef för Falu Rödfärg/Stora Enso. Författaren är Ralph Edenheim, kulturhistoriker och författare med färgsättning och 1700-talsarkitektur som specialitet. Fotografen heter Olle Norling, högskoleutbildad i fotokonst i Götetorg, tidigare verksam i Dalarna, numera anställd som fotograf vid Upplandsmuseet i Uppsala. Med formgivaren Christer Sandbergs layout har boken illustrerats med 243 vackra färgfotografier tagna av Olle Norling. Kartor över hela Sverige finns också som visar de olika objektens geografiska läge från Skåne i söder till Lappland i norr. Boken ges ut av BYGGFÖRLAGET.

Den 8 december 1992 sköts sista salvan i Falu koppargruva och dess tusenåriga malmbrytning upphörde. 2001 upptogs Falun på UNESCO:s lista över världsarv, men än finns där en produktion kopplad till gruvan, nämligen

av falu rödfärg, en av Sveriges äldsta och mest använda utomhusfärger. I bokens historik kan man läsa att röd järnoxid har använts som färgpigment runt om i världen i tusentals år. I urgamla stenåldersgrottor i bl.a. Spanien och Frankrike, finns tak- och väggmålningar som målats med gul och röd järnockra. I Sverige använde bronsåldersfolk och vikingar fettblandad järnockra på sina hållristningar och runstenar. Boken ger också information om rödfärgens kemi, historik och under seklernas gång successiva förädlingar. Falu rödfärg innehåller pigment från Falu koppargruva. Den kopparfattiga malmen avskildes och deponerades i högar runt gruvan, där den fått vittra under århundraden. Den sekunda, komplexa sulfidmalmen, kallad rödmull, är rik på magnetkis, svavel och färgande järnockra, men innehåller även ett stort antal andra metaller och mineral. Själva färgpigmenttillverkningen har i stort sett skett på liknande sätt sedan 1600-talet. Då blandade man pigmentet med tjära, men sedan mitten av 1700-talet har man kokat pigmentet tillsammans med

3670

3660

3650

pyroxenit, Novopavlovsk,
Ukrainska skölden

Pilbarakratonen, Australien

Sveriges äldsta mineral,
zirkon, Västerviksvartsiten 3650

Ancient Gneiss Complex,
Swaziland, Afrika

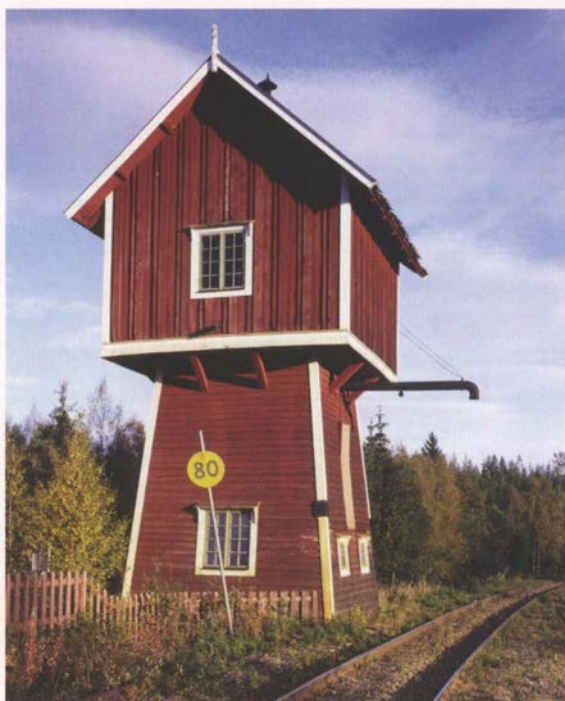
3670

3660

3650



Värskäl, Södermanland. Foto Olle Norling, reproducerat med tillstånd från fotografen.



Vattentorn i Emådalen, Dalarna. Foto Olle Norling, reproducerat med tillstånd från fotografen.

mjöl. Att koka rödfärg idag betraktas som enkelt, ungefär som att reda en sås, skriver Margareta Kjellin. Receptet med ingredienserna; vatten, vete- eller rågmjöl, järnvitriol, rödfärgspigment och eventuell linolja, kan man finna i boken. Efter inledningskapitel av Margareta Kjellin och Ralph Edenheim börjar skildringen och beskrivningen av kulturhistoriskt intressanta byggnader i Skåne och fortsätter sedan genom 25 svenska landskap upp till Lappland. Boken ger fascinerande beskrivningar och historik av röda torp, kvarnar, broar, fiskebodas, gruvlavar, villor, rådhus, herrgårdar och kyrkor i hela Sveriges land. På var och varannan sida illustreras de röda byggnaderna av Olle Norlings vackra färgfotografier. Man njuter av de röda husens varierande lysterkopplad till årstider, dygnetsoika dagar, det öppna landskapet och skogsdunklet. Under nära två år har fotografen bilat kors och tvärs genom Sverige; från Nöbbelövs prästgård i Käll i Skåne till Kirunas kyrka i Lappland. Han lär ha bilat ca 3500 mil för uppdraget. Att läsa boken, lära, se och associera till egna minnen och upplevelser, är som att göra en fascinerande resa genom Sverige. Som redaktören skriver är nog Falu rödfärg en av de mest demokratiska företeelser som Sverige har.

