

nr 41

mars 2004

årgång 11

Geologiskt forum

Geologiska Föreningens populärvetenskapliga tidskrift

Isländska zeoliter 4

Koraller och klimatförändringar 12

Bergkristaller 18

Skyddet av vårt grundvatten 26



www.geologiskaforeningen.nu

Behövs Geologiskt forum egentligen?

Vi firar tioårsjubileum i år! Det var nämligen i mars 1994 som det första numret av *Geologiskt forum* kom ut. Då var ambitionen att knyta samman geovetare inom den akademiska världen med yrkesverksamma geologer och den geovetenskapligt intresserade allmänheten. Redan vid starten var populärvetenskapliga artiklar ryggraden. Dessa vände sig dock oftare till de akademiskt utbildade kollegerna än till andra. Interna och yrkesfackliga texter förekom flitigt i form av notiser om tjänster etc.

Har vi då under de tio åren lyckats etablera en beständig position i den svenska geovärlden? Det gick snabbt i början. De första åren växte prenumerantskaran med imponerande siffror, procentuellt sett. De senaste tre åren verkar dock ökningen ha avstannat, trots draghjälp från Geologins dag. Det är kanske dags att fråga sig hur många som egentligen är beredda att betala för att *Geologiskt forum* ska finnas till. Låt oss räkna efter. Baserad på den medlemsenkät Geologiska Föreningen genomförde för tre år sedan kan vi anta att omkring 50% av våra medlemmar tycker att *Geologiskt forum* är vår viktigaste tidskrift och värd att bevara. Detta ger, högt räknat, 280 personer. Ser vi sedan till antalet betalande prenumeranter, drygt 350 st, får vi en siffra på omkring 600 personer som är beredda att betala för *Geologiskt forum*. Ett skrämmande lågt tal. Är vi verkligen bara 600 personer i hela Sverige som är så pass intresserade av geologi att vi kan tänkas betala för att läsa om det i populär form? Alla vi som sysslar med någon form av populariserad geovetenskaplig verksamhet vet att intresset är betydligt större än så. Det räcker bara med att se hur stort intresse som Geologins dag och universitetens utåtriktade verksamhet väcker hos allmänheten. Hur gör vi då för att locka dessa till *Geologiskt forum*? Frågan är mycket viktig. För att locka dessa potentiella prenumeranter har vår ambition de senaste två åren förskjutits mer åt populärvetenskap som ska kunna förstås och avnjutas utan speciella förkunskaper i geovetenskap. Än så länge är dock majoriteten av våra läsare utbildade geovetare, gärna med en högre universitetsexamen. Våra skribenter är dessutom oftast disputerade forskare. Det föreligger alltså en motsägelse genom att vi försöker förmå våra skribenter att skriva för en publik som vi egentligen inte har, samtidigt som vi lämnar de läsare vi faktiskt har i sticket. I långa loppet kanske detta resulterar i att den större delen av vår nuvarande publik känner sig missgynnade, dels genom att deras egna bidrag måste omarbetas rejält, och dels därför att de omarbetade artiklarna riskerar att bli så urvattnade att de inte längre är intressanta för dem.

Det kommande året blir ett prövningens år för oss och den nuvarande inriktningen. Lyckas vi inte få märkbart fler prenumeranter finns det stor risk att vår huvudfinansiering inte stödjer oss längre. Av den anledningen ser vi ingen annan väg än att fortsätta på den inslagna vägen. Det är först när vi har en stabil prenumerant-skara som vi har vunnit friheten att göra en tidskrift som kan passa oss alla.

Joakim Mansfeld



Omslagsbilden

Basalt från Hvalfjörður med hålrum innehållande ett mesolitknippe tillsammans med heulandit (?). Längsta kristallerna är omkring 2,5 cm långa. Läs mer om isländska zeoliter och Hvalfjörður i artikeln av Hannes Mattsson och kolleger på sidan 4. Samling och foto Hannes Mattsson.



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

Redaktionen adress:

GF:s redaktion, institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, tel 08-674 77 27, fax 08-16 44 24; 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 489 78 50-6, bankgiro 914-4601, tel 018-36 55 66, fax 018-36 52 77; 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 Holstam, Antti Hultström (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 lösnummerpris är 50 kr.

Töande permafrost spär på växthuseffekten

Klimatförändringarna har lett till att den eviga tjälen, permafrosten, inte längre är så evig. På vissa myrmarker längst i norr är permafrosten helt upptöad sommartid. En farlig cirkelgång kan öka utsläppet av växthusgaser, främst den aggressiva gasen metan.

Bakom de rönen står en internationell forskargrupp med Torben R. Christensen från Centrum för geobiosfärvetenskap vid Lunds universitet i spetsen. En rapport om utvecklingen publicerades den 20 februari i ansedda Geophysical Research Letters.

Källa: TT

Nordsjöns förlorade kontinent

Under Nordsjön ligger resterna av ett urgammalt slättlandskap som översvämmades när inlandsisarna smälte. Med hjälp av ett datasimulerat landskap kan vi nu se den sjunkna kontinenten igen – för första gången på 8 000 år.

En grupp geologer, arkeologer och ingenjörer vid University of Birmingham har kartlagt Nordsjöns botten mellan Storbritannien och Norge. I över 10 000 år var detta vidsträckt slätter där människor levde och jagade. Men för ca. 8 000 år sedan steg havet på grund av inlandsisens avsmältning och Nordsjölandet var dömt till undergång.

Källa: www.forskning.no

Rosetta äntligen på väg

Den 2:a mars (08:17 svensk tid) sköts Rosetta upp från Franska Guyana. Efter flera uppskjutna uppskjutningar är nu äntligen rymdsonden Rosetta på väg ut i solsystemet. Uppgiften är att åka ifatt en komet och bland annat landsätta en robot som tar geologiska prover på själva kometen. Detta har aldrig tidigare gjorts och det tar tio år innan Rosetta hinner ifatt kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko, även kallad "Chury". De små bekymren som uppstod i samband med starten framstår som småpotatis jämfört med själva huvudutmaningen: att "Rosetta" hittar Chury motsvarar att en rökpartikel avskjuten från Stockholm träffar rätt på ett knäppnålshuvud i Linköping. Ombord på "Rosetta" finns elva olika instrument, varav tre är mer eller mindre drivna av svenska forskare.

Källor: Dagens Nyheter och European Space Agency, ESA.
www.esa.int

Mot en ny istid?

Golfströmmen kan stanna av inom loppet av de kommande 100 åren. Påståendet kommer från Dr. Terry Joyce ved Woods Hole Oceanographic Institute, USAs största oberoende havsforskningsorganisation. Orsaken är att smältvattnet från den grönländska inlandsisen strömmar ut i Golfströmmen och späder ut saltvattnet så att det inte sjunker. Då kan hela cirkulationen stanna av och vi får betydligt kallare klimat i Skandinavien framöver.

Källa: NRK, Norge



LapId - svensk mineralencyklopedi Version 2.0

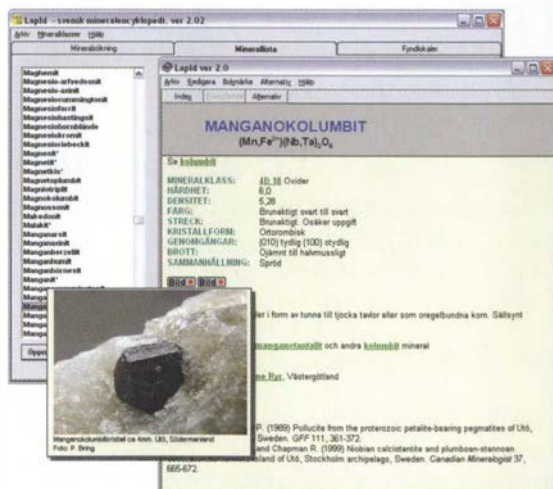
LapId är ett PC-program för mineralintresserade. Dels är det ett hjälpmedel för identifiering av mineral, dels ger det en ingående beskrivning av drygt 880 mineral påträffade i Sverige, innehåller mer än 650 mineralbilder samt utförliga beskrivningar av ett 90-tal klassiska svenska fyndlokaler.

Mineralencyklopedin bygger på ett hypertextsystem med mer än 17 000 länkar. LapId är i dag den mest omfattande deskriptiva sammanställningen över mineral i Sverige.

Användbart i såväl gymnasieskolan som högskolornas grundkurser i mineralogi.

Se även vår hemsida:

<http://lapides.se/lapid/>



För mer information kontakta:
Peter Bring, lapid@bredband.net
Lars Gustafsson, lex.mineralogi@bredband.net
Bertil Otter, berott@lapides.se

LapId kostar 490 kr/enskild anv. + porto

På jakt efter de isländska strålstenarna



Mesolit från Hvalfjörður. Bredden på stoffen är 7 cm. Samling Erik Sturkell, foto Rune S. Selbekk.

Island förknippar man normalt inte med exotiska och ovanliga mineral. Den ganska enahanda vulkaniska berggrunden är ingen ideal jaktmark för de mineralintresserade. Med ett undantag; vattenhaltiga silikatmineral som gärna växer till i omvandlade vulkaniska bergarter. Praktexemplar av zeolitkristaller från lokaler som Teigarhorn finns utställda på många museer runt om i världen. Dessa lokaler är relativt svåra att komma till och dessutom är de fridlysta. Här berättar författarna om isländska zeoliter och avslöjar en mer lättåtkomlig lokal.

AV HANNES MATTSSON, RUNE S. SELBEKK & PETER E. DANIELSEN

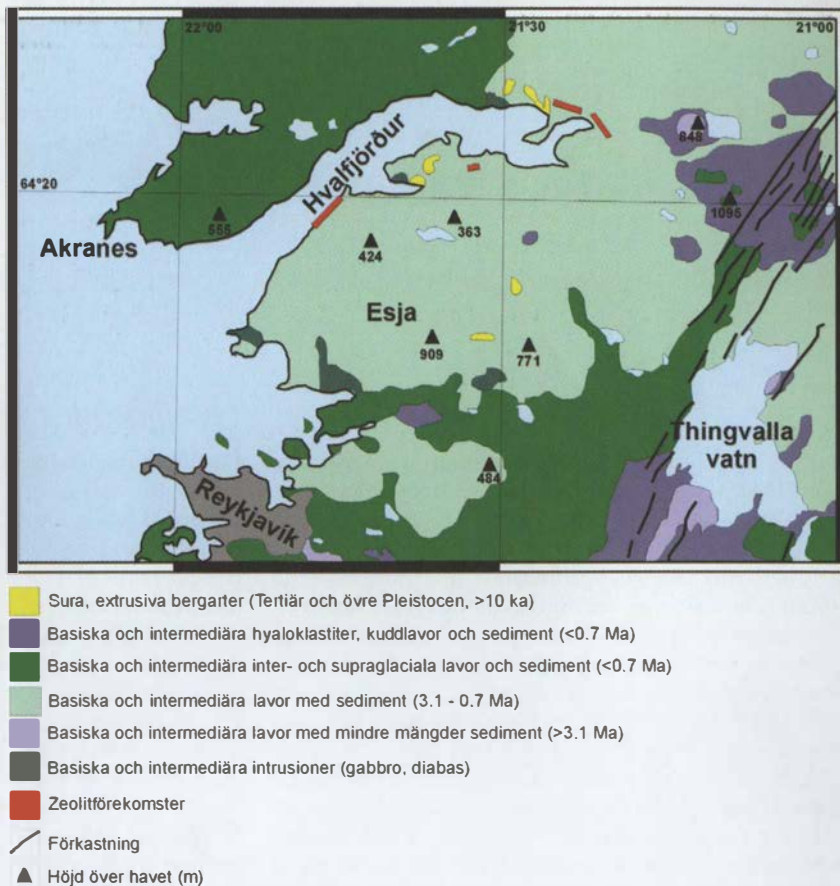
Det isländska språket är fullt av egna ord för geologiska namn och termer. Ett sådant ord är *Geislasteinar*, vilket direkt översatt till svenska betyder strålstenar. Ordet härstammar från de ofta strålformade knippen av mesolit och skolecit man kan finna på många ställen på Island.

Ordet zeolit användes 1756 först av den svenska mineralogen Axel Fredrik Cronstedt för att beteckna mineraler som uppförde sig speciellt vid uppvärmning. *Zeo* kommer från grekiskan och betyder kokande och

lithos betyder sten (kokande stenar). Zeolit används i dagsläget för att beskriva en grupp aluminiumsilikater som innehåller vatten (H_2O). Zeoliter har förmågan att avge vatten då de värms upp för att sedan återuppta vattnet vid rumstemperatur.

Internationellt kända mineralförekomster kan på Island räknas på ena handens fingrar. De mest kända är nog kalcitförekomsten Helgustaðir på östra Island (typlokal för islandsspat), samt den inte så långt därifrån belägna zeolitförekomsten vid Teigarhorn (en typlokal

Geologisk karta över området runt Hvalfjörður.



för epistilbit, men har en stor mängd olika väl-kristalliserade zeolitmineral).

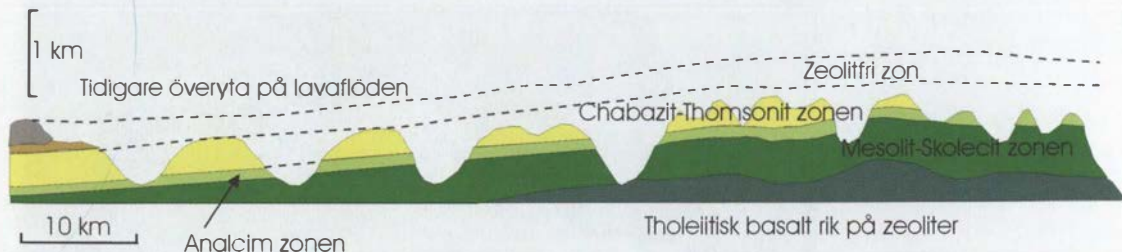
För den vanliga islandsbesökaren (som anländer till Reykjavík) ligger dessa lokaler för långt borta för att enkelt kunna besökas. Tur är då att Hvalfjörður finns. Denna är en av de bättre zeolitförekomsterna på Island och bara beläget 40 km från Reykjavík.

Var hittar man zeoliter?

