

GEOLOGISKT FORUM

Nr 100 ♦ 2018



**Selen 200 år
Sierra Bermeja
De vita vikingarna
Livets utveckling
Föreningens pristagare
Järn- och mangannoduler**

GEOLOGISKT FORUM

Nr 100 ♦ 2018

ISSN 1104-4721

Ansvarig utgivare: Pär Weihed

Redaktör:

Jeanette Bergman Weihed
tel. 070-3724828
e-post: jeanette@tellurit.se
För text, layout och bilder svarar redaktören där inget annat anges.

Redaktionens adress:

Geologiska Föreningen
c/o Tellurit AB,
Storgatan 11,
972 38 Luleå
e-post: info@geologiskaforeningen.se

Omslagsbild: Pelare av karbonatmineralet ikait växer från botten och upp till två meter under vattenytan i Ikka fjorden på Grönland. Läs mer om dessa pelare på sidan 12. Foto: Richard Martin.

Upplaga: 500 ex.

Tryckeri: Elanders Sverige.

Ordinarie lösnummerpris: 75 kr.

För annonser, distribution, prenumerationsärenden, adressändring, köp av tidigare nummer samt reklamationer: kontakta redaktionen.

För dig som är medlem i Geologiska Föreningen ingår tidningen i det ordinarie medlemskapet. Som medlem har du också tillgång till tidningen som pdf samt ett digitalt arkiv. Man kan också lösa en årsprenumeration av tidningen. Läs mer på vår webbplats.

Ange namn, adress och e-postadress vid betalning till vårt Plusgiro 2108-9 eller Bankgiro 749-6359. Du kan också betala direkt med kort på vår webbplats www.geologiskaforeningen.se

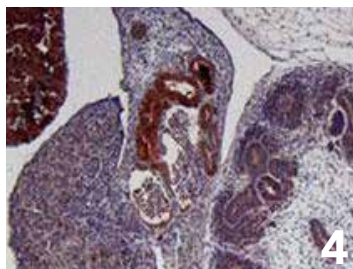
Tidningen publicerar sedan starten år 1994 populärvetenskapliga artiklar inom geovetenskapens alla områden.

Välkommen att kontakta redaktören om du vill medverka i Geologiskt forum. Författarna svarar själva för innehållet i sina artiklar. Nästa nummer av Geologiskt forum kommer i mars 2019.

Geologiska Föreningen

I DETTA NUMMER

- 3 Hundra nummer av Geologiskt forum
- 3 Utforska en virtuell gruva
- 3 Diamanter i jordens inre?
- 4 När djuren löste ett urgammalt problem följde den kambriska explosionen
- 9 Vägar mot Lund
- 10 Årets geolog Elisabeth Einarsson
- 11 Jenny Andersson och Anders Lindskog årets pristagare
- 12 Sagan om Ikka fjorden – de vita vikingarna
- 18 Sierra Bermeja – en gigantisk lagrad intrusion
- 21 Järn- och mangannoduler i Sveriges hav och sjöar
- 24 Upptäckten av halvmetallen selen fyller 200 år
- 28 Minnesord: Ingmar Lundström
- 29 På gång
- 29 Världens äldsta fossil möjligen deformerat berg
- 29 Sanering av Blaikengruvan
- 29 Nytt mineral uppkallat efter SGU-geolog
- 30 Sista ordet: Tar Kirunamalmen slut?
- 31 Sveriges största granater? Del II



Hundra nummer av Geologiskt forum

I din hand håller du nu (eller möjligen visar på din skärm) det hundra numret av Geologiskt forum. Det allra första numret såg dagens ljus i mars 1994. Det numret var 16 sidor tjockt, tryckt i svart-vitt och hade Björn Sundquist som redaktör. Tidningen sågs då som något av ett experiment.

”Går det att skriva populärt om geologi?” var den första mening som redaktören skrev i sin inledning. Och man kan ju konstatera att det har gått ganska bra genom åren.

Efter Björn kom ytterligare två redaktörer, Joakim Mansfeld och Anna Kim-Andersson, som på sina egna sätt bidrog till att sätta prägel på tidningen.

Sidomfånget har hållit sig på 32 sidor sedan år 2000 men temanummer har ibland varit tjockare. I samband med att nya redaktörer kommit så har tidningen också fått ett nytt utseende.

När man läser gamla ledare kan man konstatera att föreningen, och därmed också tidningen, brottats med ungefär samma problem hela tiden – hur ska vi få tillräckligt många medlemmar och prenumeranter, och hur ska vi få ekonomin att gå ihop?

Under vissa perioder av tidningens liv har föreningen fått bidrag från bland andra Vetenskapsrådet och Sveriges geologiska undersökning för utgivningen. Idag finansieras utgiv-

ningen av medlemsavgifter, men framför allt av våra kära sponsorer. Utan dem hade vi inte haft råd att ge ut en sådan här tidning.

Och utan alla fantastiska skribenter som, ofta genom ideellt arbete på fritiden, bidrar med sina artiklar så hade det inte heller blivit någon tidning. Tack till alla er! Det känns roligt att så många är intresserade av att skriva.

Men Geologiskt forum är ju framför allt till för alla er läsare. Hör gärna av er om ni vill läsa om något särskilt, eller om ni själva vill skriva ett bidrag!

Jag hoppas att alla kan hitta något av intresse i det här numret. Vi får besöka Grönland (igen) och södra Spanien. Vi får också

en inblick i vad den lite otippade kombinationen cancerforskning och geologi kan lära oss om livets uppkomst.

Föreningen har haft sin årliga prisutdelning i samband med firandet av Årets geolog och samtliga pristagare presenteras. Grattis till dem!

Jeanette Bergman Weihed,
redaktör



FOTO: LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET.

Utforska en virtuell gruva

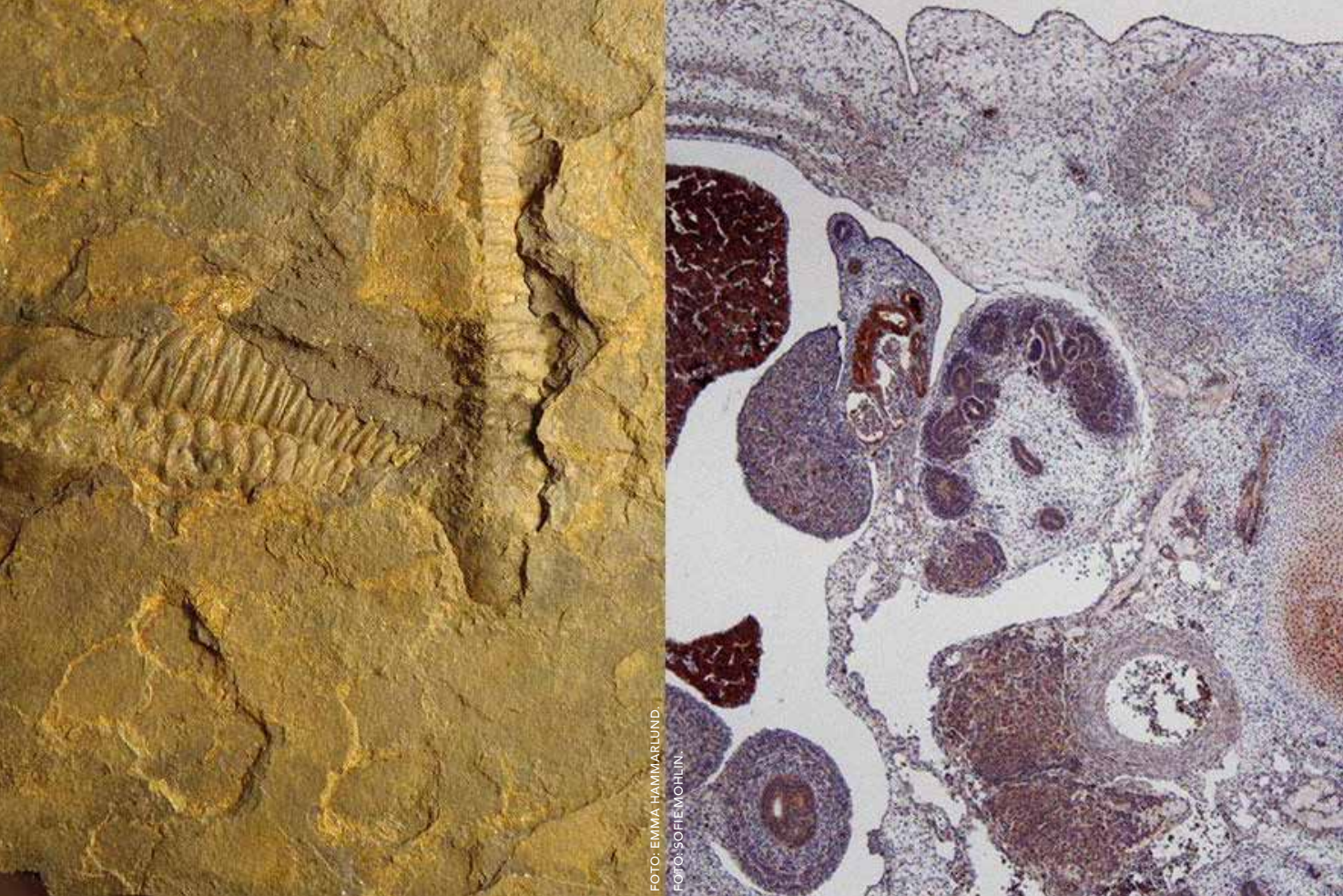
Var du än befinner dig i världen ska du kunna gå ner i den virtuella underjordsgruva som forskare vid Luleå tekniska universitet har skapat. Gruvmiljön är framtagen som en del av det stora gruvteknikprojektet SIMS (Sustainable Intelligent Mining Systems) och syftet är att sprida kunskap om framtidens gruvsystem som ska vara hållbara och intelligenta, vilket kan betyda att färre människor arbetar under jord. Med den nya VR-gruvan kan man inte bara demonstrera nya high tech-lösningar och en säkrare arbetsmiljö, utan också visa allmänheten hur en gruva faktiskt ser ut. VR-miljön kommer att finnas tillgänglig via SIMS hemsida www.simsmining.eu ♦



FOTO: WIKIMEDIA COMMONS.