Erik Norling är docent och pensionerad SGU-geolog, numera verksam vid Naturhistoriska riksmuseet; erik.norling@nrm.se

GEONYTT

Under rubriken "Geonytt" uppläser *Geologiskt forum* kostnadsfritt plats för information relevant för föreningens medlemmar eller geointresserad allmänhet.

Har du något du vill upplysa om, sänd informationen till tidningen senast 1/6 (adress, fax och e-post, se sid. 2). Nästa nummer kommer i juni...

Geologiska Föreningens årsmöte

I år är turen kommen till Uppsala och ett samarrangemang med Svenska Nationalkommittén för IGCP (International Geoscience Programme), som är ett interdisciplinärt UNESCO-program för geovetenskap. Årsmötet äger rum fredagen 20 maj på Sveriges geologiska undersökning i Uppsala. IGCP-konferensen startat kl. 14.00 och ingen förräman behövs.

Geologiska Föreningens årsmöte, med bl.a. utdelande av Föreningens Hiärnepris i populärvetenskap och medaljfondens stipendium för bästa publikation i GFF under 2003–2004 av en yngre ograduerad forskare, börjar kl. 19.00.

Efter årsmötet följer eftersits. Till denna krävs anmälan senast 8 maj till Linda Wickström (linda.wickstrom@sgu.se, tel. 018-179313). Middagen kostar 185 kr (exkl. dryck) och betalas i samband med middagen.

Medlemsdebatt – GFF

Var med och debattera om namnet på Geologiska Föreningens vetenskapliga tidskrift. 1994 bytte tidskriften namn från *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* till det nuvarande *GFF*. Under förra årsmötet togs frågan om namnet upp igen och nu välkomnar vi alla att delta i debatten på vår hemsida. www.geologiskaforeningen.nu. Inlägg skickas till gff@geo.su.se.

En prenumeration

på *Geologiskt forum* 2005 (nr 45–48) kostar 160 kr. Gör så här: betala 160 kr till **Swedish Science Press** på postgiro 489 7850-6 eller bankgiro 914-4601. Märk inbetalningskortet Geologiskt forum 2005.

Geologiska Föreningen

Medlemskap i Geologiska Föreningen kostar 400 kr/år inkluderande *Geologiskt forum* och den engelskspråkiga vetenskapliga tidskriften *GFF*, samt full tillgång till *GFF online*. Studerande betalar dock endast 200 kr/år (under max. 4 år). Medlemskap enbart inkluderande *Geologiskt forum* kostar 250 kr/år. Medlemskap utan prenumeration på någon av tidskrifterna kostar 100 kr/år.

Gör så här: betala medlemsavgiften till **Geologiska Föreningen** på postgiro 2108-9. Märk inbetalningskortet Ny medlem (alt. ny studerandemedlem) i Geologiska Föreningen, avgift för 2005.

Skriv tydligt namn och adress på inbetalningskortet, tack!

Adressändring

Geologiskt forum och *GFF* har begränsad efterändring, dvs de efterlämnas normalt inte. För att inte missa något nummer är det därför viktigt att ge oss besked om ändrad adress så snart som möjligt.

För prenumeranter på *Geologiskt forum* gäller att adressändring skall meddelas **Swedish Science Press**, Box 118, 751 04 Uppsala, e-post: info@ssp.se.

För medlemmar i Geologiska Föreningen skickas adressändring till: Geologiska Föreningens redaktion, c/o Joakim Mansfeld, Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, e-post: gff@geo.su.se.

Ordinarie lösnummerpris *Geologiskt forum* nr 45 är 50 kr.

Information angående äldre volymer av *Geologiskt forum* fås via redaktionen; gff@geo.su.se, eller beställs av **Swedish Science Press** (se sidan 2 för information).

GEOLOPPIS

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

telefon-, faxnummer eller e-postadress. Sänd Din annons till tidningen senast 1/6 (adress, fax och e-post, se sid. 2). Nästa nummer kommer i juni...

KÖPES: Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar. Index to Volumes 91–100, 1969–1978. Tel. 08-674 7727.

SÅLJES: Stor samling bergarter, fossil, maskiner, silversmidesutrustning m.m. i Storvik. Tel. 019-294420, 019-216527. christer.roos@mbox302.swipnet.se.

GEOLOGISKA FÖRENINGENS STYRELSE 2005

Barbara Wohlfarth, ordf., Inst. f. naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet, 10691 Stockholm, tel. 08-164883; barbara@geo.su.se

Mats Rundgren, sek., Geol. inst., Kvartärgeol. avd., Lunds universitet, Sölveg. 12, 22362 Lund, tel. 046-2227856; mats.rundgren@geol.lu.se

Katarina Persson-Nilsson, skattm., Sveriges geologiska undersökning, Box 670, 75128 Uppsala, tel. 018-179358; katarina.persson@sgu.se

Joakim Mansfeld, red., Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, 10691 Stockholm, tel. 08-6747727; gff@geo.su.se

Dan Holtstam, ledam., Sekt. f. mineralogi, Naturhistoriska riksmuseet, Box 50007, 10405 Stockholm, tel. 08-51954076; dan.holtstam@nrm.se

Pär Weiheid, ledam., Luleå tekniska universitet, 971 87 Luleå, tel. 0920-491371; par.weiheid@sb.luth.se

Linda Wickström, ledam., Sveriges geologiska undersökning, Box 670, 75128 Uppsala, tel. 018-179313; linda.wickstrom@sgu.se



3600
Eoarkikum
3600
Paleoarkikum

3590

3580

3590

3580