En vanföreställelse som finns bland många är att man bara behöver vulkanism och basalt för att kunna hitta massor av zeoliter. Detta är dock inte sant eftersom zeoliter saknas i de aktiva riftzonerna. För att bildas kräver zeoliter att vissa förutsättningar är uppfyllda, som exempelvis tryck, temperatur och tillgång till cirkulerande fluider (vatten och gaser). Därför finner man ofta zeoliter i äldre eroderade vulkaniska bergarter. Äldre centralvulkaner utgör ett utmärkt ställe att börja leta zeolitmineral vid eftersom de ofta har haft aktiv vulkanism i 1–2 miljoner år och värme och fluider har

kunnat omvandla bergarter under en längre tid. Sådana områden finns på flera ställen i de äldre bergarterna på islands öst- och västkust där också de djupast eroderade bergarterna är exponerade. Zeolitmineral är relaterat till lågtemperaturmetamorfos genom omvandling av fältspat, fältspatoider eller vulkaniskt glas. Zeolitförekomster är inte bara begränsade till basalter utan kan också återfinnas i ryoliter, granofyrer och sedimentära bergarter. När de översta 150–200 meterna av en ursprunglig lavastratigrafi eroderats bort, kommer man ned till den första zonen där kraven för att bilda zeoliter uppfyllts. Det krävs en minimumtemperatur på 30–50°C, går temperaturen däremot över 230°C så blir zeoliterna instabila. Olika zeoliter bildas vid något skilda förhållanden, något som den klassiska studien av zeolitizoner på Island av George Walker (1960) visade. Denna studie demonstrerade olika metamorfosgrader i form av speciella zeolitizoner i bergarter på östra Island (figur överst på nästa sida).

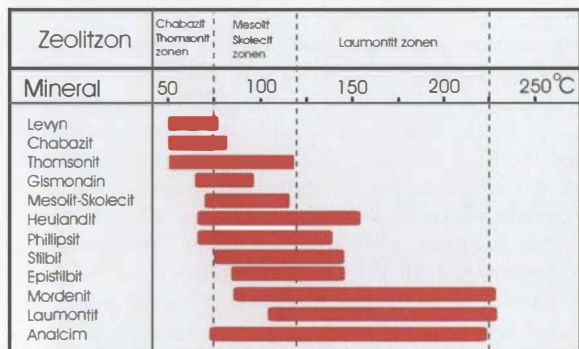
Eftersom olika zeolitmineral är stabila under olika förhållanden kan man med hjälp av vilka typer av



Walker's (1960) klassiska profil från östra Island som visar utsträckningen av de olika zeolitzonerna.

zeoliter bestämma bergartens metamorfosgrad (se figurerna på denna sida). Genom dessa zoner kan man också bestämma hur mycket av den överliggande berggrunden som eroderats bort.

De vanligaste zeolitzonerna i olivinbasalter på Island klassificeras vanligtvis som: (1) Chabazit-Thomsonitzonen, (2) Mesolit-Skolectitzonen, och (3) Laumontitzonen. Vilka zeolitmineral som bildas är också beroende av vilka bergarter de bildas i. Figuren nedan till höger visar vilka zeoliter som bildas vid vilken temperatur i islands två vanligaste typer av basalt (olivinbasalter och tholeiiter). De bästa områdena för att finna zeoliter är ofta i kontakten mellan två lavaflöden eftersom det är där man finner de största hålrummen och därmed förutsättningarna för att bilda stora välkristalliserade zeoliter.



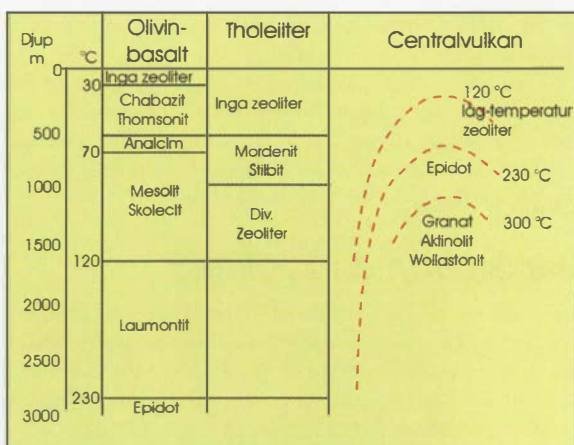
Översikt över de olika zeolitmineralens stabilitetsområde. Modifierat efter Sæmundsson & Gunnlaugsson (2002).

Hvalfjörðurs geologi

Hvalfjörðurs nordvästliga sida (karta föregående sida) består huvudsakligen av basiska och intermediära bergarter (olika typer av basalter) som är äldre än 3,1 miljoner år. Dessa bergarter har bildats i en tidigare riftzon. I området förekommer också en mindre mängd sedimentära bergarter.

Hvalfjörðurs sydöstliga sida består även den av mestadels basiska och intermediära bergarter. Dessa är dock betydligt yngre än på norrasidan (0,7–3,1 miljoner år). Mindre mängder med gabbro, diabas och sura bergarter som ryolit förekommer också.

Gemensamt för de båda sidorna är att de huvudsakligen är uppbyggda av tjocka, näst intill plana lavaflöden. Efter lavaflödena avsattes har bergartspaketet roterats svagt mot väst-sydväst (in mot den gamla riftzonen).



Temperatur och tryck för de olika zeolitzonerna. Lägga märke till att basalternas kemi påverkar vilka typer av zeoliter som bildas. Zeoliter bildas vid lägre temperaturer i olivinbasalter än tholeiiter. De har också olika zeoliter som huvudmineral i de olika zonerna.

Vilka zeoliter finner man i Hvalfjörður?

Hvalfjörður ligger omkring 40 km från Reykjavík och att ta sig dit är mycket enkelt då området passeras av riksväg 1 (den sk. Ringvägen). Längs fjorden finns en mängd branta sluttningar där man enkelt kan samla fina zeolitsuffer. Det är dock bäst att leta i strandkanten eftersom den marina erosionen hela tiden gör att nytt material faller ned. Ett varningens ord kan dock vara på plats; kom i håg att kolla när tidvattnet kommer så att vadning eller simning inte måste ingå i en dagsutflykt. Den avbildade analcimkristallen ovan är funnen i ett väl rundat block på stranden. I Hvalfjörður kan man finna åtminstone 15 olika zeolitmineral samt en hel del andra mineral. De flesta zeoliterna förekommer i omvandlade olivinbasalter.

Zeoliter och andra mineral man finner i Hvalfjörður

Analcim $\text{Na}(\text{AlSi}_2\text{O}_6) \cdot \text{H}_2\text{O}$

Förekommer som klara till vita trapezohedrala kristaller upptill 1 cm i storlek (foto till höger). När kristallerna exponeras för luft blir de vita med tiden. Finns i olivinbasalter tillsammans med chabazit, thomsonit och mesolit.

Chabazit $(\text{Ca}_{0,5}, \text{Na}, \text{K})_4(\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Vita romboedriska kristaller upptill 0,5 cm i storlek. Förekommer i olivinbasalter.



Det är viktigt att kolla upp tidvattnet innan man beger sig ut för att leta zeoliter. I värsta fall kan man tvingas invänta lågvatten innan man kan återvända. Foto Rune S. Selbekk.



En 1 cm stor analcim kristall funnen i strandmaterialet i Hvalfjörður. Samling Peter Eric Danielsen, foto Rune S. Selbekk.

Cowlesit $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}) \cdot 5,3\text{H}_2\text{O}$

Förekommer som gråvita kulformade mm-stora aggregat. Bildar ofta sprickfyllningar i olivinbasalter tillsammans med mineraler som analcim, levyn, thomsonit och heulandit.

Epistilbit $(\text{Ca}, \text{Na}_2)(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Klara kristaller upp till 1 cm i storlek. Förekommer i olivinbasalt.

Erionit $\text{K}_2(\text{Na}, \text{Ca}_{0,5})_8(\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72}) \cdot 30\text{H}_2\text{O}$

Förekommer som vita till gula trådformade (ull-liknande) aggregat. Återfinns i både olivinbasalter och tholeiiter.

Garronit $\text{NaCa}_{2,5}(\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}) \cdot 14\text{H}_2\text{O}$

Förekommer som färglösa till mjölkvita tätväxande radiella aggregat, ofta med en glänsande överyta i hålrum upp till 1 cm. Finns i olivinbasalter tillsammans med främst chabazit men kan också vara överväxt av philipsit.



Skolecit (?) från Hvalfjörður.
Bildens längsida är ca 7 mm.
Samling Erik Sturkell, foto
Rune S. Selbekk.



Hålrum (7×4 cm) i olivinbasalt fylld med stilbit och mesolit. Samling och foto: Hannes Mattsson.

Gismondin $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8) \cdot 4,5\text{H}_2\text{O}$

Vita kulformade aggregat upp till 0,5 cm i storlek, har ofta en antydning till plattstruktur. Återfinns tillsammans med mesolit och apofyllit.

Heulandit $(\text{Ca}_{0,5}, \text{Sr}_{0,5}, \text{Ba}_{0,5}, \text{Na}, \text{K})_9(\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$

Klara till vita tabulära tjocka trapezoederkristaller eller som aggregat upp till 1 cm i storlek. Återfinns tillsammans med stilbit och mesolit.

Levyn $(\text{Ca}_{0,5}, \text{Na}, \text{K})_6(\text{Al}_6\text{Si}_{12}\text{O}_{36}) \cdot 17\text{H}_2\text{O}$

Bildar färglösa till vita tunna hexagonala plattor upp till 3 mm i storlek. Finns i olivinbasalter. Ofta är levyn det enda mineral som kristalliserat i ett hålrum, men kan också ibland förekomma tillsammans med gismondin, garronit och philipsit. Kan förväxlas med kortprismatisk stilbit. Den bästa förekomsten av levyn i Hvalfjörður är Eilífsdalur men kan annars hittas lite överallt.

Mesolit $\text{Na}_{16}\text{Ca}_{16}(\text{Al}_{48}\text{Si}_{72}\text{O}_{240}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Förekommer som vita till färlösa nålformade enkelkristaller eller som aggregat upp till ett par cm i storlek. Växer ofta som en andra generation ovanpå stilbit-kristaller (foto till vänster, ovan till höger och vinjett-bilden). Mesolit är det mest vanliga nålformiga zeoliten i Hvalfjörður. Förekommer i olivinbasalter tillsammans med stilbit, chabasit och analcim.

Mesolit i solfjäderform.

Samling Hannes Mattsson,

foto Rune S. Selbekk.



Mordenit $(\text{Na}_2, \text{Ca}, \text{K}_2)_4(\text{Al}_6\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 28\text{H}_2\text{O}$

Klar till vit i färgen och liknar hår. Upp till 5 mm i storlek. Förekommer i de flesta bergarter tillsammans med zeolitmineral och kvartsvarianter.

Skolecit $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Förekommer som klara till vita fibrösa nålar (foto ovan till vänster). Kan förväxlas med mesolit. Återfinns i olivinbasalter tillsammans med mesolit, chabasit och analcim.

Stilbit $(\text{Ca}_{0.5}, \text{Na}, \text{K})_9(\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) \cdot 28\text{H}_2\text{O}$

Förekommer som klara till vita tabulära plattformade enkelkristaller (foto föregående sida och till höger) eller som sk. "bowties" på upp till 4-5 cm i storlek. Termineringen kan både vara spetsig eller rundad. Stilbit är det vanligaste zeolitmineralet i Hvalfjörður och återfinns i de flesta typer av bergarter.

Thomsonit $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Al}_5\text{Si}_5\text{O}_{20}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Vita radiella nålformiga aggregat som kan bli upp till 8 mm i storlek. Återfinns tillsammans med chabasit, okenit och kalcit i olivinbasalter.



Genomskinliga 3 mm stora stilbitkristaller med flat terminering. Samling och foto Rune S. Selbekk.



Kvartskristall (1,5 cm lång) funnen i hålrum tillsammans med stilbit i tholeitisk basalt. Notera den lite ovanliga formen på kristallen. Samling och foto: Hannes Mattsson.

Yugawaralit $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16})\cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Förekommer som klara till vita tabulära plattor vanligtvis mellan 0,5-1 cm i storlek. Återfinns som sprickfyllningar i kraftigt omvandlade basalter tillsammans med kalcit, kvarts och diverse andra zeolitmineral. Hvalfjörður är det bästa området för yugawaralit på Island.

Övriga mineral

Några mineral som många tidigare har omtalats som zeoliter är gyrolit, okenit och apofyllit. Dessa mineral uppfyller dock inte kriterierna för att klassas som zeoliter enligt The International Mineralogical Association (IMA)'s subkommision för zeoliter (Coombs et al. 1997).

Apofyllit

Apofyllit (troligtvis fluorapofyllit) förekommer som klara till vita kristaller upp till 1,5 cm i storlek. Man har även funnit gröna kristaller. Förekommer i olivin-basalter.

Gyrolit

Vita till gulaktiga aggregat, ofta som en andra generation på kalcit.

Okenit

Återfinns ofta som vita fiberliknande aggregat eller massor, men kan också finnas som nålformade "bomullsliknande" bollar. Förekommer i olivinbasalter tillsammans med främst apofyllit.

Andra mineral

Kalcit finns också i Hvalfjörður. Förekommer ofta som vita-gula kristaller tillsammans med en mängd olika zeolitmineral. På Hvalfjörðurs norrasida (vid Ferstikla) har man även funnit små halvklara granater.

Några andra mineral som hittats i området är ilvait (kristaller upp till 2 mm), nålformade massor av thaumasit, plattformade hematitkristaller, samt kulformade fluoriter upp till 7 mm i storlek. Kvartskristaller kan man finna i hålrum i tholeitiska basalter (foto till vänster).

Bakgrundslitteratur

Coombs, D. et al., 1997: Recommended nomenclature for the zeolite minerals: Report of the subcommittee on zeolites of the international mineralogical association, commission on new minerals and minerals names. *The Canadian Mineralogist* 35, 1571–1606.

Sæmundsson, K. & Gunnlaugsson, E., 2002: *Icelandic rocks and minerals*. Mál og menning. Reykjavík, Island. ISBN 9979-3-2199-7

Walker, G. P. L., 1960: Zeolite zones and dike distribution in relation to the structure of the basalts of eastern Iceland. *The Journal of Geology* 68, 515–528.

Hannes Mattsson är fil lic och doktorand på institutionen för geologi och geokemi vid Stockholms universitet;

hannes.mattsson@geo.su.se.

Rune S. Selbekk är fil dr och postdoktorstipendiat vid Albert-Ludwigsuniversitetet i Freiburg.

Peter E. Danielsen är geofysiker vid Iceland GeoSurvey (ISOR).