Diamanter i jordens inre

Det kan finnas mycket mer diamant djupt i jordens inre än vad man tidigare trott visar en ny studie från MIT i USA. Vid seismiska undersökningar har man noterat att ljudvågor tenderar att ha en högre hastighet än väntat när de passerar genom rötterna under en gammal bergskedja. Genom att modellera seismiska hastigheter genom olika mineral har man dragit slutsatsen att förekomsten av 1–2 procent diamant bäst förklarar de seismiska hastigheter man observerar. Ljudhastigheten i diamant är mer än dubbelt så hög som i det dominerande mineralet i övre manteln, olivin. *Läs mer här: news.mit.edu/2018/sound-waves-reveal-diamond-cache-deep-earths-interior-0716* ♦



När djuren löste ett urgammalt problem följde den kambriska explosionen

Att stora djur förekommer på en planet som vår är helt unikt, så vitt vi vet. På jorden uppstod ett rikt djurliv dessutom först efter årmiljarder av mikrobiellt styre. Den plötsliga närvaron av stora organismer, med startskott för 543 miljoner år sedan, har antagits hänga ihop med att halten av syre i världens atmosfär och hav ökade. Men bevisen för att det var miljön som ändrades uteblir. Istället pekar tvärvetenskaplig forskning, mellan geologi och tumörbiologi, mot att explosionen kom sig av en förändring inom livet självt.

TEXT: EMMA HAMMARLUND

JAG OCH ANDRA GEOLOGER har frenetiskt letat efter kemiska bevis på en global ökning av syrehalten i början av perioden kambrium, men ännu utan övertygande framgång.

Trots nya metoder som utvecklats det senaste decenniet för att spåra

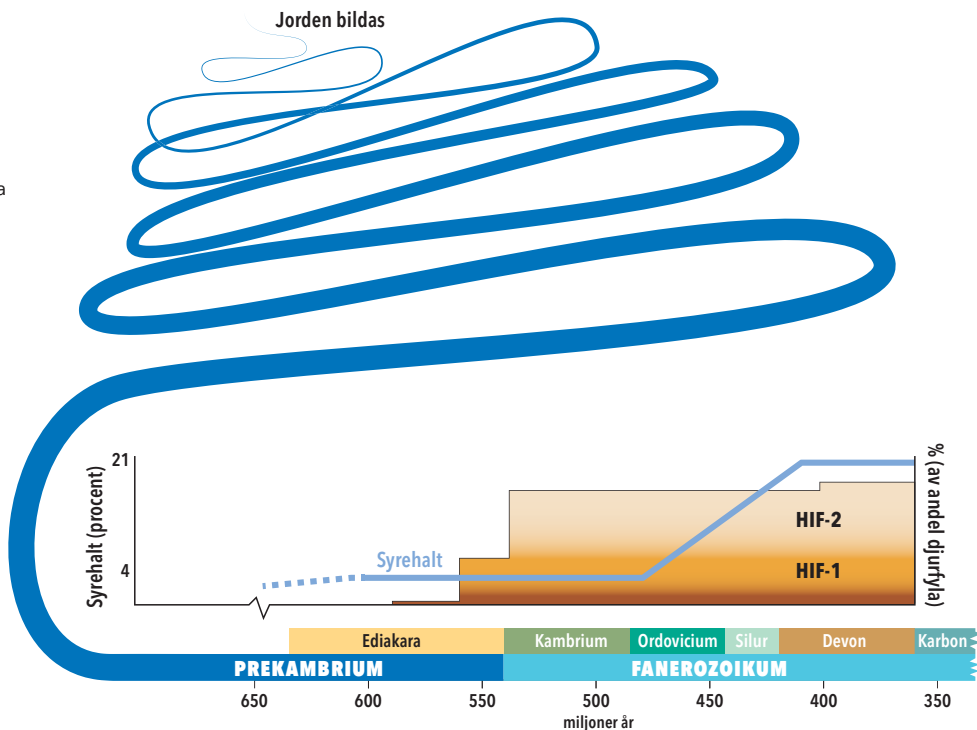
världsomspännande syresättning visar istället resultaten på att det fanns 'tillräckligt' med syre för djur långt innan kambrium. Dessutom verkar förhållandevis kraftiga förändringar i syrehalter ske i otakt med den kambriska explosionen.

Både några hundra miljoner år innan och efter kambrium sker öknings i syrehalten, men inte just kring explosionen.

Biologisk forskning har också visat att dagens enkla djur klarar sig med extremt lite syre. Syrets dominerande

Till vänster: Kambriska trilobiter av arten *Buenellus higginsii* från Siriuspasset, Grönland (vänster) och human vävnad (höger) kan ge olika men viktiga ledtrådar till utvecklingen av flercellighet på jorden.

Till höger: Under jordens 4,6 miljarder år långa historia kom ett rikt djurliv på plats under den kambriska explosionen. Syrehalten (ljusblå linje) förändrades inte dramatiskt kring den kambriska explosionen, men däremot ändrades djurs förmåga att hantera syre och bygga stort med sina celler tack vare de biologiska verktygen HIF-1 och HIF-2.



roll som drivande för djurlivets uppkomst har börjat krackelera ordentligt, i alla fall för mig.

Nu föreslår istället vi forskare inom geologi och tumörbiologi att det var tack vare en förändring inom biologin, alltså inom livet självt, som den kambriska explosionen blev möjlig.

För att förstå den föreslagna förändringen behöver vi först byta fokus, från det globala till det lilla med celler och organ i centrum. Celler bygger vävnad och vävnad bygger oss. Men processen att bygga vävnad är mer komplicerad än vi tidigare har insett. Att bygga vävnad är en fundamentalt syrekänslig process.

Paradoxen består i att vävnadsbygget samtidigt både behöver syre och skyr syre. Å ena sidan behöver stora organismer syre för sin energikrävande ämnesomsättning, men å andra sidan är vävnadsförnyelse syrekänsligt. Hur hänger det ihop?

Uppenbarligen har vi som organismer löst problemet. Vi djur bygger ju hela tiden ny vävnad i kroppen, för att t.ex. kunna laga ett sår eller ett brutet ben.

Tumörer kan i detta sammanhang avslöja ett par ledtrådar. Tumörer har ju en enorm förmåga att förnya vävnad, och de lyckas också bli stora oavsett om syrehalterna är höga eller låga. Det sätt tumörer löser sin tillväxt på är, hävdar vi, centralt också

för frisk vävnad och därmed för evolutionen av djurlivet på jorden.

Vi vänder på synen på syre och menar att det flercelliga livets vagga fanns i miljöer med lite syre. Därifrån lyckades djur erövra den syrerika miljön. Den framgången kom genom nya och raffinerade sätt att förnya vävnad trots högre syrehalter i omgivningen.

Nu återstår att testa hypotesen, vilket innebär att både syna en uppsjö av djur och att studera ifall vanlig vävnad bygger sig stor med samma lösningar som tumörer.

Konsten att bli stor

När jag dök ner i forskningsfältet kring tumörer och stamceller blev det ganska snart tydligt att här fanns högtintressanta spår. Tumörer utgör ju en slags flercellighet, om än en oönskad sådan. Och tumörer lyckas hela tiden med hoppet från encellighet till flercellighet. De använder sig dessutom av samma knep som våra friska celler har till förfogande. Därför tänkte jag att tumörer sitter på en hemlighet till hur djurlivet blev stort. För det är där som det stora problemet ligger, som jag ser det. Det är svårt att vara stor.

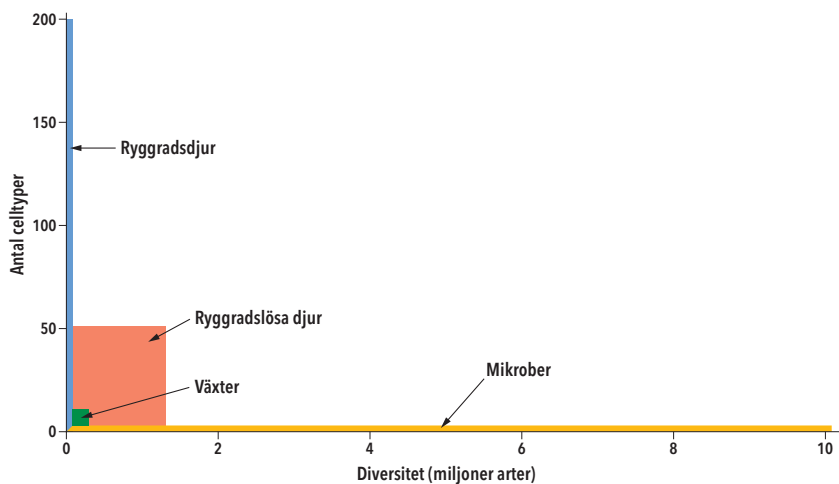
Bland allt liv på jorden så är det extremt få arter som är stora. Dessa uppstod dessutom relativt sent i livets historia. Anledningen till att stora organismer är få och ovanliga är,

menar jag, att det är svårt att bygga vävnad som muskler, ben och hud när syrehalten i omgivningen är hög. Samtidigt behöver vi uppenbarligen syre för att få energi till biomassa. Alltså måste den syrekänsliga delen kring att bygga vävnad först skyddas från den höga syrehalten. Därefter kunde stort liv verkligen blomstra.