Hannes och Rune är tidigare stipendiater vid Nordiskt vulkanologiskt institut (Nordvulk); www.norvol.hi.is

Kartor och publikationer utkomna från juni 2003 till och med december 2003

Berggrundskartor

11G Västerås NO, skala 1:50 000, SGU Af 217
 17F Ånge NV, skala 1:50 000, SGU Ai 172
 17F Ånge NO, skala 1:50 000, SGU Ai 173
 24H Sorsele NV, skala 1:50 000, SGU Ai 187
 24H Sorsele SV, skala 1:50 000, SGU Ai 188
 24H Sorsele NO, skala 1:50 000, SGU Ai 189
 24H Sorsele SO, skala 1:50 000, SGU Ai 190
 18F Bräcke NO, skala 1:50 000, SGU Ai 191
 18F Bräcke NV, skala 1:50 000, SGU Ai 192
 19F Häggenås SV, skala 1:50 000, SGU Ai 193
 19F Häggenås SO, skala 1:50 000, SGU Ai 194

Kvartärgeologiska kartor

Beskrivning till jordartskartan 9D Mariestad SO. SGU Ae 139
 12H Söderfors SV, skala 1:50 000, SGU Ae 154
 14H Söderhamn SV/SO, skala 1:50 000, SGU Ak 33
 22H Järvsö, skala 1:100 000, SGU Ak 41
 23J Norsjö, skala 1:100 000, SGU Ai 44

Övriga publikationer

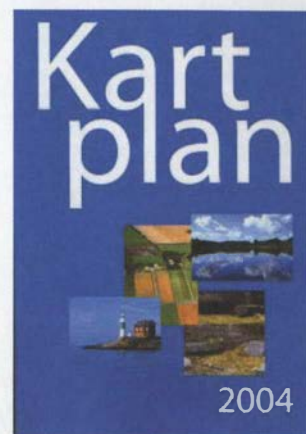
Rapporter och meddelanden 113. Economic geology research and documentation. Volume 2, 2001–2002.

Rapporter och meddelanden 114. Fördjupad utvärdering 2003. Grundvatten av god kvalitet.

Three-component magnetic surveys of the Gulf of Bothnia with the non-magnetic ship Kompass in 1939 and 1950. SGU Cb 30.

Periodiska publikationer

Bergverksstatistik 2002. Statistics of the Swedish Mining Industry 2002. Per. publ. 2003:1
 Mineralmarknaden. Tema: Indium, gallium & germanium. Per. publ. 2003:2
 Mineralmarknaden. Tema: Uran. Per. publ. 2003:3
 Grus, sand och krossberg. Aggregates. Produktion och tillgångar 2002. Per. publ. 2003:4
 Mineralmarknaden. Tema: Koppar. Per. publ. 2003:5



Den nya kartplanen
 kan beställas gratis
 från Kundtjänst.

SGU

Sveriges geologiska undersökning

Välkommen till Kundtjänst med frågor och beställningar.
 Sveriges geologiska undersökning, Kundtjänst, Box 670,
 751 28 Uppsala, Sverige.

Tel: 018-17 90 00, Fax: 018-17 93 70, E-post: kundservice@sgu.se

Tropiska koraller som klimatarbiv



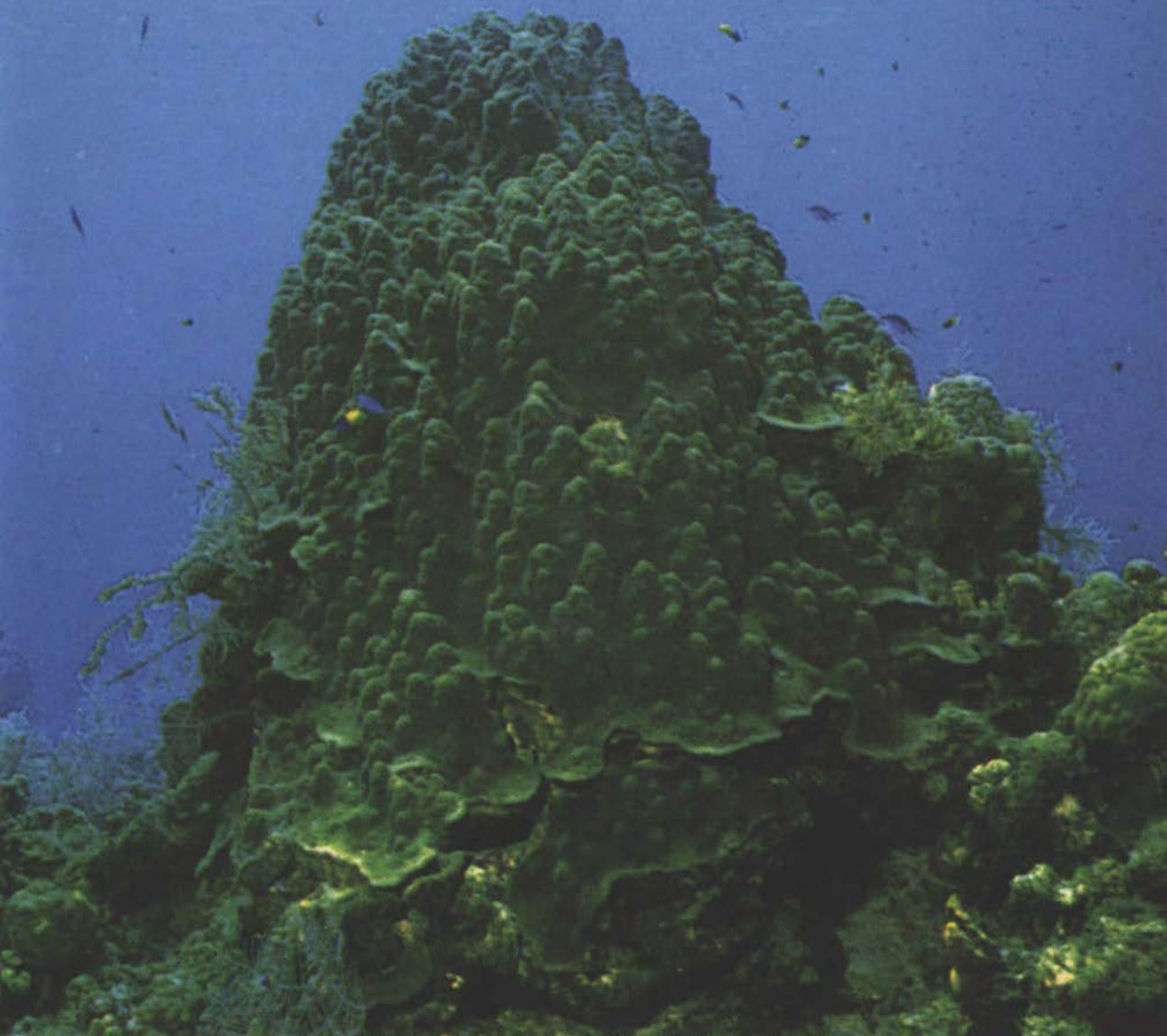
Frågan om klimatets utveckling, särskilt med avseende på mänsklig påverkan, är en mycket kontroversiell fråga högt upp på den globala politikens agenda. I den ibland hysteriska debatten förlorar man gärna de stora perspektiven. Här har forskarna, särskilt inom geovetenskaperna, en viktig roll att spela. Enbart genom att öka kunskapen om klimatets naturliga variationer under lång tid kan graden av mänsklig påverkan upptäckas. I artikeln visas att koraller kan fungera som ett arkiv som bevarar spåren efter många tusentals års variationer i klimatet.

AV JOHAN NYBERG

Vad är motivet till att studera klimatvariationer i Karibien? Det är naturligtvis en exotisk och varm plats för en nerkyld nordbo, men den väsentliga anledningen är att instrumentella observationer och klimatmodeller visar att nordöstra Karibien avspeglar globala temperaturtrender såväl som variationer i klimatfenomen som den Nordatlantiska oscillationen (NAO) och El Niño. Det tropiska havet är den primära källan av energi och vattenånga till atmosfären och följaktligen ger förändringar i samspelet mellan det tropiska havet och atmosfären en global klimatpåverkan. Dessa förändringar sker på årliga till 1000-åriga tidsskalor.

Under de senaste decennierna har invånarna i länderna som gränsar till Nordatlanten upplevt en förändring av klimatet. Till exempel har lufttemperaturen och nederbörden i norra Europa blivit högre vintertid och Sahel-regionen i norra Afrika varit utsatt för torka.

Anledningen till dessa förändringar är att västvindarna över Nordatlanten intagit en mer sydvästlig-nordöstlig bana, med den följden att mer varm maritim luft, med ursprung ända från den varma sydvästra delen av Nordatlanten, har nått norra Europa samtidigt som Nordafrika har fått mindre mängd



Korallen Montastraea faveolata som används för klimatstudier i Karibiska Havet.

vattenånga. Orsaken till dessa mer förhärskade vindriktningar är att högtrycken i de subtropiska delarna av Atlanten har varit kraftigare än tidigare, vilket beror på högre vattentemperaturer i tropikerna – något som allmänt anses vara orsakat av växthus-effekten.

Solens påverkan på klimatet

Nya rön pekar dock på att även små förändringar i solaktivitet kan påverka havsvattentemperaturer och

molntäcke och därigenom också det globala klimatet. Låga moln är betydelsefulla ur klimatsynpunkt eftersom de har en stark nedkylningseffekt genom att de reflekterar tillbaka värmande solstrålar ut i rymden. Det finns en omvänd relation som är statistisk signifikant mellan solens ultraviolette strålning och mängden av lågt molntäcke samt en relation mellan solaktivitet och globala havsvattentemperaturer, dvs. ökad solaktivitet och solinstrålning bidrar till ökade havsvattentemperaturer och minskat lågt molntäcke.



Korallborrning. En rörformad borr, som är hydrauldriven och vars hastighet styrs från däck, används för att ta ut en borrhärna ur korallen.

Mängden av molntäcke påverkas både genom förändringar i den ultraviolette strålningen och genom solaktivitetens inverkan på havsvattentemperaturer. Förändringar i den ultraviolette strålningen influerar utbredningen av atmosfärsvågor mellan troposfären (den nedre delen av atmosfären) och stratosfären (den övre delen av atmosfären). Detta påverkar vädret i troposfären och då särskilt styrka och läge för högttrycken i de subtropiska delarna av världshaven. Eftersom dessa regioner är gynnade med avseende på låga moln spelar en förändring av atmosfärstryck här en stor roll för mängden av lågt molntäcke. Därtill kan man tänka sig att förändringar i den ultraviolette strålningen genom dessa processer förmodligen också har en inverkan på vindarna över Nordatlanten. Trots att den globala havsvattentemperaturen endast varierar någontiondels grad på grund av skillnader i solaktivitet kan de variationerna ansevärt påverka bildandet av låga moln. En vattentemperaturökning på $0,3^{\circ}\text{C}$ reducerar det låga molntäcket med 2%. En hypotes är därför att en

ökad solinstrålning svagt höjer havsvattentemperaturerna, vilket medför en svag reduktion i molntäcke, som i sin tur ökar solinstrålningen och havstemperaturen o.s.v.

Dessutom finns det en hypotes om ett samband mellan jordens molntäcke och kosmisk strålning. Kosmisk strålning består av högenergetiska partiklar som slungats ut vid stjärnexplosioner i Vintergatan. Vi avskärmas till viss del från den kosmiska strålningen genom solens magnetfält, som bildar en bubbla som sträcker sig ända till jorden. Solens magnetfält som styr solaktiviteten är avgörande för hur stor mängd kosmisk strålning som träffar jorden. Högre solaktivitet minskar mängden kosmisk strålning till jorden och därigenom också bildandet av moln. Minskad molnmängd innebär i sin tur att värmande solstrålar lättare kommer ned i jordatmosfären. Man har påvisat att solaktiviteten har ökat sedan början av 1900-talet och därför finns det anledning att misstänka att solen kan spela en roll i den globala uppvärmningen.

För att bättre kunna prognosticera och göra modeller av framtidens klimat samt utröna den mänskliga påverkan krävs rekonstruktioner av tidigare klimatutveckling för att både studera hur snabbt naturliga förändringar sker och hur stora de kan bli. Studierna kan göras genom direkta instrumentella observationer av t.ex. nederbörd, luft- och vattentemperaturer eller genom sekundära mått på dessa miljöparametrar, vilka kan avläsas i det geologiska arkivet. De längsta sammanhängande instrumentella observationerna av lufttemperatur kommer från norra Europa (England) och går tillbaka till mitten av 1600-talet. I den tropiska delen av Atlanten finns det dock inga luft- och vattentemperaturmätningar som sträcker sig längre tillbaka än till början av 1900-talet. Dessa korta instrumentella tidsserier är inte tillräckliga för att tillförlitligt studera klimatförändringar och därför måste man alltså använda sig av sekundära mått för att erhålla längre tidsserier.

Koraller lagrar klimatinformation

Koraller som lever i tropikerna tillhandahåller något av de rikaste arkiven på jorden vad gäller klimatvariationer. Prover uttagna från korallens skelett som består av aragonit (ett slags kalciumkarbonat) kan geokemiskt analyseras för att detektera den sammansättning av havsvattnet som existerade vid bildandet av korallens skelett. Från resultaten av dessa analyser kan sedan miljövariabler såsom temperatur, salthalt, nederbörd, vindstyrka och uppvällning (vatten från djupare kallare skikt som tränger sig upp till ytan) bestämmas med en tidsnoggrannhet på ca en vecka. Genom att dokumentera uppträdandet av dessa variabler tillbaka i tiden kan vi få en uppfattning om naturliga klimatvariationer. Jämförelser med olika faktorer, vilka har en inverkan på klimatet, såsom solaktivitet som även kan detekteras i korallaragoniten, vulkanism, halten av växthusgaser i atmosfären etc. kan därför ge en uppfattning om graden av mänsklig påverkan.

Datering

De flesta revkoraller lever på mindre än 20 m djup och tillväxer kontinuerligt med en hastighet på ca 4 till 25 mm/år och på ett sådant sätt att högtäthetslager bildas en gång om året i samband med reproduktionen. För koraller som växer i Karibien sker detta under sensommaren då vattentemperaturen är som högst. Dessa lager kan lätt identifieras genom röntgenundersökningar och kan därför användas till att få en absolut årlig kronologi. En annan dateringsmetod som används med framgång för både recenta och fossila koraller är uran–thorium-metoden. Den grundar sig på två separata sönderfallsserier som startar med kärnorna



Forskningsfartyget R/V Pezmar vid Isla Catalina utanför Dominikanska Republikens syd kust.

^{238}U respektive ^{235}U . Under vittringsprocessen blir dessa två kärnor fraktionerade från vissa dotterkärnor såsom ^{230}Th och ^{231}Pa eftersom uran är lösligt i naturligt vatten, medan thorium och protaktinium inte är det. Det karbonat som fälls ut i naturliga vatten innehåller därför uran men inte thorium och protaktinium. Anrikningen av ^{230}Th och ^{231}Pa i korallaragoniten, vilket alltså är ett resultat av koncentrationsminskningen av ^{238}U och ^{235}U , är själva ryggraden i åldersbestämningen. Metoden används framgångsrikt på fossila koraller p.g.a. den höga koncentrationen av uran i korallaragonit. ^{230}Th har en halveringstid på 75 000 år och om korallen är väl bevarad kan detekteras 450 000 år tillbaka i tiden. ^{231}Pa har en halveringstid på 33 000 år och en optimal räckvidd på 200 000 år. Vid användning av modern analysteknik med hög precision erhålls noggrannheter vid åldersbestämningar som sträcker sig från 2 år för ett 100-årigt prov till 10 000 år för ett 350 000 år gammalt prov. Precisionen i denna dateringsmetod på koraller möjliggör således en väldigt bra kronologisk kontroll av Senkvartär och Holocen geologi.