Att djur lyckades lösa den utmaningen betydde att de lyckades inta jordens syresatta nischer och där bli både många och stora. Det var alltså en av biologins egna lösningar, snarare än en förändring av luftens sammansättning, som gav flercelligt liv framgång.

Jakten på bevis för att beboeliga miljöer blev allt mer syresatta innan den kambriska explosionen blev alltså, för mig, bryskt avbruten av insikten att hög syrehalt innebär en radikal utmaning för organismer att bygga vävnad. Men genom att lägga om kurs har jag fått möjligheten att se frågan i ett nytt ljus.

Mitt tidigare fokus på höga syrehalter som en allsmäktig trollstav för ett rikt djurliv var kanske både en aning smalspårig och dåligt understödd. Istället ser jag nu att andra biologiska lösningar kan ha spelat, och fortfarande spelar, stor roll för djurs framgång och hälsa på jorden. Här kan finnas lösningar som vi till största delen ännu inte upptäckt.



Ovan till vänster: Artrikedomen av mikrober (gult längs x-axeln) är absolut störst på jorden. Stora organismer är långt mindre artrika, med ryggradslösa (röd låda), växter (grön låda) och allra lägst bland ryggradsdjur (blå färg längs y-axeln). Djur är dock långt mer komplexa (och generellt större) där ryggradsdjur slår alla rekord med cirka 200 olika celltyper.

Nedan till vänster: Sedimentära strukturer kan bevara betydelsefulla kemiska ledtrådar om en svunnen tid, om inte diagenesen förvanskats bevisen.



FOTO: EMMA HAMMARLUND

Den biologiska nyckeln

Som geobiolog kan jag föga om tumörers biologi. Men det kan däremot min nyvunna kollega Sven Påhlman, som under decennier försökt förstå de cancerformer som utvecklas i vårt perifera nervsystem och som kan drabba barn och ibland hela familjer via sin ärftlighet.

Sven har särskilt fokuserat på hur tumörerna hanterar sina så kallade cancerstamceller och hur dessa reagerar på olika koncentrationer av syre. Därför tog jag kontakt med Sven i min jakt på nya ledtrådar om flercellighetens hemligheter. Och jag är otroligt tacksam att Sven öppnade dörren för ett samarbete. Han kunde lika gärna ha sagt att han var upp-

tagen av sin kärnfråga, att rädda liv. Men han bjöd in mig för att i alla fall försöka förstå mina perspektiv och frågeställningar.

Mötet innebar faktiskt två aha-upplevelser, en för mig och en för Sven. Den centrala observation som verkligen väckte mig var just det att vävnadsförnyelse sker via stamceller som egentligen inte 'gillar' syre. Eller omvänt: en hög halt av syre driver de omogna stamcellerna att utvecklas till mogna, differentierade celler och de förlorar då förmågan att förnya sig själva.

Vi människor förnyar lika många celler i kroppen på ett år som det finns stjärnor i Vintergatan, och alla dessa förnyade celler kommer från

våra förhållandevis få och syrekänsliga stamceller.

Det som gav Sven en aha-upplevelse var att syrehalten i den kambriska atmosfären var långt lägre än idag, ungefär på samma nivå som vad i hans labb kallas onormalt eller hypoxiskt. Djur utvecklades alltså i förhållanden som idag kallas onormala.

I Svens forskargrupp hade de noterat att tumörceller verkade oberörda av en låg syrehalt, de växte på fastän det nästan inte fanns något syre alls. Inte förrän de helt började strypa olika näringsämnen kunde de se en skillnad i växtkraft. Med tanke på jordens historia av låg syrehalt blev dessa resultat sätta i ett nytt ljus. Kanske vittnade de om en ursprunglig förmåga att klara låga syrehalter.

Tumörer uppvisar en mycket intrikat lösning på problemet att behålla sina stamceller trots att de finns i en omgivning med hög syrekonzentration. Denna lösning kan beskrivas som en biologisk nyckel som får cellerna att uppträda som om syrehalten är låg.

Det är framför allt en familj proteiner som registrerar syrets närvaro, och i sin tur har förmågan att slå på vissa gener. Proteiner som bidrar till att slå på gener kallas transkriptionsfaktorer, och just dessa har fått namnet *Hypoxia inducible factors* vilket förkortas HIF. När syre finns tillgängligt så bryts HIF ner och de så kallade hypoxigenerna förblir (i teorin) avstängda. Däremot, om syrehalten är låg (hypoxisk) så stabiliserar HIF, som då har förmågan att

binda till DNA och slå på de speciella hypoxigenerna. Kruxet är att ett av HIF-proteinerna klarar av en lite högre syrehalt och det kan därför slå på hypoxigenerna trots att cellen är förhållandevis syresatt.

De gener som kan slås på via HIF och därför kallas hypoxidrivna är helt centrala för bland annat vilken ämnesomsättning en cell har eller om blodkärl ska bildas. Dessutom verkar generna kunna bidra till cellers stamcellighet, vilket är särskilt smart att slå på även när cellen befinner sig nära syre. En tumörs stamceller kan därför ligga nära blodkärl som är fullproppade med syre utan att förlora sin förmåga att skapa nya celler och vävnad.

När cancers stamceller uppträder som om syrehalten i omgivningen är låg, trots att den inte är det, så kallas det att cellerna har ett *pseudo-hypoxiskt* uttryck. Den biologiska uppfinningen ligger alltså i att cellen kan konstruera ett *hypoxiskt* svar även när syre finns i närheten. Det är en smart lösning om man vill kunna vara stor. Då kan stamceller "luras" till att behålla sin förmåga att förnya, trots att de egentligen inte borde kunna finnas kvar.

För att sedan förstå om just denna lösning var en biologisk nyckel för utvecklingen av stora djur på jorden, och inte bara för tumörer, så undersökte vi vilka organismer som kan använda sig av lösningen att vrida om just den pseudohypoxiska nyckeln.

Unika ryggradsdjur

Det visade sig att ryggradsdjur är ensamma om att ha förmågan till den *pseudohypoxiska* responsen via HIF. Men det är också denna förmåga som löper amok i några av våra tumörformer. Andra djur, alltså ryggradslösa djur som maskar, insekter och kräftor, har en annorlunda version av HIF och den biologiska nyckeln.

Ännu mer primitiva flercelliga organismer, som svampar, har inga HIF och skulle därmed helt sakna just denna verktygslåda för att hjälpa celler att stänga av och på de funktioner som behövs när omgivande syrekoncentrationer förändras. Vi tänkte därför att vi kanske var något viktigt

på spåren om organismers förmåga att blir stora.

Den hypotes vi formulerat utgår alltså ifrån att flercelligt liv utvecklades i en miljö med låg halt av syre. I den låga syrehalten kunde enkla organismer skapa enkel vävnad, men energin var otillräcklig för att organismerna skulle kunna bli stora. Inte heller kunde organismerna annektera de syresatta nischerna förrän de klurat ut en lösning på att behålla stamceller trots den högre syrehalten.

Det blev djur som först hittade nyckeln som kan 'lura' vävnadsförnyelsen att fortgå ändå. Därmed kunde en biologisk innovation bana väg för

den kambriska explosionen, precis på samma sätt som andra biologiska uppfinningar (t.ex. utvecklingen av fotosyntes eller celler med kärna) orsakat revolution bland andra livsformer på jorden.

Riktiga observationer och förvirrande förväntningar

Med celler, vävnad och hypotesen i bakhuvudet får plötsligt de annars problematiska geologiska observationerna ny betydelse. Som när jag och andra geologer frenetiskt, och lite besviket, inte funnit geokemiska bevis på en ökning av global syrehalt i just kambrium, så visar samma geokemiska resultat på att syresatta



FOTO: ÅSA HANSDOTTER.

ETT OVÄNTAT SAMARBETE

Som geobiolog är mitt mål att försöka förstå utvecklingen av flercelligt liv, både genom andras och egna studier av geologiska och biologiska observationer. Efter att geologiska observationer, enligt mig, allt mindre verkade stödja den hypotes jag utgick ifrån – att en högre syrehalt var katalysatorn till den kambriska explosionen av djur – såg jag ett behov att studera flercellighet på närmare håll.

Tumörer lyckas hela tiden med övergången från encellighet till flercellighet. Även om tumörer är del av ett sjukdomstillstånd så uppstår de genom att

våra egna cellers maskineri börjar haverera. Eller som min kollega och tumörbiolog Sven Påhlman säger: "tumörer hittar inte på något nytt".

När jag insett behovet av att kunna studera flercellighet på nära håll och i laboratorium letade jag efter en tumörforskare som studerat tumörers förhållande till syre. Jag hittade då fantastiskt spännande resultat från Svens forskning och, även om jag hade missförstått vad resultaten betydde, så tog jag kontakt för att se om vi kunde lära något av varandra. Till min glädje tackade han ja till att träffa mig, och därifrån utvecklades vårt samarbete.

nischer funnit sedan länge (även om halten inte var lika hög som idag).

Bland annat visar isotopsammansättningen av molybden i gamla havsbottensediment att en viss förändring i global syrehalt inträffar under tidig neoproterozoikum och sedan igen sent under silur–devon. Studier av spårmetallerna vanadin, uran och molybden samt biomarkörer för mikroorganismer i den mesoproterozoiska Xiamalingformationen i Kina berättar också om ett syresatt djuphav för 1,4 miljarder år sedan, kanske 'tillfälligt' men ändå tillräckligt med syre för enkla djur. Kanske tyder det på att de syresatta nischerna är urgamla, men att flercelligt liv hade svårt att just komma in och överleva i dessa?

Kanske tyder de biologiska studierna av enkla djur som klarar sig med extremt lite syre inte på ett märkligt undantag, utan snarare på en ursprunglig förmåga. Till exempel klarar sig havsborstmaskar med långt mindre syre än de koncentrationer som vi tror fanns i den kambriska atmosfären. Om enkla djur saknar energikonsumerande organ som hjärna eller njurar, så kan de också leva i miljöer med låg syrehalt. Sådana miljöer är fortfarande enormt vanliga även i dagens havsmiljöer.

Inte minst tycker jag att de prekambriska flercelliga fossilen plötsligt får en värdig plats i vår modell. Idag betraktas spår av flercellighet ofta styvmoderligt. Det finns exempelvis decimeterstora, kakliknande fossil bevarade i pyrit i 2,1 miljarder år gammal skiffer från Gabon. Det finns spårfossilliknande vallar i 1,8 miljarder år gammal sandsten från Sterlingmassivet i Australien. Och det finns spiralliknande *Grypania* lite varstans i proterozoikum och troliga rödalger från 1,6 miljarder år gamla fosforiter i Vindhyan i Indien.

Alla dessa omskrivs som problematiska vilket till stor del kan skyllas på att vi utgått ifrån att flercellighetens framgång står och faller med syresatta nischer. När vi frångår den förväntningen och istället tänker oss att det är svårt att bli stor så kan man tänka sig att proterozoiska flercelliga organismer försökt etablera sig, utan

NÅGRA ORD

Hypoxi: En term som beror av sammanhang. Exempelvis kallas i människan allt under normal syresättning för hypoxiskt. Normal syresättning motsvarar ungefär 5–7 % syre. Ner mot 1 % syretryck är hypoxiskt. I hav, däremot, är bara grunda vatten fullt syresatta. Många områden har därför låga syrekoncentrationer, där djur lever väl utan att miljöerna kallas hypoxiska. Vi menar framför allt att celler kan ge ett hypoxiskt svar, antingen genom låg syrehalt (ca 1 %) eller via den pseudohypoxiska fenotypen (vid ca 5 %).

Ryggradsdjur: Vi och andra djur med ryggrad, som fiskar och kräldjur. Den mest primitiva grupp ryggradsdjur i vår studie är nejonöga (som har HIF-2 men som inte kan producera röda blodkroppar).

Ryggradslösa djur: Alla andra djur, som insekter, blötdjur och maneter. Just i vårt sammanhang utgör svampdjur och kammaneter ett undantag.

Även om de är djur, och ryggradslösa, så saknar de den bilateral symmetri som vi syftar på med de djur som har de biologiska nycklarna för att bli stora trots hög syrehalt.

Stamceller: Omogna celler som kan ge upphov till nya både celler och stamceller. De nya vanliga cellerna kan utvecklas till en alla andra typer av celler t.ex. blod-, hud-, brosk-, muskel- eller bencell. Några stamceller stannar halvvägs mot ett specifikt öde, t.ex. hudstamceller som inväntar att förse huden med nya hudceller. De kallas adulta stamceller.

Vävnad: Allt som byggs av celler och förnyas kontinuerligt, exempelvis muskler, ben, hud, nerver och fett.

Vävnadsförnyelse: I princip all vår vävnad förnyas, även om takten skiljer sig åt. Minsta sår kräver stamceller som förnyar sig själva och – i processen – skapar en förlaga till hudcell. Vi beräknas t.ex. förnya vår tunntarm flera tusen gånger under vår livstid.

att lyckas. Då blir deras fläckvisa närvaro långt före kambrium långt mer problematiskt och rimlig.

Här blir det tydligt att mina egna förväntningar kring syret som drivande för djurs utveckling förvirrat och påverkat hur jag betraktat de geologiska observationerna som problematiska. Och att förväntningen varit så befast att jag inte sett den förrän jag fick träffa Sven och diskutera hans erfarenheter och observationer.

Tydligt är det så att vi har en förmåga att ge för stor vikt till det vi förstår och har erfart. Och att syre spelat stor roll för oss vet ju alla som trasslat in sig i en sovsäck om natten. Just därför borde vi, och jag, vara särskilt observanta på att det finns samband som vi ännu inte erfart eller förstår – samband som ändå troligen betyder något. Som exempelvis hur kontrollen över en låg syrehalt kan vara nödvändig för att bli stor.

Stabil osäkerhet

Halvstora ringar på vattnet följer av hypotesen. Den antyder till exempel att ryggradslösa djur har en sämre version av stamcellsnyckeln. Det skulle betyda att även om de har stamceller så är deras verktyg för vävnadsförnyelse sämre än vårt. Kan det stämma? Ryggradslösa djur (tänk skalbagge, men helst inte ännu

en jättebläckfisk) är ju ofta mindre än vi ryggradsdjur. Dessutom lever ryggradslösa djur ofta kortare tid än vi gör i den syresatta delen av sitt liv (tänk dagfjäril men helst inte ännu en flodmussla). Skulle ryggradslösa djur därmed ha sämre förutsättningar än vi att bo i syresatta miljöer? Det är ju ett ganska fräckt påstående med tanke på att 97 % av alla djurarter är ryggradslösa och helt tydligt enormt framgångsrika.

En del observationer tyder dock på att vi kanske har missat ett beroende av miljöer med låg syrehalt under framför allt ryggradslösa djurs olika faser i utvecklingen. Insekter lever största delen av sitt liv som larver, och många av dessa lever i miljöer med låg syrekoncentration. Musslor har ofta sina skal stängda, med helt syrefritt "innomhusklimat" som följd. Att musslor klarar långa perioder utan syre beskriver vi ofta som fantastiskt när det beror på en nödvändighet för att kunna förnya vävnad. Krabbor och humrar (som lever upp till 70 år) har också uppmättas ha syrefritt blod och muskler innan de ömsar skal. Kanske är det så även hos dem att perioder med låg syrehalt är nödvändiga? Som tur är (för idén) går allt detta att testa, även om det lär ta tid.

Också vi människor klarar ju av perioder av låg syrehalt. Under foster-

stadiets första veckor klarar sig fostret utan syre från mammans blod. Och om vi faller i riktigt kallt vatten eller blir nedkylda på annat sätt kan vi överleva flera timmar utan syre. Så även om våra syrekonsumerande hjärnor och njurar har ett absolut beroende av syre så innebär det inte att alla djurs framfart hänger samman med ett lika absolut beroende. Kanske färgar vårt eget syreberoende av sig på hur vi tänker om andra djur?

Den framförda hypotesen följs förstås av en härligt stor osäkerhet. Den biologiska nyckel som kan öka kontrollen på stamceller och byggnad av vävnad är ju trots allt främst studerad och dokumenterad i tumö-

rer. Är den verkligen viktig också i normal vävnad? Kanske är det så, och vissa fynd tyder på det, men om detta finns ännu mycket lite undersökt. Frågan har helt enkelt inte ställts förrän nu.

Och sedan ...

Nu återstår en oändlig rad med tester av hypotesen, och en hel del övertalning att synsättet faktiskt spelar roll. För mig har den gett ett nytt ljus och en slags befrielse att få följa en annan väg av utforskningar kring livets historia. Jag kan till och med nästan bli skamsen över att jag tidigare hade en så enkel syn på syrets drivande betydelse.

Läs och lyssna mer

Vetenskapsradion: Varför exploderade plötsligt djurlivet på jorden? <https://sverigesradio.se/sida/avsnitt/1144419?programid=412>
Hammarlund, von Stedingk & Pählman. 2018. Refined control of cell stemness allowed animal evolution in the oxic realm. *Nature Ecology and Evolution* 2, 220–228.



Emma Hammarlund är forskare vid avdelningen för translationell cancerforskning på Lunds universitet.
emma.hammarlund@med.lu.se

Vägar mot Lund

Hur såg området kring Lund ut innan Lund fanns? Varför byggdes domkyrkan just här? Hur och varifrån transporterades stenen till bygget? Varifrån kom arbetskraften? Och vem eller vilka beställde och administrerade alltihop?

DETTA ÄR NÅGRA av de frågor som den nyligen publicerade och läsvärda boken *Vägar mot Lund* försöker svara på.

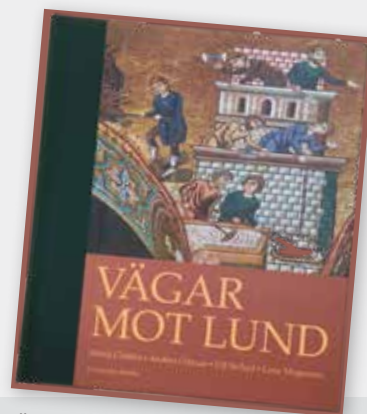
Ett helt kapitel i boken ägnas åt byggnadssten och kalkbruk i Skåne under tidig medeltid. Detta har skrivits av Ulf Sivhed, tidigare statsgeolog på Sveriges geologiska undersökning. Här får vi bland annat veta att även om lokal sten använts länge för byggnadsändamål så sträcker sig de historiska beläggen för stembrytning bara tillbaka till mitten av 1700-talet. Men genom geologisk kartläggning sedan 1800-talet finns en stor mängd gamla stenbrott dokumenterade. Det kan dock vara vanskligheten att säga exakt från vilket stenbrott som stenen i en viss byggnad härstammar.

I boken finns mycket att upptäcka. Bland annat får man veta att under den nuvarande domkyrkan finns rester av äldre murar som man tror tillhört en tidigare kyrka på

platsen. All tillgänglig sten i dessa murar har analyserats av Ulf Sivhed. Bland annat kunde man konstatera att en stor del av stenvolymen består av Helsingborgsandsten och Köpingsandsten, och dessutom finns Benestadstuff. Alla dessa tre är mycket mjuka bergarter som kan tyckas olämpliga för byggnadsändamål.