Metoden används, till exempel, för att kalibrera och förbättra kol-14-metoden. Kol-14-metoden grundar sig på att alla organismer tar upp kol ur omgivande atmosfärs eller vattens koldioxid, vilken innehåller en bestämd liten mängd av den radioaktiva isotopen ^{14}C . Organismen står då i jämvikt med omgivande atmosfär eller vatten. Då den dör upptas inget mer ^{14}C och det som finns i organismen sönderfaller med känd hastighet. Organismernas upptag av ^{14}C är dock inte

konstant över tiden i och med att atmosfärens och havets ^{14}C -halt växlar. Vid datering med ^{14}C uppstår därför ett fel, vars storlek varierar beroende på organismens ålder. Med hjälp av uran–thorium-datering på koraller kan alltså detta fel reduceras. Dessutom finns det en unik möjlighet att med hjälp av uran–thorium-datering på koraller bättre rekonstruera globala havsnivåförändringar under den senaste istiden och deglaciationsskedet, vilket kan vara en kvantitativ hjälp vid modelleringar av isolymer och avsmältningsförlopp för specifika ismassor.

Geokemiska analyser

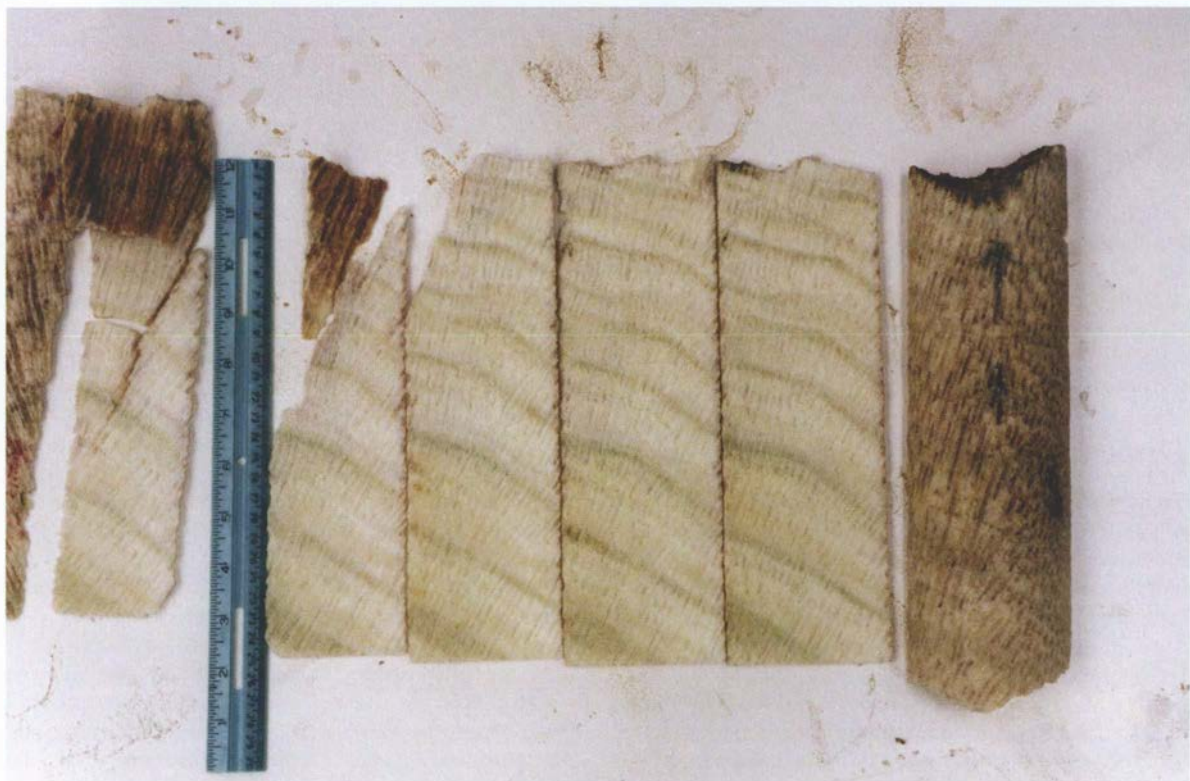
Syreisotoper

Sammansättningen av två stabila syreisotoper (syre 18 och syre 16) i korallens skelett ger en uppfattning om vattnets temperatur samt salthalt. Förändringar i vattnets salthalt används, till exempel, till att studera

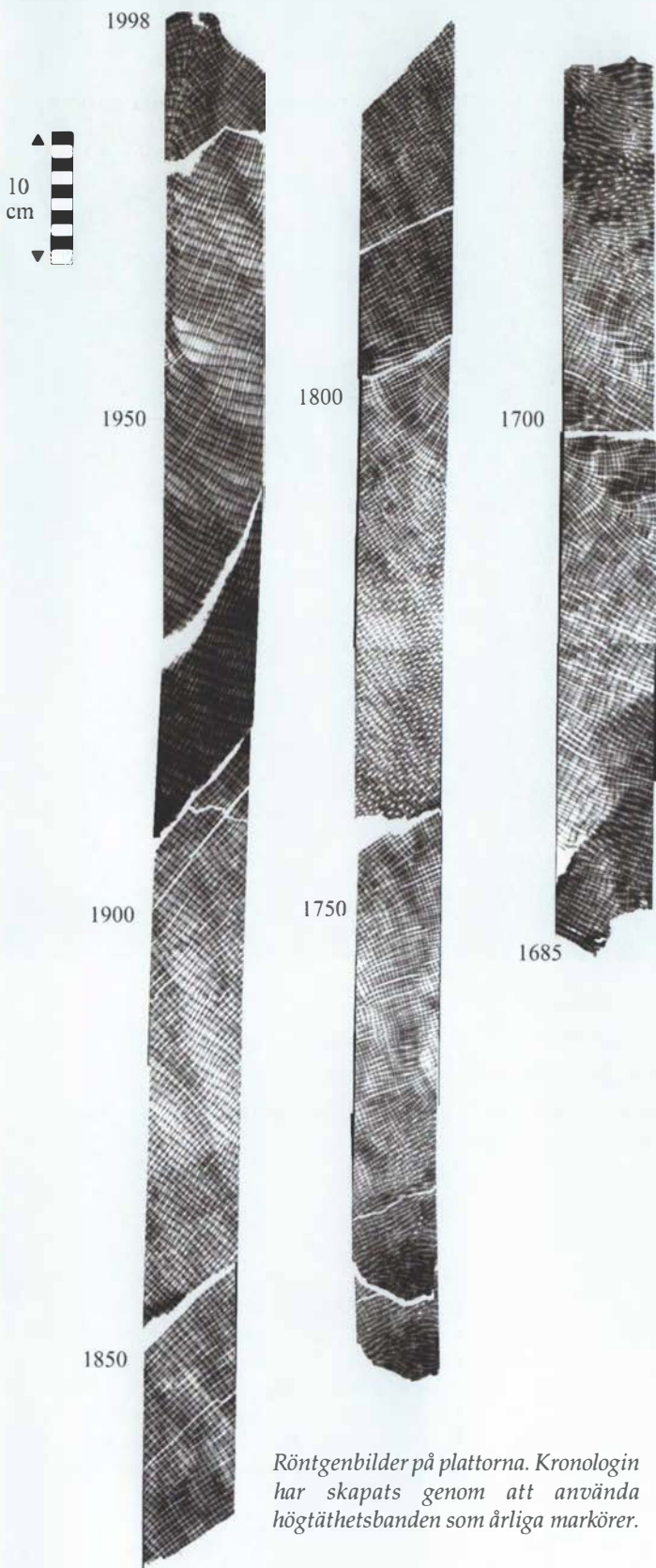
storskaliga förändringar i strömförhållanden. I områden där det finns temperaturserier, instrumentella eller framtagna genom sekundära mått, har förändringar i syreisotoper använts framgångsrikt för att rekonstruera nederbörd, salthalter och strömförhållanden. I områden där hydrografen är väl känd har syreisotoper använts framgångsrikt för att få fram temperaturhistorier.

Spårelement

Det finns ett starkt samband mellan vattentemperatur och kvoterna strontium/kalcium, uran/kalcium och magnesium/kalcium i korallagonit. I de fall då dessa kvoter använts för att rekonstruera tidigare, kända vattentemperaturer har skillnaden endast varit $0,2^\circ\text{C}$. Kvoterna barium/kalcium och kadmium/kalcium kan användas för att bestämma magnituden av uppvärmning eftersom barium och kadmium sprids som näringsämnen i haven.



Plattor av en tjocklek på 4 mm sågas från korallkärnan.



Röntgenbilder på plattorna. Kronologin har skapats genom att använda högtäthetsbanden som årliga markörer.

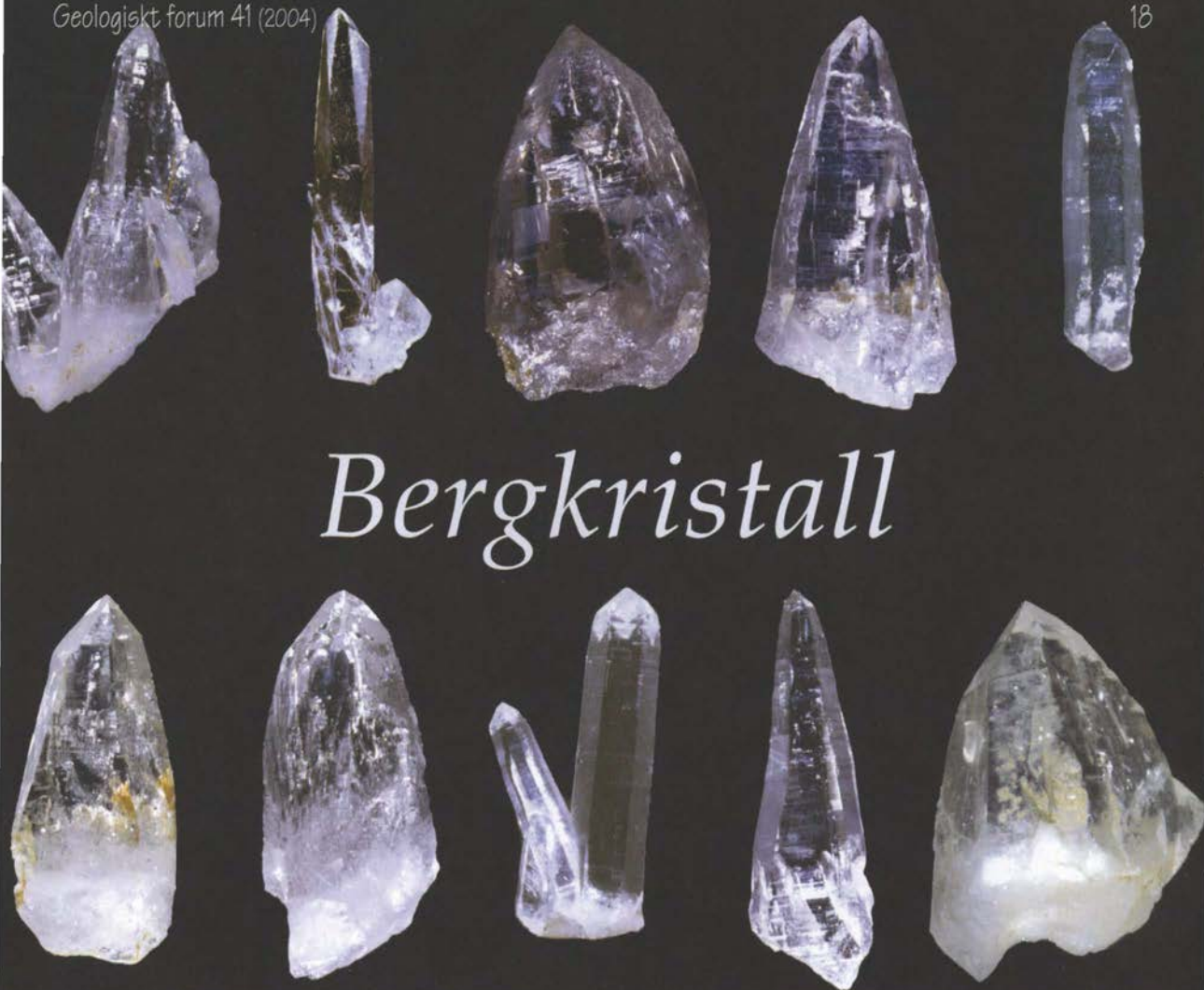
Humussyror

Halten av s.k. terrestiska (från land) humussyror i korallens skelett ger en uppfattning om nederbördens storlek. Humussyrorna är nedbrytningsprodukter av organiskt material och transporteras från land till havet genom avrinning. Avrinningens storlek är direkt betingad av nederbördens storlek. I nordöstra Karibien beror nederbördens storlek av passadvindarnas styrka och riktning, som i sin tur bestäms av låg- och högtryck i de tropiska och subtropiska delarna av Nordatlanten. Halten av humussyror i korallen bestäms med hjälp av luminescence-mätningar. Det senare innebär att man detekterar koncentrationen av humussyra genom bestrålning av korallen med ljus av en specifik våglängd och mätning av intensiteten av utsänt ljus från korallen av en annan specifik våglängd.

Litteratur

- Haigh, J. D., 1996: The impact of solar variability on climate. *Science* 272, 981–984.
- Hoerling, M.P., Hurrell, J.W., & Xu, T., 2001: Tropical origins for recent North Atlantic climate change. *Science* 292, 90–92.
- Nyberg, J., 2002: Luminescence intensity in coral skeletons from Mona Island in the Caribbean Sea and its link to precipitation and wind speed. 2002. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 360, 749–766.
- Svensmark, H., 1998: Influence of cosmic rays on Earth's climate. *Phys. Rev. Lett.* 22, 5027–5030.
- White, W.B., Lean, J. Cayan, D.R. & Dettinger, M.D., 1997: Response of global upper ocean temperature to changing solar irradiance. *J. Geophys. Res.* 102, 3255–3266.