Spåren efter verktyg på stenarna visar att dessa huggits med bila (snarare än med mejsel och klubba) vilket är en typiskt anglosaxisk teknik. Man tror därför att stenhuggarna kom från England, och att det var deras huggteknik som avgjorde valet av stenmaterial. Man vet att kontakterna mellan England och Danmark var omfattande åtminstone fram till 1080-talet.

När den befintliga domkyrkan började byggas, troligen någon gång på 1080-talet, valde man i stället främst den tätare och hårdare Höörsandstenen som byggnadsmaterial.



VÄGAR MOT LUND

– En antologi om stadens uppkomst, tidigaste utveckling och entreprenaden bakom de stora stenbyggnaderna

Författare: Maria Cinthio och Anders Ödman (red.) med bidrag av Lone Mogensen och Ulf Sivhed

Bokförlag: Historiska Media

Utgivningsår: 2018

ISBN: 978-91-7545-640-9

Antal sidor: 350

Bandtyp: Inbunden

Format: 200 × 230 mm

Många och långa transporter från stenbrotten som låg mer än tre mil bort krävdes. Man beräknar att omkring 5 ton sten per dag levererades till bygget under de omkring 60 år då arbetet var mest intensivt. Och de flesta av dessa transporter gick troligen med oxkärra på vägar.

Jeanette Bergman Weihed

Årets geolog Elisabeth Einarsson

Elisabeth Einarsson gör geologin tillgänglig och spännande för barn och den breda allmänheten. För det har hon i år fått ta emot utmärkelsen Årets geolog av Geosektionen inom Naturvetarna.

Motiveringen till utmärkelsen lyder så här: ”Elisabeth har under många år drivit arbetet med *Geologi på skolschemat*. Hon driver frågan mot politiker och agerar själv lärare när någon skola efterfrågar geologisk kunskap. Elisabeth har tagit fram lärmaterial som är tillgängligt på Geologins Dags hemsida för alla och envar. I sin avhandling inom paleontologi visar Elisabeth på sin pedagogiska framtoning. Avhandlingen är ovanligt lättillgänglig för tredje man med bl.a. väl genomarbetade illustrationer som är tilltalande även för den oinvigde läsaren. Elisabeth är en värdig Årets geolog som arbetar hårt och målinriktat med att få den breda massan, inte minst barn, att intressera sig för geologi.”

Elisabeth disputerade den 29 mars i år med sin avhandling *Palaeoenvironments, palaeoecology and palaeobiogeography of Late Cretaceous (Campanian) faunas from the Kristianstad Basin, southern Sweden, with applications for science education* vid Lunds universitet, där hon också bedrivit forskningen.

Avhandlingen handlar alltså inte bara om paleontologi, och då speciellt om hur hela ekosystemet i Kristianstadsområdet såg ut för 80 miljoner år sedan, utan där finns också förslag på hur den geologiska kunskapen kan användas i undervisningen i skolor.

I ett pressmeddelande som skickades ut i samband med disputationen berättar Elisabeth: – Fossil och dinosaurier är tacksamma ingångar till naturvetenskap. Men jag saknade tidsperspektivstänkandet i läroplanen, vilket jag tror behövs för att diskutera frågor som klimatförändringar och hållbar utveckling på en rimlig nivå. Jorden är inget konstant ekosystem utan ändrar sig hela tiden.

– Jag är själv utbildad lärare och kunde inte låta bli att utveckla förslag på olika övningar, gjorda i samtal med lärare för att följa läroplanen. Till exempel kan barnen illustrera näringskedjan med hjälp av en lek där de är bläckfiskar, fiskar, svanödlor och mosasaurier som levde i detta hav och åt upp varandra.

På prisutdelningen i Uppsala i november kunde Elisabeth tyvärr inte delta på grund av sjukdom. Dock berättade Pia Hansson, ordförande i Geosektionen, och Karna Lidmar-Bergström om Elisabeths forskning. Karna höll också ett intressant föredrag om det kambriska peneplanet. Efter prisceremonin följde sedvanligt mingel och middag.

Vi hoppas att få återkomma till Elisabeths spännande forskning i något kommande nummer av Geologiskt forum. ♦



FOTO: STEFAN EINARSSON.



ILLUSTRATION: GABRIEL UGUETO.



Överst: Elisabeth Einarsson, universitetsadjunkt i geovetenskap och geovetenskaplig didaktik vid Högskolan Kristianstad, leder ofta aktiviteter för barn i samband med Geologins Dag.

Mitten: Dinosaurien Parkosaurus påminner om de ornithopoder som levde i Kristianstadsområdet under tidsperioden campan.

Underst: Pia Hansson och Karna Lidmar-Bergström berättade om Elisabeths forskning. Efter prisceremonin följde mingel och middag.



Jenny Andersson och Anders Lindskog årets pristagare

Geologiska Föreningens Wickmanpris inom områdena geokemi och isotopgeologi går i år till Jenny Andersson, och Jan Bergströmpriset till unga forskare har tilldelats Anders Lindskog. Prisutdelningen ägde rum i Uppsala den 8 november.

JENNY ANDERSSON vid Sveriges geologiska undersökning har fått Geologiska Föreningens Wickmanpris inom området geokemi och isotopgeologi. Jenny har på ett nydanande sätt applicerat isotopgeologi för att studera utvecklingen av den svekonorvegiska orogenesen. Genom att använda sig av mineralet zirkons kemiska sammansättning, uran-blydateringar av zirkoner samt deras relation med andra mineral har Jenny studerat regionalgeologiska processer och den metamorfa utvecklingen i sydvästra Sverige. Baserat på resultaten har hon presenterat nya tektoniska modeller för olika geologiska enheter.

Förutom dessa vetenskapliga studier har Jenny också aktivt engagerat sig i debatten om geologins betydelse i samhället och betonat vikten av regionalgeologisk kompetens inom en rad för samhället viktiga områden. Sammantaget gör detta Jenny till en värdig mottagare av Geologiska Föreningens Wickmanpris år 2018.

Jenny studerade geologi vid Geologiska institutionen på Lunds universitet och fortsatte sedan med doktorandutbildningen vid samma institution. Samtidigt med studierna jobbade hon på Viak med Hallandsåsen och Citytunneln i Malmö och senare som extrageolog på SGU. Jenny disputerade 2000 på en avhandling med titeln "Sveconorwegian orogenesis in the southwestern Baltic Shield – Zircon geochronology and tectonothermal setting of orthogneisses in SW Sweden". Efter disputationen tillbringade Jenny ett år i USA och började sedan jobba på Sveriges geologiska undersökning 2002.

ANDERS LINDSKOG disputerade i Lund år 2017 på en multidisciplinär studie om den ordoviciska perioden (ca 485 till 443 miljoner år sedan). Avhandlingen behandlar en mycket händelserik tid i jordens historia som karaktäriseras av stora förändringar i både klimat, sediment och organis-

mer. Undersökningarna bedrevs i ett regionalt och globalt perspektiv med fokus framför allt på berggrunden i Sverige, Baltikum och Ryssland. Studierna inkluderade så vitt skilda områden som biostratigrafi, eventstratigrafi, sedimentologi, paleoekologi och absolutdateringar. Av avhandlingens åtta artiklar fick en pris för bästa artikel i GFF år 2014. Utöver de artiklar som ingick i avhandlingen har han hunnit publicera ytterligare ett stort antal vetenskapliga artiklar.

Anders erhöll nyligen ett prestigefyllt anslag från Birgit and Hellmuth Hertz' Foundation för en treårig post-doc-tjänst. Det första året av denna tillbringas vid Florida State University i Tallahassee, Florida, USA.

PÅ PLATS i Uppsala vid prisutdelningen fanns Jenny som höll ett mycket inspirerande föredrag om sin forskning. Anders, som inte kunde närvara vid prisutdelningen, skickade istället en film. ♦



Två av författarna,
Eemu och Paul, i en
mycket liten båt på en
spegelblank Ikkafjord.
Foto: Erik Sturkell.



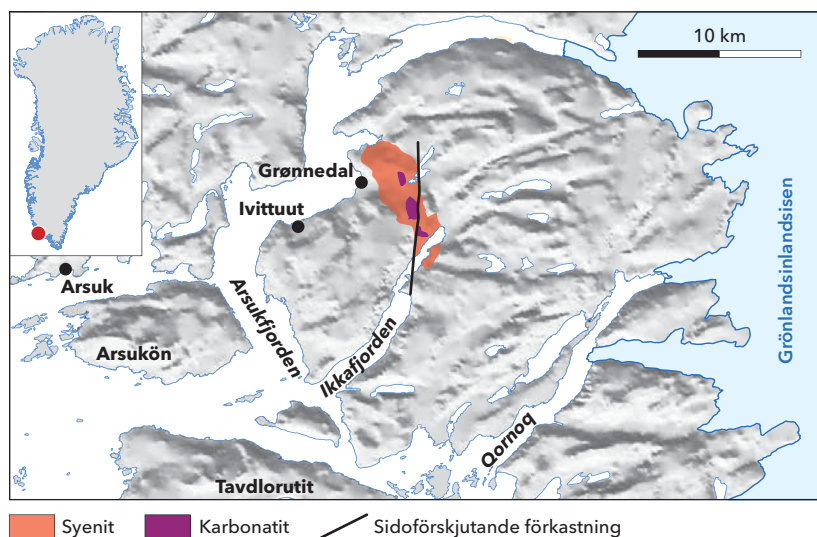
Sagan om Ikkafjorden – *de vita vikingarna*

TEXT OCH BILD: ERIK STURKELL, GABRIELLE STOCKMANN, EEMU RANTA OCH PAUL SEAMAN

Under vattenytan i Ikkafjorden på Grönland gömmer sig ett stort antal mystiska pelare av mineralet ikait. Dessa pelare är till och med omnämnda i sagor som härstammar från vikingatiden. Följ med på en resa både under och ovanför vattenytan för att förstå hur dessa pelare bildades och varför.



FOTO: ERIK STURKELL



Till vänster: Vår kapten från Blue Ice Explorer och båten Siku tog oss från flygplatsen till Ikka fjorden.

Ovan: Översiktskarta över sydvästra Grönland med Ikka fjorden, Grønnedal

och Ivittuut. Grønnedal-Íka-komplexet är markerat i rött och lila. En stor nord-sydlig sidoförskjutande förkastning sträcker sig genom komplexets östra del.

VID MIDSOMMARTID 2018 bar det iväg till Ikka fjorden på Grönlands sydvästkust – en båtfärd på 5 timmar i 26 knop från flygplatsen Narsarsuaq genom vatten fyllda av isberg. Färden genomfördes av vår duktiga grönländska kapten med båten Siku vilket betyder is på grönländska.

Vi som reste var en grupp på fyra geologer och geofysiker: Gabrielle Stockmann, Paul Seaman, Erik Sturkell och Eemu Ranta. De två första av oss har haft en mer än 20 år lång och djup relation med området.

I Ikka fjorden växer pelare av mineralet ikait (ett vattenrikt kalcium-karbonatmineral) upp från havsbotten. Där finns omkring 680 pelare som är högre än en meter (se bilden på omslaget).

Ambitionen med årets fältarbete var att utreda bland annat pelarnas relativa geometri, t.ex. om de följer sprickor i fjordbotten. Vi ville också undersöka deras förhållande till ett närliggande bergartsmassiv av syeniter och karbonatiter. Dessa bergarter bildar Grønnedal-Íka-komplexet som är en del av Gardarprovinsen, men mer om detta senare.

Vikingarnas hämnd

Ikaitpelarna finns med i eskimåernas muntliga tradition. Där berättas om

nordmännen eller vikingarna som under en strid mitt i vintern drevs ut på isen i fjorden. Isen brast och vikingarna drunknade och blev till vita stenstoder under vattnet.

Enligt samma saga bestod vikingarnas hämnd i att om stenstoderna syntes genom vattenytan vid lågvatten skulle någon i eskimåsamhället dö.

Två expeditioner samma år

Det var dock först under 1990-talet som forskare började undersöka den vetenskapliga orsaken till dessa pelare.

År 1994 händer något samtidigt i både London och Köpenhamn, helt oberoende av varandra. Vid Imperial College i London inspirerar professor Douglas Shearman doktoranden Paul Seaman till att göra en geofysisk dykarexpedition till Ikka fjorden.

Samtidigt i Köpenhamn organiserar zoologen Godtfred Høpner Pedersen en biologisk-geologisk expedition. Danskarna blev förvånade när de hörde att ytterligare en expedition planerades till Ikka fjorden.

Sedan upptäckten av ikait i början av 1960-talet hade det inte funnits något större intresse att undersöka fjorden och nu planerades det plötsligt två expeditioner samtidigt!

Under juli 1995 genomfördes så först den danska expeditionen, vilken följdes av den brittiska dykarexpeditionen. Det visade sig dock snabbt att de två expeditionerna kompletterade varandra vilket lade grunden för ett närmare samarbete under åren därefter.

Typlokalen för mineralet ikait

Ikka fjorden är världsunik med sina pelare av mineralet ikait ($\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) som växer upp från havsbotten. Mineralet är monoklint och stabilt till ungefär 10–15 °C. Vid högre temperaturer försvinner vattnet och endast calcit eller ibland aragonit och vaterit blir kvar.

Ikka fjorden är typlokal för mineralet som upptäcktes av mineralogen Hans Pauly år 1962. Han arbetade då för kryolitbolaget i Ivittuut (läs mer om det i Geologiskt forum 96).

Ikaiten bildar upp till 20 m höga pelare från botten. Pelarnas höjd kontrolleras av den is som lägger sig på vintern och av sötvatten som rinner ut i fjorden och skiktar sig på ytan.

När Hans Pauly med hjälp av marindykare från Ivittuuts grannstad, flottbasen Grønnedal, tog prov av pelarna och fraktade materialet till Ivittuut såg han att det skedde en omvandling. Han insåg då att pro-

MOT GRÖNLAND

År 982 seglade Erik den Røde västerut från Island där han just blivit fredlös. Han tog kurs mot ett nytt land som hade upptäckts av en viking som drivits västerut av en storm som gjort att han missade Island.

Erik den Røde behövde öppna eget då han hade gjort sig omöjlig inte bara på Island utan också i Norge. Han undersökte det nya landet och hittade ett bra ställe att slå ner bopålar. Det skulle bli Brattahlíð. Han gav landet namnet Grönland och han lyckades attrahera nybyggare. Dessa slog sig ner i den sydvästra delen av ön och bildade vad som skulle bli Österbygd – den mest betydelsefulla bosättningen.

Vikingarna etablerade också en bosättning 465 km

norr om Österbygden och det blev Västerbygden. Som mest bodde omkring 5000 personer i Österbygden och 1000 i Västerbygden.

Merparten av bosättarna var kristna och de etablerade ett biskopssäte i Gardar. Allt gick bra de första 250 åren och de levde troligen gott på handel med valrossbetar. Men på 1300-talet inträdde en klimatförsämring och det traditionella jordbruket fick allt svårare och svårare med tiden.

I mitten av 1300-talet förlorades kontakten med Västerbygden och man sände ut en expedition för att utröna vad som hade hänt. När denna kom till Västerbygden var allt övergivet, och endast vilt strövande boskap fanns kvar.

När klimatet försämrades ytterligare blev det ännu svårare för dem som var kvar i



FOTO: GABRIELLE STOCKMANN

Österbygden. Det sista skepp som med säkerhet kom från Grönland lämnade Österbygden 1410. Därefter kom inga fler nyheter från Grönland till den gamla världen.

Man vet inte vad som hände nordborna på Grön-

land. I nutida utgrävningar har alla skelett som återfunnits legat i gravar. Så det är fortfarande ett mysterium hur denna bosättning gick under.

Bilden ovan visar en ruin efter en vikingatida bosättning i Ikkafjorden. Eemu som skala.

Till höger: Ikaitpelarna som växer från botten och upp till ungefär två meter under vattenytan når inte högre än så på grund av att vinterns is och sötvatten reglerar deras höjd.

verna behövde hållas kalla så han placerade dem i ett kylskåp. Men även vid denna temperatur skedde en omvandling, om än långsammare. Som tur var anlände ett skepp som hade kylrum och proverna kunde sändas till Köpenhamn utan att smälta.

Professor Arne Noe-Nygaard vid Geologisk Museum strukturbestämde det temperaturkänsliga mineralet och kunde då konstatera att mineralet inte tidigare beskrivits. Hans Pauly gav det nya mineralet namnet ikait efter Ikkafjorden (vilket betyder "långt vatten" på grönländska).

Den observanta läsaren har noterat att Ikkafjorden stavas med två k, medan mineralet ikait och Grønnedal-Ika-komplexet stavas med ett k. Detta beror på den stavningsreform som genomdrevs 1973 och att mineralet och komplexet beskrevs före reformen.

Pseudomorfer och ikait

Under 1980-talet föreslog Douglas Shearman tillsammans med kollegan Alex Smith att en del pseudomorfer



FOTO: EEMU RANTA

som man hittat i bergarter och sediment, kända under namn som jarrowit och thinolit, i själva verket var före detta ikaitkristaller. Dessa såg ut att vara bildade i anknytning till perioder med kallare klimat.


Idag anser man att också pseudomorferna med namnen glendonit, fundylit och gennoishi har sitt ursprung i ikait. Några av dessa är upp till en meter långa enkelkristaller.

Inga av dessa pseudomorfer visar dock tecken på att ha varit pelare av

ikait, vilket gör pelarna i Ikkafjorden unika. Man har dock spekulerat i om de pelare som finns i sjön Mono Lake i Kalifornien, och som idag består av aragonit och kalcit, någon gång kan ha bestått åtminstone delvis av ikait.

Detaljerad undersökning av fjorden

Med sitt arbete om pseudomorfer längtade Douglas Shearman till typlokalen i Ikkafjorden, men kände ålderns tryck på kroppen. I stället såg



Paul använde en drönare för att kartlägga pelarna i fjorden i detalj.

FOTO: ERIK STURKELL

han varje chans att berätta för Paul om detta magiska ställe i Grönland. Eftersom Paul var medlem av Imperial Colleges dykarklubb lyckades han inom några år hitta fyra likasinnade dykarentusiaster. De lyckades så småningom skaffa pengar och utrustning till en geofysisk expedition till Grönland år 1995.

Under denna färd och året därefter genomfördes maringeofysiska undersökningar som leddes av Paul. Man undersökte fjorden med side-scan sonar och mätte profiler med enkanalssismik med en 3,5 kHz pinger.

Utifrån de geofysiska resultaten och ett stort antal dykningar registrerade Paul och hans kollegor 678 större ikaitpelare. Men om man också räknar alla små pelare (som är lägre än en meter) är det totala antalet närmare tusen.

Dessa data blev grunden för Pauls avhandling (han bytte halvvägs i doktorandkarriären från ett projekt i Polen till en studie av pelarna). Det som började som ett dykaräventyr slutade alltså med en avhandling år 1998. Paul gjorde ett kortare fältarbete i Ikkafjorden 1997 men sedan

skulle det dröja fram till sommaren 2018 innan ett nytt besök gjordes.

Hur bildas ikaitpelarna?

Medan dykarna från Imperial College tog hand om geofysiken var expeditionen från Köpenhamns universitet mer inriktad på det rika djur- och plantlivet på pelarna, samt på att förklara hur pelarna bildats.