Johan Nyberg är fil dr och arbetar på Sveriges geologiska undersökning. Han disputerade 2001 vid Göteborgs universitet på en avhandling om klimatutvecklingen i området runt Nordatlanten under de senaste 2000 åren. Hans forskning finansieras av Vetenskapsrådet; johan.nyberg@sgu.se



Bergkristall

Kvarts, jordytans vanligaste mineral, har följt mänskligheten under dess historia. Det är särskilt den glasklara och diamantglänsande bergskristallen som fascinerat människorna. Här berättas om kvarts och dess egenskaper samt hur jakten på de perfekta kristallerna i alperna går till.

AV BERTIL HOLMQVIST OCH PER NYSTEN

De vanligaste mineralen i den kontinentalajordskorpan utgörs volymmässigt av fältspater 58%, pyroxen och amfibol 13%, kvarts 11%, glimmer och lermineral 10%, olivin 3% samt övriga mineral 5%. Av dessa är kvarts i form av bergkristall känd för de flesta av oss. Den naturintresserade kan i regel identifiera kvarts när den förekommer i olika bergarter. Kvarts speciella egenskaper, t.ex. dess hårdhet och mussliga brott, har gjort att den använts för tillverkning av bruksföremål som

pilspetsar, yxor, skrapor mm sedan urminnes tider. Arkeologiska utgrävningar i Kina, längs Alpernas randområden och östra Pyrenéerna har exponerat bruksföremål vars ålder uppskattats till 40 000 år eller äldre. Gravfynd från Mesopotamien visar vidare att stenslipningskonsten utövades redan 3000 år f.Kr. och att inte enbart nyttföremål utan även konstföremål tillverkades.

Fynd från framför allt gravar i Syrien, Egypten, Grekland och den äldre romerska kulturen, illustrerar ett mycket drivet hantverk. De vanligaste konstföremålen utgörs av sigill, halskedjor, skålar mm vars ålder ligger mellan 3000 f.Kr. till några 100-tals år e.Kr. Det är t.ex. anmärkningsvärt att konsten att borra hål i en bergkristall var känd redan för 4000 år sedan!

Från 1000-talet e.Kr. och senare har praktföremål såsom pokaler, vaser med lock, kannor, skålar, etc. framställts. Då storleken på föremålen ofta har en höjd av 20–30 cm och en diameter av 10–15 cm måste stora sprickfria bergkristaller ha använts vid tillverkningen. De slipade föremålen är dessutom försedda med utsökta gravyrer. Konststartens höjdpunkt uppnåddes under 1500-talets slut och arbetena utfördes i synnerhet av mästare från Milano i Italien, men även från Frankrike och Tyskland.

Hur har då begreppen kristall och kvarts uppstått? Bergkristaller var kända redan av antikens greker som gav dem namnet *Crystallos*, ett ord som kan härledas från kyla, frost och is. K. Diodorus, omkring 300 f.Kr., ansåg att kristallstenar uppstår ur fruset vatten. Romaren Plinius den äldre (23–79 e.Kr.) nedtecknade att kristallen, latin *Crystallus*, uppstår genom en förtätning av is vid intensiv kyla där framför allt snöstelnar. Därför består kristallen säkert av is, varifrån också det grekiska namnet härstammar. Det dröjde ända till slutet av 1500-talet innan ett antal tänkare löste mänskligheten från denna fysikaliskt orimliga uppfattning. J.M. Hottiger påvisade 1698 att kristaller förekommer i gruvor där temperaturen överstiger 0°C. Robert Boyle bestämde bergkristallens vikt till 2,65 gånger större än vattnets, is flyter på vatten, etc. Detta ledde till att begreppet kristall vid denna tid kom att användas endast för bergkristall, latin *Crystallus montium*. Kristallbegreppet och kristallografin generaliserades 1723 av Moritz Anton Cappel, schweizisk läkare, till den nu rådande uppfattningen.

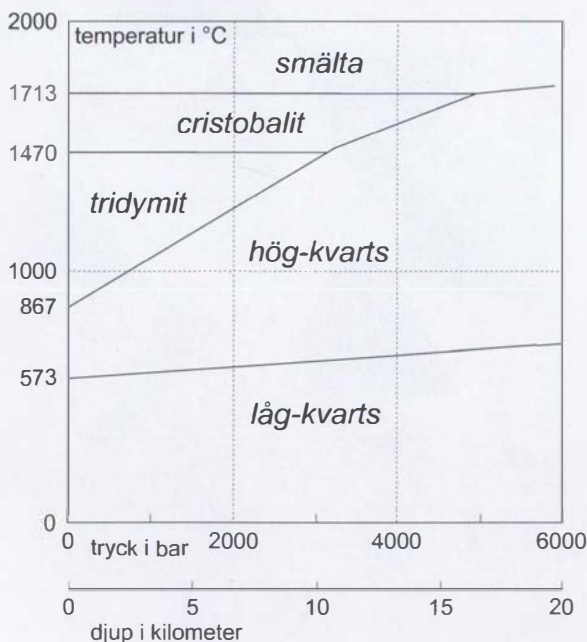
Det allmänna begreppet kvarts dök första gången upp under 1300-talet vid bergverk i Sachsen. Vad man menade med "quaterz", kvartsmalm, var en hård ofyndig malm utan stort metallinnehåll. Uttrycket kvarts återfinns i berömda böcker om gruv- och hyttantering såsom Calbus 1505, "Eyn Nützlich Bergbüchlein", Gregorius Agricola 1529, "Bergmannus sive de re metallica".

Kvarts omfattade vid denna tid emellertid inte bergkristall. Det skulle dröja ända till andra hälften av 1700-talet innan Torbern Bergman (1734–1784) införde beteckningen kvarts för bergkristall. Full klarhet om mineralet kvarts erhöles först när Jacob Berzelius (1779–1848) bestämde dess kemiska sammansättning och formel, SiO_2 , år 1810.

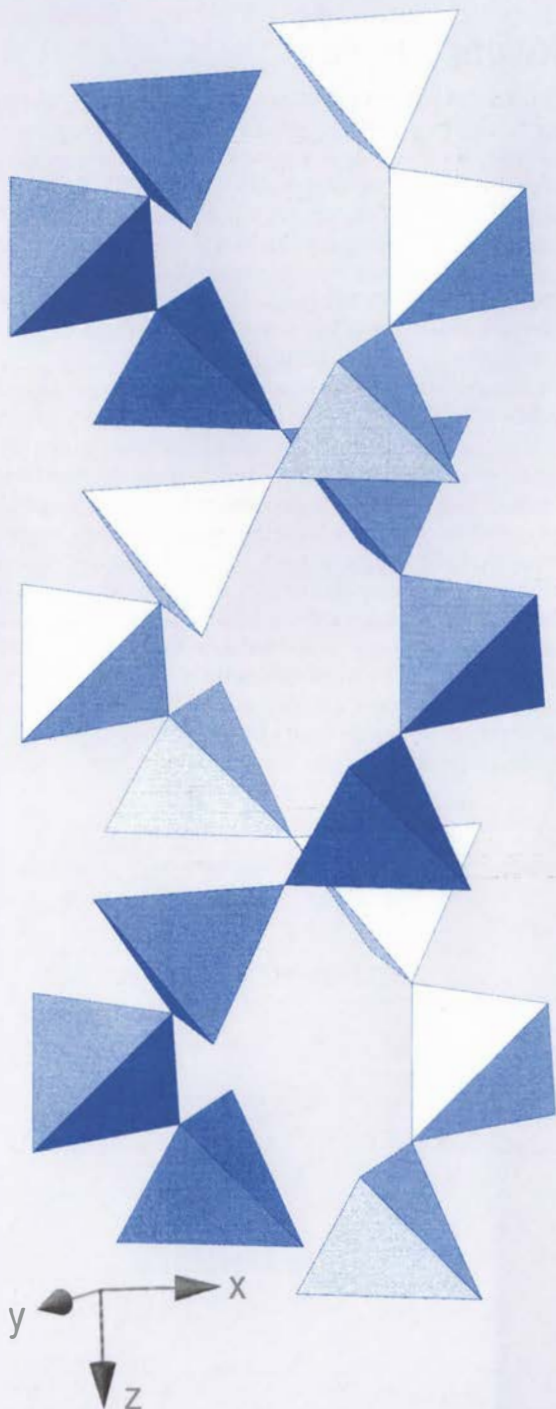
Kvarts struktur

Bergkristaller har alltid tilldragit sig ett speciellt intresse p.g.a. deras välkända egenskaper såsom transparens, hårdhet, kemisk resistens samt kristallernas form; varje kristall är unik! Det väsentliga är dock att bergkristaller uppvisar speciella symmetriegenskaper. Studier av dessa utgör en viktig del i modern forskning där olika typer av fysikaliska mätningar används vid problemlösning. Därför har bergkristall redan tidigt utgjort ett betydelsefullt objekt för kristallografiska och mineralogiska undersökningar.

För att kunna förstå kvartskristallernas egenskaper måste vi studera deras struktur. Kemiskt består vattenklara bergkristaller av praktiskt taget ren kiseldioxid, SiO_2 . Naturligt förekommer denna i olika former vilka skiljer sig åt genom att den grundläggande byggnadsstenen, kiselsyretetraedern, ingår i ett tredimensionellt byggnadsverk som är fysikaliskt stabilt inom ett visst temperatur och tryckområde. Utanför detta område blir kristallstrukturen instabil och en s.k. fasomvandling äger rum. Nedan visas ett fasdiagram för kvarts vid olika tryck och temperatur. Den kemiska sammansättningen är SiO_2 för alla varianter men strukturen skiljer dem åt. Detta kallas polymorfi = många former.



Fasdiagram som visar stabilitetsfälten för olika SiO_2 -mineral. Axlarna anger tryck i bar och temperatur i °C. Modifierad efter Mason & Berry. *Elements of Mineralogy* (1968).



Atommodell av kvarts. Kiselsyratetraederna är sammanlänkade med varandra i hörnen. Länkarna består av syreatomer och ett tredimensionellt, mycket stabilt fackverk byggs upp. Tetraedrarnas spiralvridning syns om man följer den lodräta c-axelriktningen (z-axeln). Hämtad från en demonstrationskopia av CrystalMaker, CrystalMaker Software.

En viktig omvandling sker vid 573°C och 1 bar när trigonal lågkvarts bildas från hexagonal högkvarts. Det förstnämnda mineralet är den vanligaste typen av kvarts. Vid omvandlingen uppstår en något mindre kompakt struktur vilket bidrar till att sänka tätheten.

Bergkristaller består av lågkvarts och vi vill här ge en elementärbeskrivning av dennas struktur. En central, liten plusladdad kiselatom omges av fyra negativt laddade syreatomer. Dessa bygger upp en kiselsyretetraeder $[\text{SiO}_4]^{4-}$ som delar syreatomer med likadana tetraedrar i ett tredimensionellt mönster så att laddningsneutralitet och formeln SiO_2 uppnås.

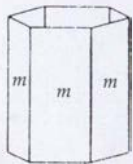
Om vi nu kopplar samman fyra tetraedrar till en kedja och lindar den som en spiraltrappa runt en vertikal axel, har vi konstruerat en skruvmodell av lågkvartsens struktur. Den första och den fjärde tetraedern har då samma orientering i denna modell. Den vertikala s.k. skruvaxeln illustrerar en viktig symmetriegenskap hos kvarts då skruvrörelsen kan ske genom vridning av tetraederkedjan till höger så väl som till vänster. Det visar sig att det existerar såväl högersom vänsterkristaller av kvarts i naturen. Genom att koppla samman många skruvar i ett 3D-mönster (fackverk) kan man noggrant beskriva mineralets struktur. Hur detta går till tar vi dock inte upp här.

Kristallernas ytformer (morfologi)

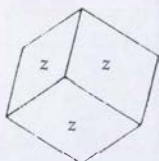
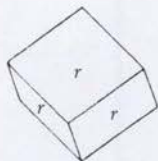
Som bekant begränsas kristaller av geometriska yttre former som avspeglar viktiga inre fysikaliska egenskaper hos individuella mineral. Det intressanta i sammanhanget är att en kristalls mikroskopiska uppbyggnad, d.v.s. symmetriegenskaper bestämmer utseendet på den kristall vi håller i handen. Kvarts-kristaller karaktäriseras av en mångfald av former där samtliga kristaller är uppbyggda utifrån en bestämd grundstruktur. Variationsrikedomen styrs av olika tillväxtförhållanden där temperatur och tryck samt bildningsmiljöer påverkar ytornas utveckling. Mångfalden av kvarts-kristaller utgör en rik källa för morfologiska studier och är så intressanta att det finns mineralsamlare som helt koncentrerar sig på dessa.

Vid en detaljerad beskrivning av en bergkristalls formkombinationer och individuella prägel använder vi begreppen dräkt, efter tyskans Tracht, och habitus. Begreppet dräkt kan åskådligt beskrivas genom att betrakta ett spelmanslag. Alla bär samma dräkt men storleken på de ingående individerna kan variera påtagligt. D.v.s. helheten av ytorna som uppträder på en kristall utan hänsynstagande till deras relativa storlek. Med habitus avser man tvärtom en kristalls individuellt präglade utveckling av storleken hos enskilda ytformer.

Till höger visas en s.k. vänster- och en högerkristall. Bägge består av ett hexagonalt (sexkantigt) prisma, vars ytor betecknas med *m*. Prismornas ändytor är sammanvuxna med hexagonala pyramider. Dessa pyramider är



hexagonalt prisma



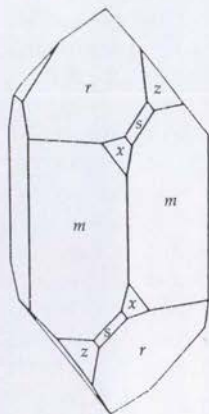
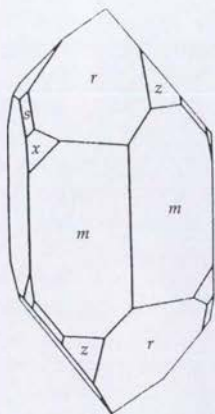
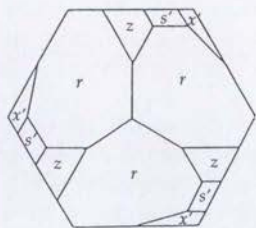
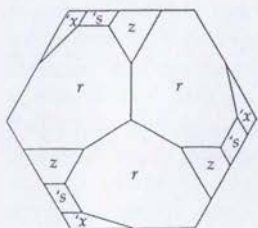
huvudromboeder



bipyramid



trapezoeder

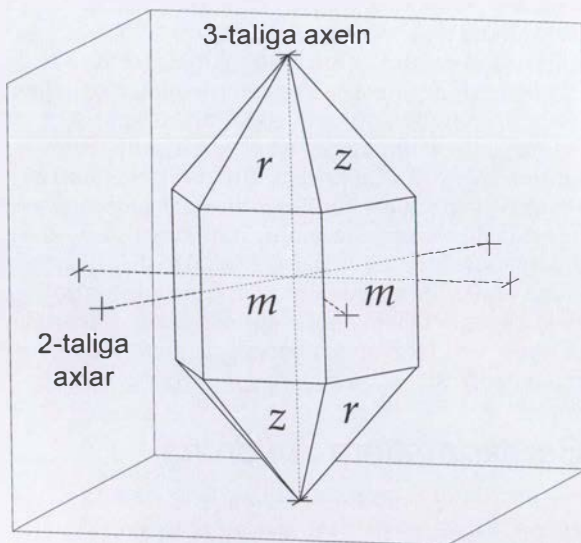


De vanligaste formelementen som bygger upp kvartskrystaller är prisma, romboeder, bipyramid, trapezoeder. Längst ned demonstreras vänster- respektive högerkvarts uppifrån samt från sidan.

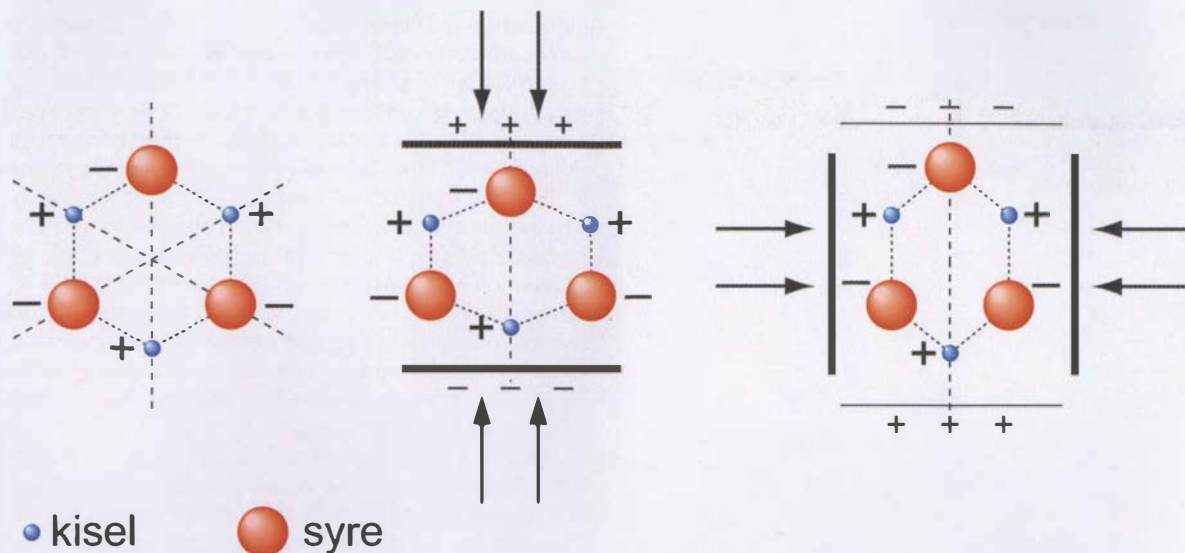
sammanvuxna med varandra av två s.k. huvudromboedrar vars ytor betecknas med r och z så att r - och z -ytorna alternerar då vi vrider kristallen runt prismats rotationsaxel. I en verklig bergkristall är vanligtvis tillväxten i den ena romboedern snabbare än i den andra vilket leder till att varannan yta blir större. Prismaytorna är vanligtvis horisontellt finstreckade vilket orsakas av tillväxt av nya romboederytor. Formrikedomen hos bergkristaller är ett resultat av olika utveckling av prisma och romboeder beroende på skillnader i tillväxthastighet. Vi vill här poängtera att även om kristalltillväxten uppdelas i prisma och romboedrar, så sker kristalltillväxten samtidigt men med olika hastighet för olika ytor. Det avgörande är att kristallens inre struktur bestämmer dess yttre form.

Hur vet vi nu om vi funnit en höger- eller en vänsterkvarts? Nedan till vänster visas att hörnet mellan r -ytan och underliggande m -yta är avskuret av den lilla ytan x . Vidare ser vi att mellan x -ytan och z -ytan till vänster finns en liten yta s . Dessa två ytor återfinns vi i m -ytans högra övre hörn. Orsaken till x - och s -ytorna är att kristallens ytform styrs av en trigonal romboeder respektive en trigonal bipyramid. Av figuren framgår att dessa rymdformer representerar en vänster- och en högerkristall i analogi med vänster och höger hand. Vi säger att de är enantiomorfa och vi känner igen diskussionen från tetraederskruven som också har en vänster- respektive högerform.

På nytt konstaterar vi att kristallens inre struktur visar sig på den makroskopiska ytformen.



Orientering av den 3-taliga (vertikal) och de tre 2-taliga vridaxlarna i kvarts (horisontella).



Till vänster visas ett ostört kristallgitter och till höger hur laddningar omfördelas i gittret då kristallen utsätts för ett riktat tryck (en piezoelektrisk effekt uppstår).

Piezoeffekten är en fysikalisk egenskap som upptäcktes 1880 av bröderna Jacques och Pierre Curie i Frankrike. Figuren på föregående sida visar att pyramidens rotationsaxel också är tretalig (om vi roterar kristallen 120° upprepas kristallens utseende). Det finns dessutom tre stycken 2-taliga rotationsaxlar som vardera skär två diametralt motsatta hörn i pyramiden samt den 3-taliga axeln under rät vinkel. Vinkel mellan på varandra följande tvåtaliga axlar är 120° . Dessa axlar kallas också polaraxlar och deras riktning bestäms av de positiva och negativa jonernas fördelning i kristallen. Utsätts kristallen för ett riktat tryck, uppstår en laddningsförskjutning och en elektrisk puls alstras (se figuren ovan). Detta är den direkta piezoelektriska effekten (som inte ska förväxlas med den indirekta som uppstår då ett växelspänningsfält läggs på kvarts). Praktisk användning av den piezoelektriska effekten är bland annat för tryckmätningar, frekvenskontroll av elektromagnetiska vågor i radiosändare, i kvartsur, datorer och för gnistalstring i vissa typer av cigarettändare.

Bergkristallers bildning

För att perfekt utbildade, klara bergkristaller skall uppstå krävs ett hålrum; d.v.s. kristallen får under tillväxten inte störas, t.ex. av andra konkurrerande kristaller. Lämplig geologisk miljö finner man i områden där bergskedjeveckning pågått t.ex. i Alperna. Då en

bergskedja bildas vid en kontinent-kontinentkollision uppstår ett kraftigt riktat tryck och en avsevärd temperaturhöjning. Berggrunden deformeras plastiskt och bergarter förskiffras. Efter den huvudsakliga metamorfosen sjunker tryck och temperatur, och sprickor utbildas på djupet. Dessa kan långsamt öppna sig till stora hålrum. Detta sker speciellt då någon typ av störning hindrar den plastiska deformationen (kvartsådror, aplitgångar, kontaktzoner mellan olika bergarter med olika mekaniska egenskaper). Där uppstår spänningar som hjälper till att öppna berget. Normalt uppstår sprickorna vinkelrätt mot förskiffringen i bergarten (skjuvning kan dock leda till andra riktningar).

Då en spricka öppnar sig fylls den genast av en het s.k. hydrotermal lösning med temperaturer på $300\text{--}500^\circ\text{C}$ och $2000\text{--}3000$ bars tryck. Detta tryck beror på tyngden av den överliggande bergmassan och motsvarar ett djup av ca $6\text{--}11$ km. Lösningen innehåller bl.a. natrium- och kaliumklorid samt löst kiseldioxid. Med tiden utsätts den nybildade bergskedjan för nedbrytande krafter och den överlagrande bergmassan eroderas ned. Detta leder till att jordskorpan reagerar genom att höja sig och lyfta upp de djupt begravda sprickorna till ytligare nivåer. Vidare leder det i sin tur till en långsam tryck- och temperatursänkning av innehållet i sprickan och i den övermättade lösningen börjar kristaller att bildas. Som groddar fungerar de bergartsbildande mineralen på sprickans väggar. Vid



Några exempel på bergkristaller från från Binntalområdet i Wallis. A. Bergkristall uppvisande en tjockprismatisk sk Binntaler- eller Tessiner-habitus. Kristallens längd 10 cm. B. Kortprismatisk bergkristall dominerad av prismaytor. Längd 6 cm. C. Långprismatisk glasklar, svagt rökfärgad bergkristall med Tessiner-habitus som domineras av branta romboederytor och avslutas av små pyramiditor. Notera den tydliga horisontella streckningen som visar övergång mellan på varandra följande romboederytor. Längd 7 cm. D. Tjockprismatisk glasklar, svagt rökfärgad bergkristall med branta romboederytor, 5 små och en stor pyramidita. I den övre högra delen ser man att vissa kristallytor är etsade (knottriga). Längd 9 cm.

den fortsatta kristallisationen tillförs material från omgivande berg till hålrummet och en tydlig urlagningshorisont uppstår lokalt.

Då sprickan öppnar sig mer och mer växer bergkristaller på sprickväggen som får en spröd beklädnad av dessa. Om sprickan vidgas ytterligare kan delar av väggbeklädnaden, samt enstaka kristaller, mekaniskt sprängas bort från väggarna och de friliggande lösa delarna kan växa vidare i hålrummets botten. På detta sätt bildas de stora kristallerna vars längd överstiger sprickans bredd. Kristallisationen avklingar vid ca 180°C då det inte finns något SiO_2 kvar i lösningen. Man har räknat ut att vissa alpina bergkristaller vuxit periodvis under 4 miljoner års tid, normalt går det dock betydligt fortare.

Sökning efter bergkristall i Binntalområdet, Wallis, södra Schweiz

Ett av de mest fascinerande områden i Europa där man finner bergkristall är de schweiziska alperna, speciellt kantonen Wallis. Den geologiska uppbyggnaden i sydöstra delen av Wallis domineras av glimmerskiffer

(Bündnerschiefer), Triasdolomit, serpentenbergarter och gnejser. De vackraste bergkristallerna finner man i den förstnämnda bergarten i Fäldbachtal och vid Turbenalp (se foton ovan). Dessa ofta glasklara och sprickfria kvartskristaller når i gynnsamma fall mer än 30 cm längd och 10 cm bredd, men som amatör får man nöja sig med blygsammare dimensioner. Glimmerskiffern är delvis kalkförande, och delvis rik på kvartsådror vilka följer förskiffringen. Som ovan nämnts bör man söka efter kvartsådror som skär bergartens huvudstruktur och det gäller att verkligen ha ögonen på skaft. Många är de kristallsökare som tidigare bärgat fynd från detta område, något som talrika, men tömda hålor och sprickor vittnar om. Om man letar efter små, men tydliga anvisningar till att en spricka kan finnas dold i grus och gräs, gräver man med lämpligt verktyg (en fyllhammare) och ser efter. Om man finner en lovande öppning i bergssidan kan denna vidgas med en kofotsliknande s.k. stralherstock. Den relativt mjuka skiffern kan bräckas lossefter sina förskiffringsplan och hålet kan undersökas noggrannare. De mest givande spricksystemen är brant stående i detta område och parallella sprickor kan finnas med några meters mellanrum. Ett styvt fjäderstål, eller en pianotråd som är vinklad i en ände, kan användas för att söka i (fiska



Övre delen av Fäldbachtal (2100 m.ö.h.) mot öster. Den gräsklädda branten till vänster består av (granat-) glimmerskiffer med vertikala spricksystem som för rikligt med bergkristall. I bakgrunden syns Turbenalp.

Glimmerskiffer med brantstående förskiffring, övre Fäldbachtal.



Godi Kürzen som är "strahler" (kristallsökare) undersöker med sin isyxa om sprickan han funnit är lönsam. Övre Fäldbachtal, i bakgrunden Breithorn i väster.

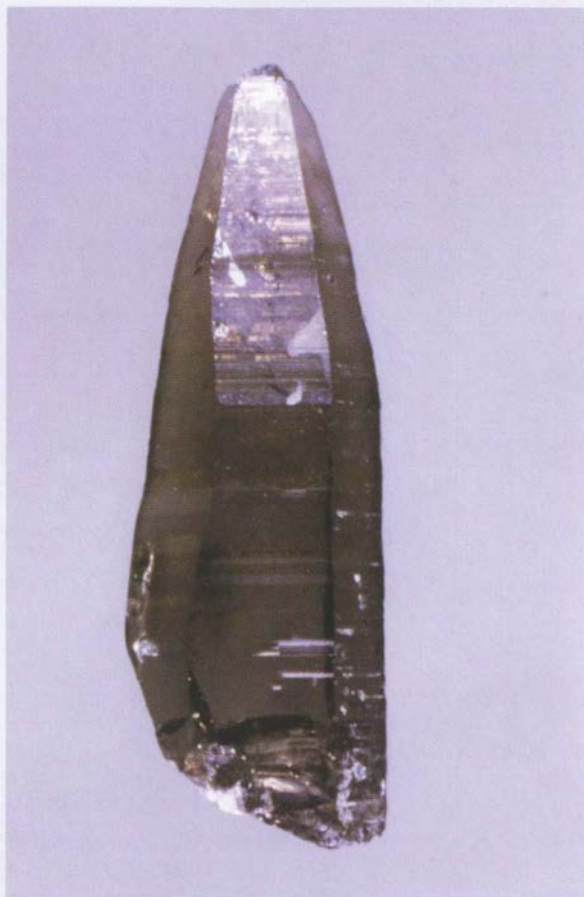


Michael Lamezan vid sitt livs fynd i bergbranten alldeles ovan tältplatsen Giessen i Binntal. Man ser tydligt att hålrummet ligger vinkelrätt mot förskiffringen i bergarten. Vid denna lokal bärgades ett flertal superbt formade bergkristaller, bergkristallgrupper samt röda rutilnålar under juli 2002.

efter), trånga sprickor. Eventuella kristaller finns nedtill och i framkant av en spricka som lokalt öppnats till ett större hålrum. De kan givetvis även finnas anväxta på dess väggar, dock är de finaste kristallerna ofta löst liggande i botten av hålrummet. Detta kan vara helt eller delvis fyllt med s.k. klyftsand ofta bestående av rostig klorit. Kvartskristallerna har så gott som alltid en beläggning som kan avlägsnas kemiskt och/eller mekaniskt. Kvarts åtföljs här av vit periklinfältspat, muskovit, kalcit och rutil, alla i perfekta kristaller. Mineralogin är i detta område enkel och visar vad moderbergarten består av. I de södra delarna av Binnentalområdet, nära den italienska gränsen finns dock en mineralogisk flora av betydande komplexitet vilket lockar både fackfolk och amatörer från hela världen att besöka området. Ett praktiskt tips är att se efter de allerstädes närvarande murmeldjurens bohål, ty de gräver där det går lätt vilket betyder en jordtäckt hållighet som kan föra kristaller. Jag (PN) har själv upplevt hur en uppmärksam ung kristallsökare fann mellan 20 och 30 helt perfekta bergkristaller i och utanför mynningen till herr och fru murmels bohål. Man bör även beakta klippväggar där ras uppstått (frostsprängning, häftigt regnande, tektoniska rörelser). En varning är här av nöden: nedfallande stenar och block är en påtaglig risk och stenrännor bör undvikas; fallande block följer tyngdlagen på branta sluttningar och hamnar ofta i botten av dylika rännor (se foton föregående sida). Slutligen, berättelsen om ett fynd av en några kilo tung bergkristall på stora Aletschglaciären (1983) strax söder om Konkordiahyttan i Berner Oberland (BH). Denna haderasat ner på isen genom en lavin från Wannenhorns västvägg. Fyndet bärgades ej p.g.a. att förhållandena hos glaciärens sprickstruktur snarare motiverade att låta på ryggsäckarnas innehåll än att göra dem tyngre.