Även på denna expedition deltog ett stort antal dykare inklusive en marindykare från Grønnedal. Geologen Bjørn Buchardt var ansvarig för projektet om pelarnas ursprung och hade med sin dåvarande MSc-student Gabrielle Stockmann.

Man ville bland annat ta reda på vad kalciumkarbonatet i ikaitstrukturen hade för ursprung. En hypotes var att kalciumkarbonatet kom från kalcit i bergarten karbonatit, som är den bergart som dominerar i området där pelarna finns. Man tänkte att kalcium lakades ur bergarten och sedan läckte ut i fjordens botten. Ett starkt indicium för detta var att pelarna är begränsade till det område som omfattas av Grønnedal-Åka-komplexet. Ursprunget för kalciumkarbonatet kunde testas

med strontiumisotoper. Dessa visade dock att kalcium kom från havsvattnet. Tillbaka till ritbordet!

Sommaren 1996 fokuserade det geologiska fältarbetet mycket på att ta prover av den fluid som strömmade genom pelarna och som tydligen skilde sig från havsvattnet. Redan 1995 hade dykare sågat toppen av en pelare och placerat en plastpåse över stubben. Inom några timmar var påsen fylld med vatten och dykarna kunde ta den till ytan som en ballong.

Salinitetsmätningar visade att det vatten som strömmade ur pelaren hade mycket lägre salthalt än havsvattnet, men Bjørn Buchardt gissade att där ändå fanns en del havsvatten inblandat.

Året efter borrade man därför hål i två pelare och i varje hål placerades en spruta. Inom bara några timmar hade utrymmet runt sprutorna försegats av nybildad ikait och dykarna kunde därefter långsamt dra ut pelarvatten med hjälp av sprutorna.

Analysen av vattnet man tog ut visade att det hade högt pH, 10,2–10,5, och innehöll framför allt natriumkarbonat. Gabrielle testade att blanda

KARBONATIT

Karbonatit är en magmatiskt bildad karbonatbergart som ofta förekommer vid kontinentala spridningszoner och kan bestå av kalcium-, natrium-, magnesium- och järnkarbonater. Kalcit (CaCO_3) är den vanligaste beståndsdel.

Den enda karbonatitvulkanen som är aktiv idag är Ol Doinyo Lengai i Tanzania. Från denna vulkan strömmar natriumkarbonatisk lava med en temperatur av 500–600 °C.

Karbonatitiska lavar och tefror är mycket vittringsbenägna vilket gör att endast ett femtiotal bevarade sådana är kända. De flesta bevarade karbonatiter har bildats som intrusioner. Många av dessa ingår som en del av alkalina komplex, men karbonatiter hittas i många olika slags miljöer och kan med största sannolikhet bildas på flera olika sätt. Det finns totalt drygt 500 kända karbonatitförekomster i världen.

olika natriumkarbonatlösningar med havsvatten från Ikka fjorden och andra ställen. Alla experimenten ledde till mineralväxt av ren ikait.

Med hjälp av kol-, väte- och syreisotoper kunde man bekräfta att ikaiten bildas när pelarvatten med lakvatten från Grønnedal-Åka-komplexet blandas med kalcium från havsvatten. De låga vattentemperaturerna i Ikka fjorden bidrar till att ikait bildas. Ty i motsats till kalcit och aragonit, som trivs i tropiska vatten, är ikait ett kalciumkarbonatmineral som bildas bäst vid låga temperaturer.

Men egentligen är ikait ett metastabilt mineral, det vill säga det har inget stabilitetsområde på jorden. Det bildas till exempel när vattnets kemi blockerar tillväxten av kalcit och aragonit, men även när lösningar har mycket höga halter av kalcium- och karbonatjoner (övermättade lösningar).

Berggrunden

Berggrunden kring Ikka fjorden består av arkeiska gnejser (3500–2700 miljoner år gamla), metasedimentära bergarter (bildade under den ketilidiska episoden för 2000–1800 miljoner år sedan) och bergarter från Gardar-episoden (för 1325–1100 miljoner år sedan) som tydligt spelar en viktig roll för pelarvattnets kemi.

Gardarprovinsens bergarter bildades då en kontinental spridningszon uppstod tvärs över vad som i dag är södra Grönland. Denna zon stryker idag från västsydväst till ostnordost. Det var i nordväst som det hela började med intrusionen av Grønnedal-Åka-komplexet för 1325±6 miljoner år sedan.

Grønnedal-Åka-komplexet består av olika varianter av nefelinsyeniter och karbonatiter (både kalcium- och järnrika) som intruderade i arkeiska gnejser och metasedimentära bergarter. Idag har komplexet formen av en långsmal oval som är ca 8 km lång och 2,8 km bred. Den karbonatitiska kärnan täcker en yta på ca 1,3 kvadratkilometer. Genom erosion har ett 1–2 km djupt tvärsnitt av de otroligt välbevarade alkalina bergarterna blivit synliga.

I samband med Gardarepisoden intruderades Grønnedal-Åka-komplexet av flera gångsvärmar, inklusive lamprofyrer, fonoliter och mycket stora doleritgångar som går att spåra tvärs över hela Sydgrönland.

Karbonatitintrusioner innehåller ofta värdefulla metaller och Grønnedal-Åka är inget undantag. Här finns höga halter av niob, tantal och sällsynta jordartsmetaller, som alla är viktiga beståndsdelar i t.ex. modern elektronik. Dock är formationen för avlägsen och liten för att vara gynnsam för malmbrytning – vilket är tur för ikaitpelarna.

Vad gjorde vi i Ikka fjorden 2018?

Ett av delmålen med fältarbetet 2018 var att förbättra precisionen på Pauls kartläggning av pelarna från 1995–1996, dvs. de största pelare som syns genom vattenytan vid lågvatten (alla fyra deltagare lär ha vikingablod i sig ty vi överlevde).

Paul hade med sig en drönare med kamera och GPS för karteringen av pelarna. För att få de bästa kontrollpunkterna på marken användes geodetisk GPS, dvs. instrumenten samlade data under två dagar på varje punkt. Dessa fasta punkter kan i framtiden användas för DGPS positionering. Drömmen är redan nu att göra ännu mer maringeofysik i fjorden.

Fotograferingen av fjorden med drönaren gick mycket bra, och vi var

lyckosamma med vädret ty det måste vara lugnt (helst spegelblankt) och molnigt. Flottbasen Grønnedal har under alla åren varit en fantastisk hjälp och i år var inget undantag. De hjälpte oss med väderrapporter för vår drönarkartering, och vi fick bo i en av deras stormsäkra stugor. Sist men inte minst såg de till att vi fick nybakade bullar och kaffe på den långa båtresan tillbaka till Narsarsuaq.

Utöver karteringen och GPS-positioneringen utförd av Paul och Erik, tog Eemu och Gabrielle kompletterade prover av syenit, karbonatit och vatten. Dessa ska ingå i studierna av hur lakvatten i Grønnedal-Åka-komplexet hänger ihop med bildningen av ikaitpelarna.

Dessutom fortsätter studier vid Bolincentret för klimatforskning på Stockholms universitet, dit Gabrielle fortfarande är knuten, av huruvida ikait går att använda för koldioxidlagring. Det säkraste sättet att lagra koldioxid från atmosfären är att binda gasen i en mineralfas av karbonat. Ikait som bildas i kallt havsvatten lär ha en stor lagringspotential, och om det utsätts för värme förlorar mineralet sitt vatten men kalcit eller aragonit blir kvar. Ikait skulle kunna bli ett mineral för framtiden! ♦

Läs mer

Stockmann, G. & Wilken, U. 2007. Ikkaøjerne – en undersøisk oase under vandet. Dansk Polarcenter, ISBN 978-87-90369-04-0, 86 s.

Woolley A.R. & Kjarsgaard, B.A. 2009. Carbonatite occurrences of the world: map and database. Geological Survey of Canada, Open File 5796, 28 s.



Paul Seaman är geofysisk konsult från Storbritannien, Eemu Ranta är doktorand och Gabrielle Stockmann är lektor vid Islands universitet, Erik Sturkell är professor vid Göteborgs universitet.
e-post: erik.sturkell@gvc.gu.se



FOTO: ROBERT LILLJEQUIST

Sierra Bermeja

- en gigantisk lagrad intrusion

Berget Bermeja, "det rödbruna", är beläget ovanför staden Estepona i Spaniens sydliga provins Malaga. Där hittar man en av de största resterna av manteln som man känner till. Sierra Bermeja höjer sig 1 450 m över Medelhavet och från bergstoppen ser man en klar dag både klippan Gibraltar och Marockos kustberg.

TEXT: ROBERT LILLJEQUIST

PROVINSEN MALAGA är geologiskt en del av den betiska bergskedjan som sträcker sig 600 km utmed Spaniens sydkust. Bergskedjans bredd är omkring 200 km.

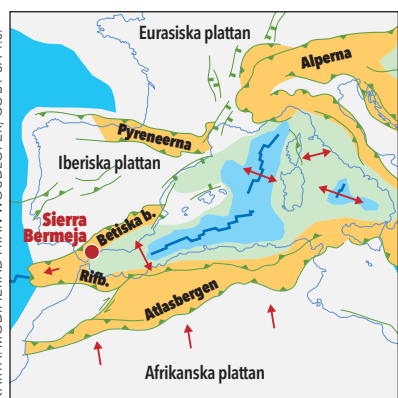
De betiska bergen bildades då Europa och Afrika kolliderade, samtidigt som Alperna bildades längre österut. De geologiska formationerna tillknycklades genom sammanpressning och uppskjutning av de sedimentära bergarter som en gång avsatts på botten av ett forntida Medelhav eller samlats vid foten av terränghöjder varifrån de längs floddalar sköljts ut i havet.