Sammanfattning

I vår beskrivning av kvarts/bergkristall har vi begränsat oss till det mest elementära. Vi har t.ex. inte behandlat olika färgnyanser, intressanta tvillingbildningar, olika fyndorter etc. Det går att hitta vackra bergkristaller också i Norden men alpområdet får nog betraktas som unikt i Europa då det gäller att finna rena välutvecklade bergkristaller. Några olika färgnyanser hos bergkristall är rökkvarts, som kan uppvisa ljusbruna till mörkbruna (morion) varianter, gul citrin, rosenkvarts, lila ametist, blåkvarts etc. Den bruna färgen i rökkvarts anses uppstå genom att en liten bråkdel av $(\text{SiO}_4)^{4-}$ tetraederna i bergkristall ersätts med $(\text{AlO}_4)^{5-}$ tetraedrar och laddningsutjämning erhålles genom att Li^+ , Na^+ eller H^+ joner tränger in i kristallgittret mellan Si- och Al-jonerna. Förloppet är komplicerat! För att ett färgcentrum skall uppstå krävs dessutom energi. Denna erhålles genom bestrålning av bergkristallen från de naturligt före-



Rökfärgad bergkristall från Kriegalptal som ligger i anslutning till Binnthal i Wallis.

kommande radioaktiva isotoperna kalium (^{40}K), torium och uran som finns i det omgivande berget. Undersökningar av orsakerna till färger i mineral har varit föremål för omfattande forskningsarbeten under de gångna femtio åren. Något som lett till utvecklingen av många intressanta mätmetoder för att kunna se in i atomernas värld.

Bertil Holmqvist är pensionerad universitetslektor vid Institutionen för neutronforskning, Uppsala universitet.

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

På väg mot miljömålet grundvatten av god kvalitet!

Vatten är vårt viktigaste livsmedel. Vi är i Sverige vana vid att ha närapå obegränsad tillgång på dricksvatten av god kvalitet. Detta är dock ingen självklarhet. Mer än hälften av vårt dricksvatten utgörs av grundvatten. Trafik, jordbruk, bebyggelse, grustäkter och överuttag av grundvatten i kustnära områden är några av de hot som finns mot den framtida vattenförsörjningen.

AV MATS AASTRUP, LENA MAXE, LENA OJALA

För att skydda grundvattnet på bästa sätt har regeringen lyft upp frågan i ett av de femton nationella miljö kvalitetsmålen. Målet "Grundvatten av god kvalitet" innebär att: "Grundvattnet skall ge en säker och hållbar dricksvatten-försörjning samt bidra till en god livsmiljö för växter och djur i sjöar och vattendrag."

Ansvarig myndighet är Sveriges geologiska undersökning (SGU), som också har huvudansvaret för kunskapsförsörjningen inom grundvattenområdet. Detta innebär bland annat att SGU tar fram och tillhandahåller information över grundvatten-tillgångarna i Sverige.

Arbetet med de nationella miljömålen är ett långsiktigt arbete. Vart fjärde år görs en s.k. fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. Här beskrivs bland annat hur långt man har kommit, de drivkrafter och förändringar i samhället som på olika sätt påverkar arbetet och om ytterligare eller andra åtgärder behövs för att nå de första målen. Denna artikel presenterar i korthet den fördjupade utvärderingen för miljömålet "Grundvatten av god kvalitet".

Den fullständiga utvärderingen finns på SGUs webbplats, www.sgu.se. Mer information om miljömålsarbetet finns på www.miljomal.nu och i Miljömålsrådets syntesrapport av utvärderingarna. En fullständig beskrivning av delmål, åtgärder och strategier finns bland annat i regeringens proposition 2000/01:130, *Svenska delmål och åtgärdsstrategier*.

Dricksvattenförsörjning

I Sverige finns det generellt sett gott om vatten av god kvalitet även om uttagsmöjligheterna varierar kraftigt inom landet. För större grundvattentäkter utnyttjas främst grundvatten i isälvsavlagringar, som också används vid konstgjord infiltration. I framförallt Skåne finns det stora grundvattenförekomster i den sedimentära berggrunden. Även urberggrunden erbjuder möjlighet till uttag tillräckliga för enskild vattenförsörjning och kan med en god brunnslokalisering försörja även mindre samhällen.

Större delen av Sveriges befolkning, ca 85 procent, är ansluten till allmänna vattenförsörjningsanläggningar. Totalt produceras mer än 900 miljoner m³ vatten. Ytvattenanläggningarna som utgör 10 procent av antalet anläggningar står för mer än hälften av produktionen (51 procent) och grundvattenanläggningar, som är i majoritet – 84 procent, producerar 25 procent av dricksvattnet. Resten utgörs av anläggningar med konstgjord grundvattenbildning.

Den del av befolkningen som inte är ansluten till kommunalt vatten, ca 1,2 miljoner människor, får vatten från egna brunnar, främst grundvatten. Detta innebär att grundvatten står för ca 55% av den totala vattenförsörjningen i Sverige. Det finns ungefär 400 000 enskilda brunnar för permanentboende och ungefär lika många för fritidsboende. Antal drickvattenbrunnar ökar med 5000 per år – en ökning som varit konstant under den senaste tioårsperioden.



SGU har gjort en översiktlig gruppering av grundvattenförekomster i jordlager. En första sammanslagning av grundvattenförekomster till grundvattenområden, "åsavsnitt" med en längd av ca 20–40 km har resulterat i ca 700 områden. Grundvattenområden i jord med bedömt uttag >25 l/s, klass 1 (röd färg), och med bedömt uttag 5–25 l/s, klass 2 (grön färg), visas på kartan. Observera att åsarnas storlek är överdriven för att de ska synas på kartan.

Grundvattnets kvalitet påverkas av mänsklig aktivitet, t.ex. genom jordbruk, men kan också ha ett naturligt innehåll som gör det mindre lämpligt som dricksvatten som till exempel radon, uran eller arsenik. Det är därför angeläget att bevara de grundvattenförekomster som har god kvalitet.

Sammanställning av bedömda kvalitetsproblem vid 918 allmänna grundvattentäkter enligt kommunernas inrapportering till SGU (september 2003).

Problem		Ja	Nej	Vet ej*
Radon	N	16,0	70,8	13,1
Bakterier	N, M	13,8	78,9	7,3
Bekämpningsmedel	M	8,6	63,2	28,2
Klorid	N, M	7,2	84,3	8,5
Nitrat	M	7,0	85,0	8,0
Tungmetaller	N	2,8	65,6	31,6
Petroleumkolväten	M	1,9	58,4	39,7
Uran	N	0,7	35,0	64,4
Arsenik	N	0,3	58,8	40,8

N – Kvalitetsproblem huvudsakligen förknippade med grundvattnets naturliga sammansättning

M – Kvalitetsproblem huvudsakligen orsakade av mänsklig påverkan.

*Inkluderar svarskategorierna; vet ej, ej undersökt, respektive ej svarat.

Tal är angivna i procent.

Samhällsutvecklingen påverkar!

Grundvattnets kvantitet och kvalitet på lång sikt påverkas av vad som händer inom bland annat jordbruk, transportsektorn och kemikalie- och avfallshandling. Den ökade miljömedvetenheten har bidragit till att större hänsyn tas till grundvattnet, men tidigare lokalisering av verksamheter och avvägningar till fördel för andra samhällsintressen gör att påverkan på grundvattnet fortfarande är stor. Till exempel kan nedlagda deponier och det stora antalet förorenade markområden även i framtiden påverka grundvattnet negativt trots pågående saneringsarbeten.

Med andra ord så är möjligheten att nå miljömålet *Grundvatten av god kvalitet* i hög grad beroende av vad som händer inom de områden som berör andra miljömål såsom *God bebyggd miljö*, *Ingen övergödning*, *Giftfri miljö* och *Bara naturlig försurning*. Vi är redan en bit på väg. Lagar och rekommendationer för jordbruket bidrar till att mindre mängder konstgödsel och bekämpningsmedel används, stora internationella ansträngningarna

har gjorts för att minska svavel- och kväveutsläppen, en ökad miljömedvetenhet inom olika samhällssektorer leder till minskad användning av miljöfarliga kemikalier och utveckling av nya, mindre störande ämnen, efter vägsträckor läggs tätande skikt och bortledning eller rening av avrinnande dagvatten, grusformationer som har betydelse för vattenförsörjningen sparas genom att användningen av naturgrus begränsas m.m.

Bedömning av de största hoten mot vattentäkter enligt kommunernas inrapportering till SGU (september 2003)

Vägar	61%
Jordbruk	49%
Bebyggelse	42%
Skogsbruk	28%
Industrier	11%
Påverkan från ytvatten	12%
Deponier	5%
Luftföroreningar	7%
Övrigt	5%

Har vi rätt verktyg för att nå målet?

Redan idag finns de flesta styrmedel som behövs för att uppnå miljökvalitetsmålet för grundvatten. För att kunna genomföra vattendirektivets krav behövs dock flera ändringar av *Miljöbalken*, *Plan- och bygglagen* och andra författningar. SGU har bland annat föreslagit regeringen att ge Miljöbalkskommittén i uppdrag att se över delar i miljöbalken (kap 3 MB) så att hela grundvattenförekomster kan skyddas som riksintresse för vattenförsörjningen.

Det saknas till stora delar underlag för att ge en klar bild av om miljökvalitetsmålet ska kunna nås. Flera länsstyrelser påpekar att ökade resurser, främst till kommunerna, är en förutsättning för att nå målet. Svårigheterna att påverka pågående markanvändning kan försvåra måluppfyllelsen, inte minst mot bakgrund av att effekter av markanvändningen ofta kan kvarstå i decennier. Det krävs även en god kunskap om grundvatten – särskilt på de nya vattenmyndigheterna men också hos andra aktörer – för att verksamhetsutövare, beslutsfattare och allmänhet/sakägare på lokal nivå ska kunna fatta väl grundade beslut avseende hänsyn till grundvattnet.

Faktaruta

Delmål för miljökvalitetsmålet

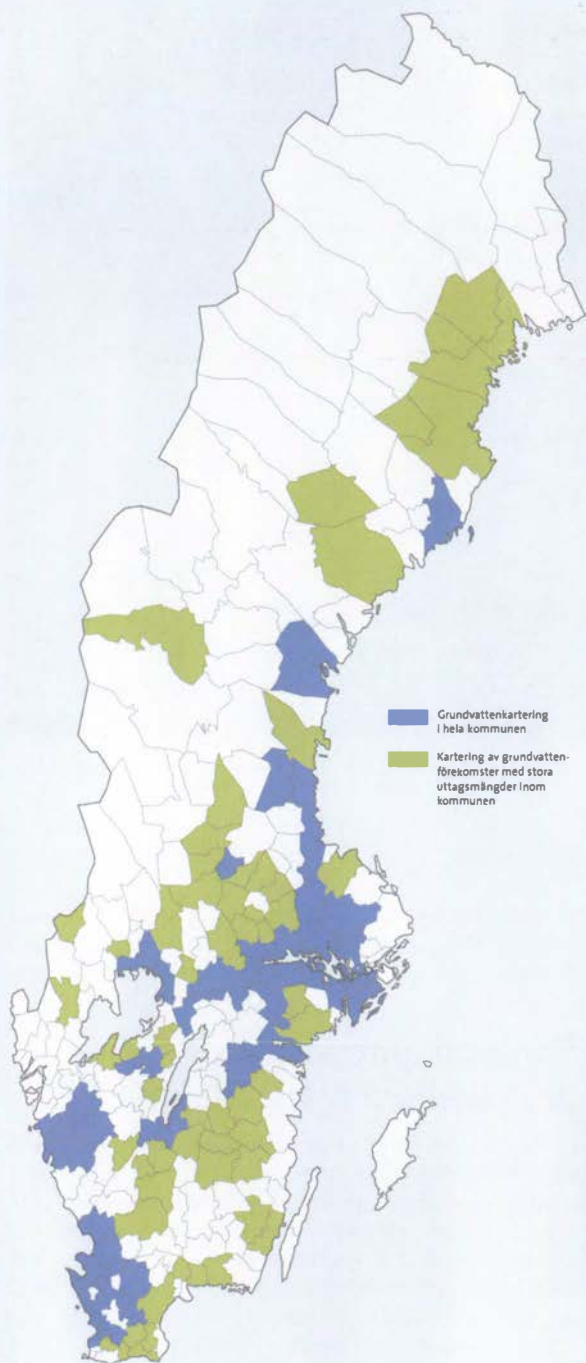
1. Grundvattenförande geologiska formationer av vikt för nuvarande och framtida vattenförsörjning skall senast år 2010 ha ett långsiktigt skydd mot exploatering som begränsar användningen av vattnet.
2. Senast år 2010 skall användningen av mark och vatten inte medföra sådana ändringar av grundvattennivåer som ger negativa konsekvenser för vattenförsörjningen, markstabiliteten eller djur- och växtliv i angränsande ekosystem.
3. Senast år 2010 skall alla vattenförekomster som används för uttag av vatten som är avsett att användas som dricksvatten och som ger mer än 10 m³ per dygn i genomsnitt eller betjänar fler än 50 personer uppfylla gällande svenska normer för dricksvatten av god kvalitet med avseende på föroreningar orsakade av mänsklig verksamhet.
4. Senast år 2009 skall det finnas åtgärdsprogram enligt EG:s ramdirektiv för vatten som anger hur God grundvattenstatus skall uppnås.

Att skydda geologiska formationer (delmål 1)

För kunna besluta om vilka geologiska formationer som behöver skyddas för att säkra den framtida vattenförsörjningen, ska kommunerna senast år 2005 ha inventerat tätorternas och glesbygdens vattenbehov, tillgång på lämpliga vattenresurser och brister i vattenförsörjningen. Det är få kommuner som har påbörjat detta arbete, bland annat beroende på att det saknas tydlig vägledning. I detta sammanhang kan nämnas att regionala vattenförvaltningsplaner enligt EG:s vattendirektiv ska upprättas för huvudavrinningsområden och fastställas av avrinningsdistriktets vattenmyndighet senast 2010.

SGU hydrogeologiska kartering av Sverige utgör ett viktigt underlag. Redan 2008 ska Sveriges befolkningstäta områden vara karterade på detaljerad nivå. Inom ramen för SGUs miljömålsarbete genomförs kompletterande detaljerad hydrogeologisk kartläggning i anslutning till dessa områden. SGU har även översiktligt grupperat grundvattenförekomster i jordlager. En första sammanslagning av grundvattenförekomster till grundvattenområden, "åsavsnitt" med en längd av ca 20–40 km har resulterat i ca 700 områden. SGU har klassat grundvattenområdena med avseende på deras betydelse för vattenförsörjningen. Klassningen bygger på potentiell/faktisk uttagsmängd, befolkningsstruktur och förekomsten av alternativa grundvattenförekomster i närområdet. År 2005 kommer SGU också att föreslå vilka formationer som kan behöva utpekade som riksintresse för vattenförsörjningen.

Det viktigaste styrmedlet för att skydda grundvattnet bedöms vara inrättande av vattenskyddsområden. Dessa ger ett bra skydd mot stationära



Kartan visar var information kommer att finnas 2008 om grundvatten inom hela kommunen och inom vissa kommuner i grundvattenförekomster med stora uttagsmängder.



Det viktigaste styrmedlet för att skydda grundvattnet bedöms vara inrättandet av skyddsområden. Foto Lena Ojala



Utsläpp från bränsletank eller farlig gods vid olycka är ett exempel på vad som kan leda till förorening av grundvattnet.
Foto Lena Ojala, SGU.

verksamheter och markanvändning, men fungerar sämre när det gäller akuta föroreningsutsläpp. Av de hittills inkomna uppgifterna till SGUs databas över grundvattenförekomster och vattentäkter framgår att drygt 60 procent av de allmänna grundvattentäkterna har skyddsområden.

Lika viktigt som att inrätta vattenskyddsområden är det att kontrollera att föreskrifterna för områdena följs – en kontroll som idag ofta är obefintlig. Även kännedomen om och uppdatering av vattenskyddsområden och föreskrifter behöver förbättras. För cirka två tredjedelar av grundvattentäkterna saknas riskinventering och beredskapsplan för hur man ska agera vid olyckor som kan påverka tekten. Saneringskostnaderna vid olyckor kan bli mycket höga, och med tanke på både samhällsekonomi och miljö är det viktigt med förebyggande skyddsåtgärder för att undvika akuta skador på värdefulla grundvattentillgångar.

SGU bedömer att det är svårt att nå delmål 1 till 2010 då många vattentäkter saknar skydd idag och många äldre vattenskyddsområden dessutom behöver revideras. Många kommuner har emellertid börjat se över

grundvattenskyddet. I många länsstyrelser regionala miljömål för grundvatten ingår att skyddsområden ska inrättas.

Förändringar av grundvattennivåer (delmål 2)

I de flesta län finns en god översiktlig kunskap om värdefullskyddade naturområden som är beroende av utströmmande grundvatten, som till exempel kärr, större källor, skogspartier beroende av rörligt markvatten och ravinbildningar. Konkurrenten om grundvattenresurserna finns i Blekinge, Öland, Gotland och Halland, där dricksvattenförsörjningen ställs mot bevattningsbehovet. I delar av Skåne är uttagen större än nybildningen av grundvatten. I Östergötlands-, Västra Götalands- och Stockholms läns kustområden förekommer saltvatteninträngning i brunnar på grund av överuttag eller för djupt borrade brunnar. Utvecklingen i dessa områden är inte hållbar med dagens lösningar av vatten- och avloppsfrågor.

EG:s ramdirektiv för vatten medger inte exploatering som medför till exempel saltvatteninträngning. Genomförandet av ramdirektivets åtgärdsprogram ligger tyvärr för långt fram i tiden för att bidra till att delmålet nås. SGU bedömer ändå att delmål 2 kan nås under förutsättning att kommunerna *skyndsamt* identifierar vilka markområden och system som är känsliga för förändringar i grundvattennivå och grundvattenflöde, för in dessa i översiktsplaner och detaljplaner samt också utnyttjar möjligheterna enligt Plan- och Bygglagen och/eller Miljöbalken att införa restriktioner för nya vattentäkter och anmälningsplikt för redan befintliga brunnar i dessa områden.

Kvalitetskrav för grundvatten (delmål 3)

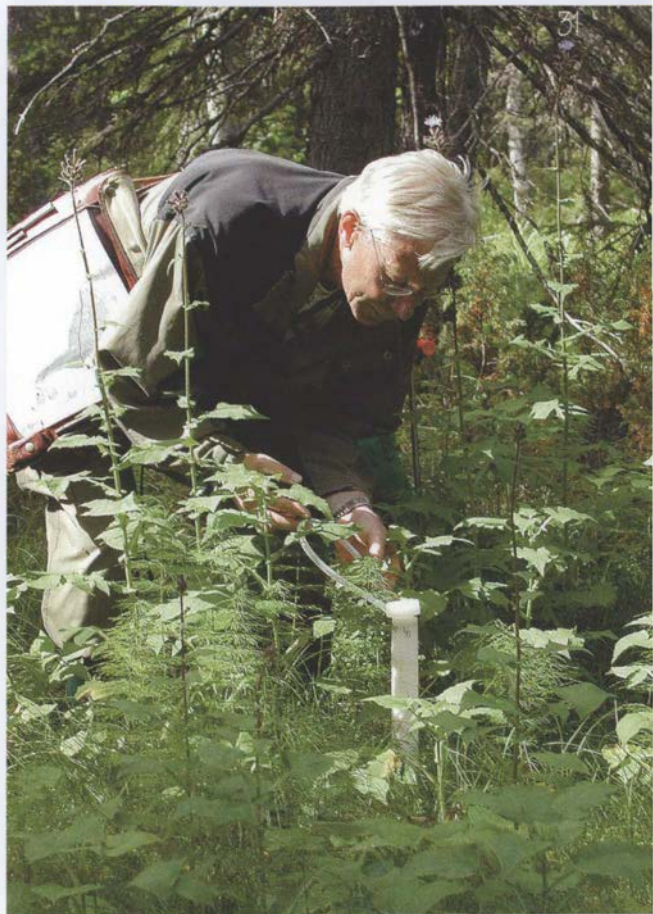
Den viktigaste förebyggande åtgärden för att klara delmål 3 är, att med hjälp av föreskrifter, skydda grundvatten som utnyttjas för "större" vattentäkter från att påverkas av förorenande verksamheter. Genomförandet av EG:s ramdirektiv för vatten kommer att bidra till att delmålet nås, i och med att alla brunnar med uttag av dricksvatten större än 10 m³ per dygn i genomsnitt eller som distribueras till fler än 50 personer ska inventeras i syfte att vid behov inrätta skyddsområden till år 2010.

SGUs bedömning är att delmålet kan nås för de allra flesta grundvattenförekomster i landet. I södra Sveriges jordbrukslän måste det dock tas fram klara direktiv i ersättningsfrågan gällande inskränkningar i markanvändningen. En annan förutsättning är att SGUs och Naturvårdsverkets gemensamma förslag till miljökvalitetsnorm för nitrat införs. Motsvarande norm krävs även för bekämpningsmedel.

Trots att nedfallet av sulfat har minskat med cirka 60 procent under 1990-talet är grundvattnet i landets södra del fortfarande starkt påverkat av förorening. Surt vatten påverkar bland annat vattenledningar, och i och med att återhämtningsförloppet är så långsamt kommer boende här troligen ha förhöjda metallhalter i dricksvattnet i decennier framåt.

Åtgärdsprogram enligt EG:s ramdirektiv för vatten (delmål 4)

Enligt ramdirektivet för vatten ska åtgärdsprogrammen utformas så att "grundvatten av god status" nås till 2015. SGU föreslår att delmål 4 utgår, eftersom genomförandet av ramdirektivet för vatten är lagligt tvingande och åtgärdsprogrammen därför kommer att tas fram. Enligt SGUs mening är det därför onödigt att formulera detta som ett eget delmål.



SGUs hydrogeologiska kartering utgör ett viktigt underlag i arbetet med att nå miljökvalitetsmålet "Grundvatten god kvalitet". Foto Lotta Lewin Pihlblad

Förslag till nya delmål

För grundvatten som förorenas genom mänsklig verksamhet och därigenom påverkar livsmiljön för växter och djur i sjöar och vattendrag saknas delmål. SGU föreslår därför att ett nytt delmål inrättas som tar hänsyn till föroreningspåverkan som kan ge effekter på livsmiljön för växter och djur där grundvattnet flödar ut.

Mot bakgrund av att 1,2 miljoner människor är beroende av enskilda brunnar för sin dricksvattenförsörjning föreslår SGU att det utreds om ett nytt delmål avseende enskild dricksvattenförsörjning behövs.

Mats Aastrup, Lena Maxe och Lena Ojala arbetar på Sveriges geologiska undersökning i Uppsala; sgu@sgu.se

GEONYTT

Under rubriken "Geonytt" upplåter *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 15/5 (adress, fax och e-post, se sid. 2). Nästa nummer kommer i juni.

Geologiska Föreningens årsmöte

Geologiska institutionen vid Lunds universitet och Lunds Geologiska Fältklubb kommer att vara våra värdar vid årets årsmöte. Mötet äger rum fredagen den 7 maj kl. 19.00. Temat denna gång är kvartärgeologi och under mötet kommer professorerna Björn E. Berlund, Lund och Jan Lundqvist, Stockholm att belönas med Geologiska Föreningens DeGeer-pris. På lördag den 8 maj anordnar Lunds Geologiska Fältklubb en kvartärgeologisk och berggrundsgeologisk exkursion till Kullaberg och Ålabodarna.

För mer information se www.geologiskaforeningen.nu.

Medlemsdebatt – GFF

Under årsmötet 2003 väcktes frågan om vår vetenskapliga tidskrifts namn. Bakgrunden är att den 1994 bytte namn från *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* till det nuvarande *GFF*. Styrelsen lovade att ta upp frågan och vi väljer att göra det genom en öppen debatt där alla medlemmar inbjuds att komma med inlägg. Debattforum blir huvudsakligen vår hemsida www.geologiskaforeningen.nu. Inlägg skickas till gff@geo.su.se.

En prenumeration

på *Geologiskt forum* 2004 (nr 41–44) kostar 160 kr. Gör så här: betala 160 kr till *Swedish Science Press* på postgiro 489 78 50-6 eller bankgiro 914-4601. Märk inbetalningskortet Geologiskt forum 2004.

Ordinarie lösnummerpris *Geologiskt forum* nr 41 är 50 kr.

Medlemsutskick av GFF

Saknar du *GFF* i detta utskick?

Årets första häfte av *GFF* (126.1) gavs ut som en 192-sidig volym innehållande mötessammandrag till det 26:e *Nordiska geologiska vintermötet*. Häftet skickades ut tillsammans med förra årets sista häfte (125.4). Geologiska Föreningen valde att producera vintermötesvolymen eftersom det gav oss en unik möjlighet att nå fler geovetare i Norden än vad vi normalt gör. Detta gjorde dock att vi inte hade möjlighet att producera ett ordinarie marshalläfte. Som medlem kommer du dock som vanligt att få fyra häften av *GFF* under året, och dessutom med betydligt fler sidor än normalt. Nästa ordinarie nummer av *GFF* kommer i juniutskicket.

Medlemskap i Geologiska Föreningen

kostar 400 kr/år inkluderande *Geologiskt forum* och den engelskspråkiga vetenskapliga tidskriften *GFF*. Studerande betalar dock endast 200 kr/år (under max. 4 år). Medlemskap enbart inkluderande *Geologiskt forum* kostar 250 kr/år. Enbart medlemskap, utan prenumeration, 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 2004.

Skriv tydligt namn och adress på inbetalningskortet, tack!

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 15/5 (adress, fax och e-post, se sid. 2). Nästa nummer kommer i juni.

SÄLJES: Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar /*GFF*, Bd 1 (1872) till Bd 123 (2001) inbundna plus div lösa häften. Tel. 046-18 44 03.

SÄLJES: De mellansvenska järnmalmernas geologi, Geijer & Magnusson. SGU ser Ca 35. Tel. 046-18 44 03.

SÄLJES: Persbergs malmtrakt, Magnusson, Kungl. Kommerskoll. 2. Tel. 046-18 44 03.

SÄLJES: Mineralfyndigheter, Tiberg 1931. Tel. 046-18 44 03.

SÄLJES: Geologisk beskrivning över Jämtlands län, Högbom 1920. SGU Ser C 140. Tel. 046-18 44 03.

SÄLJES: Vestanåfältet, Bäckström 1897. SGU ser C 168. Tel. 046-18 44 03.

SÄLJES: Geologins grunder, Ramsay. Tel. 046-18 44 03.

SÄLJES: Beskrivningar till div äldre geologiska kartblad SGU ser Aa. Tel. 046-18 44 03.

GEOLOGISKA FÖRENINGENS STYRELSE 2004

Birger Schmitz, ordf., Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, tel. 046-222 78 69; birger.schmitz@geol.lu.se
Mats Rundgren, sekr., Geol. inst., Kvartärgeol. avd., Lunds universitet, Sölveg. 12, 223 62 Lund, tel. 046-222 78 56; mats.rundgren@geol.lu.se
Katarina Persson, skattm., Sveriges geologiska undersökning, Box 670, 751 28 Uppsala, tel. 018-1793 58; katarina.persson@sgu.se
Joakim Mansfeld, red., Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, tel. 08-674 77 27; gff@geo.su.se
Dan Holtstam, ledam., Sekt. f. mineralogi, Naturhistoriska riksmuseet, Box 50007, 104 05 Stockholm, tel. 08-5195 40 76; dan.holtstam@nrm.se
Ulf Quarfort, ledam., Inst. för geovetenskaper, Uppsala universitet, Villav. 16, 752 36 Uppsala, tel. 018-471 25 68; ulf.quarfort@natgeo.uu.se
Pär Weiheid, ledam., Luleå tekniska universitet, 971 87 Luleå, tel. 0920-491371; par.weiheid@sb.luth.se



den svenska föreningen för vetenskaplig, tillämpad och populär geologi

<http://www.geologiskaforeningen.nu>