I stora drag indelas den betiska bergskedjan i en yttre och en inre zon. Malagaprovinsen ligger i den inre zonen som underlagras av bergsformationer från paleozoisk tid fram till perioden trias. Dessa 500–200 miljoner år gamla

formationer är kraftigt deformerade, ihopskrynkade eller utvalsade till glimmerrika skiffrar. Detaljerna i geologin är svårtolkade.

Stora delar av låglandet mellan Gibraltar och Marbella är täckta av yngre sediment. Dessa pliocena (2–5 miljoner år gamla) bergarter består främst av kalkrika, leriga till sandiga lager som innehåller en mängd välbevarade marina snäckor, musslor och koraller. Mer än 2000 sådana fossil från pliocen finns utställda i det paleontologiska museet i Estepona, beläget inne i stadens tjurfäktningsarena.

Vulkaniska bildningar är mindre vanliga i Malagaprovinsen där sedimentära bergarter i form av kalksten, dolomit, sandsten och lersten dominerar. Mijasbergen och

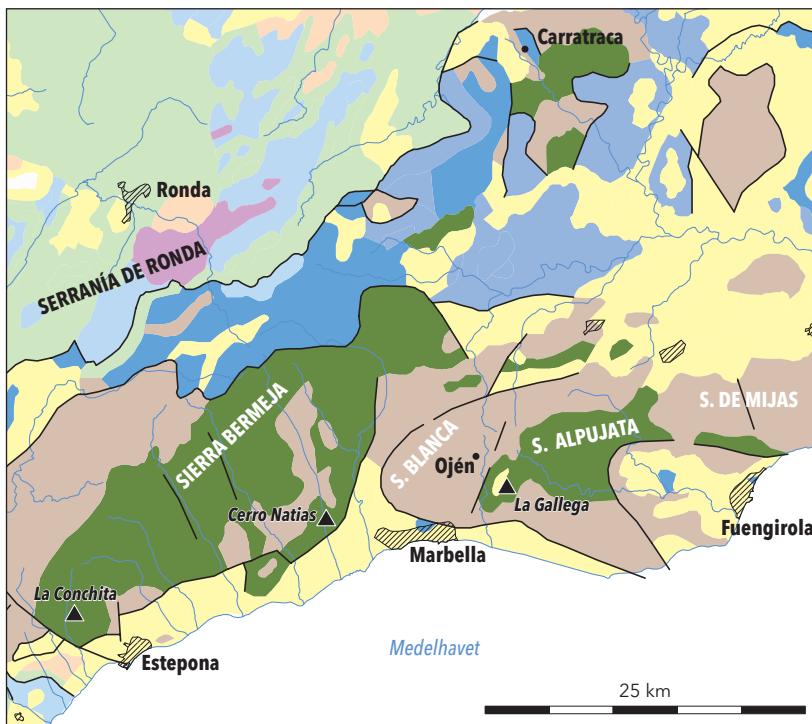


- Alpin bergskedja
- Neogen spridningsbassäng
- Äldre kontinentalskorpora
- Neogen oceanskorpora
- Äldre oceanskorpora
- Överskjutning
- Normalförförkastning
- Dextral förförkastning
- Spridningsrygg
- Plattförförkastning

Till vänster: Från söder ser man att lagringen i den rödbruna peridotiten i Sierra Bermeja är mycket tydlig, även på avstånd.

Ovan: Plattektisk karta över Medelhavet med omgivningar.

Till höger: Förenklad berggrundskarta över Malagaprovinsen med peridotitmassiven markerade i mörkgrönt. Svarta trianglar markerar de mineralfyndigheter som nämns i texten.



- Förförkastning
- Kvartära och neogena avlagringar
- Betiska bergskedjans yttre zon
- Paleogen, konglomerat och sandsten
- Jura-paleogen, kalkiga sediment
- Krita, konglomerat, sandsten, kalksten
- Trias, konglomerat, sandsten, kalksten

- Betiska bergskedjans inre zon
- Jura, dolomit
- Peridotit
- Dolomit
- Gnejs, migmatit

Sierra Blanca är uppbyggda av karbonatbergarter som traditionellt har brutits och polerats till marmorplattor.

Bästa platsen att studera mantelbergarter

En speciell bergart finns att beskåda i det vackert rödbruna berget Bermeja norr om Estepona och i berget Sierra Alpujata vid Ojén strax norr om Marbella. Bergen består av peridotit som är en ultramafisk stelnad magma från den övre delen av manteln.

Bergarten peridotit består av mer än 90 procent mörka mineral, övervägande olivin, ortopyroxen och kloropyroxen. Dunit, harzburgit, lherzolit och wehrtit är bergarter som ingår under samlingsnamnet peridotit. Dunit består nästan helt av olivin. De olika peridotitmassiven i området består till 85–90 procent av lherzolit och harzburgit medan resten utgörs av dunit och gabbro.

I friskt snitt är peridotit nästan svart eller mörkt grön från mineralen olivin och pyroxen samt serpentinomvandling. Spinell och plagioklas är accessoriska mineral.

Peridotiten i Sierra Bermeja är tydligt lagrad och hela intrusivsviten täcker cirka 400 kvadratkilometer. Enligt flera forskares uppfattning är Sierra Bermeja det största peridotitkomplexet i världen och geologiskt det yngsta. En gravimetrisk undersökning gjord av Loomis på 1970-talet visade att peridotiterna sträcker sig minst 25 km ned mot djupet.

Detta lagrade peridotitintrusiv utgör en av de bästa platserna i världen för att studera den subkontinentala manteln. Därför har peridotiterna i Sierra Bermeja varit och är föremål för undersökningar från ett stort antal universitet världen över. I litteraturen kallas komplexet ofta för Rondamassivet.

Massivet anses härröra från översta manteln, från mellan 70 och 700 kilometers djup. De flesta forskare anser att intrusivet hamnat i sitt nuvarande ytliga läge genom tektoniska processer under perioden oligocen, för ungefär 30–35 miljoner år sedan, när den afrikanska plattan trycktes in mot Europa. Initialt trängde de ultramafiska bergarterna upp genom diapirism innan de sköts in över de sedimentära bildningarna i den betiska bergskedjan.

Omgivningarna till intrusivkomplexet består av formationer som tillhör den betiska bergskedjan. Bergarterna närmast intrusionen består av migmatit, gnejs, glimmerskiffer och kvartsit. I karbonatsten har skarnmineral bildats i kontakt med peridotitintrusionen. I gnejserna uppträder lokalt stora kristaller av fältspat och granater.

Idag är stora delar av berget Bermeja naturskyddat.

Många mineralfyndigheter

Peridotiten är värdbergart för en hel del mineraliseringar och i historisk tid har man brutit mindre ansamlingar av nickel, krom, platina, koppar, järn, talk och grafit.



Grafit är ett vanligt förekommande mineral i peridotitmassen, till exempel i förekomsten Cerro Natías de Benahavís. Från 1700-talet hade detta mineral ett stort kommersiellt värde för tillverkning av krisoler av hög kvalitet. År 1798 beskrev Cecilio García de la Leña gruvan Cumberland i England och Benahavís i Malagaprovinsen som de enda grafitgruvorna i drift i Europa. Fyndigheten Cerro Natías bröts från år 1749, om ej alltid helt seriöst.

Mineraliseringen Conchita är en komplex fyndighet av wolfram, vismut, tellur, silver och guld. Den hittades av Domingo de Orueta y Duarte när han på 1870-talet letade efter en plats där hans far tidigare hade hittat sheelit i en vingård norr om Estepona. Gruvingenjören Orueta var på sin tid en av de mer ansedda personerna inom geologi i den spanska gruvhistorien.

Sedan 1870 har fynd av mikrodiamanter uppgetts förekomma i aluviala avlagringar i Carratraca. En grupp forskare, ledda av geologer från universiteten i Málaga och Granada, har nyligen påvisat förekomsten av diamanter vid flera olika lokaler inom peridotitmasset. Det första fyndet gjordes för två år sedan av en slump när mineral från Sierra Bermeja undersöktes. Diamanterna, som endast kan iakttagas i mikroskop, bildar cirkulära mineral Korn, huvudsakligen i granat men även i fältspat och zirkon.

Gruvan La Gallega, norr om Marbella, har brutits på nickel och krom. Mineralen kromit, gersdorffit och maucherit ($\text{Ni}_{11}\text{As}_8$) har beskrivits från den numera nedlagda gruvan. Från denna fyndighet beskrevs 1971 för första gången mineralet westerveldit (Fe,Ni,Co)As av professor Oen i Amsterdam. Han var en internationellt välkänd mineralog och har bland annat publicerat flera arbeten från Bergslagen.

Till vänster: Lagrad peridotit nära toppen av Sierra Bermeja och närbild på 5 cm stora strandstenar av peridotiten.

Överst till höger: Den igenrasade ingången till La Conchita.

Ovan till höger: En 6 cm bred ådra med kromit och nickelin i La Gallega.

Oen kom genom mineralogiska indikationer fram till att cordieritbergarter och associerade krom-nickelmalm i La Gallega kristalliserat vid en temperatur av 800–1300 °C och ett tryck lägre än 5–10 kbar. De kromit- och nickelarsenidmineraliseringar han studerade uppträder som klumpar eller nätverk av ådror i serpentiniserade pyroxenlinser. Mineralassociationen är ovanlig. Kromiten har ett ovanligt högt innehåll av vanadin och zink. Cordieritbergarten har på flera håll omvandlats till klorit och sericit. Den sällsynta förekomsten av denna typ av krom-nickelmalm antyder att speciella förhållanden rådde vid bildningen som är ovanlig i peridotiter. ♦

Läs mer

Romero Silva, J.C. 2003. Minerales y rocas de la provincia de Málaga.

Centro de ediciones de la diputación de Málaga. ISBN 84-7785-571-4.

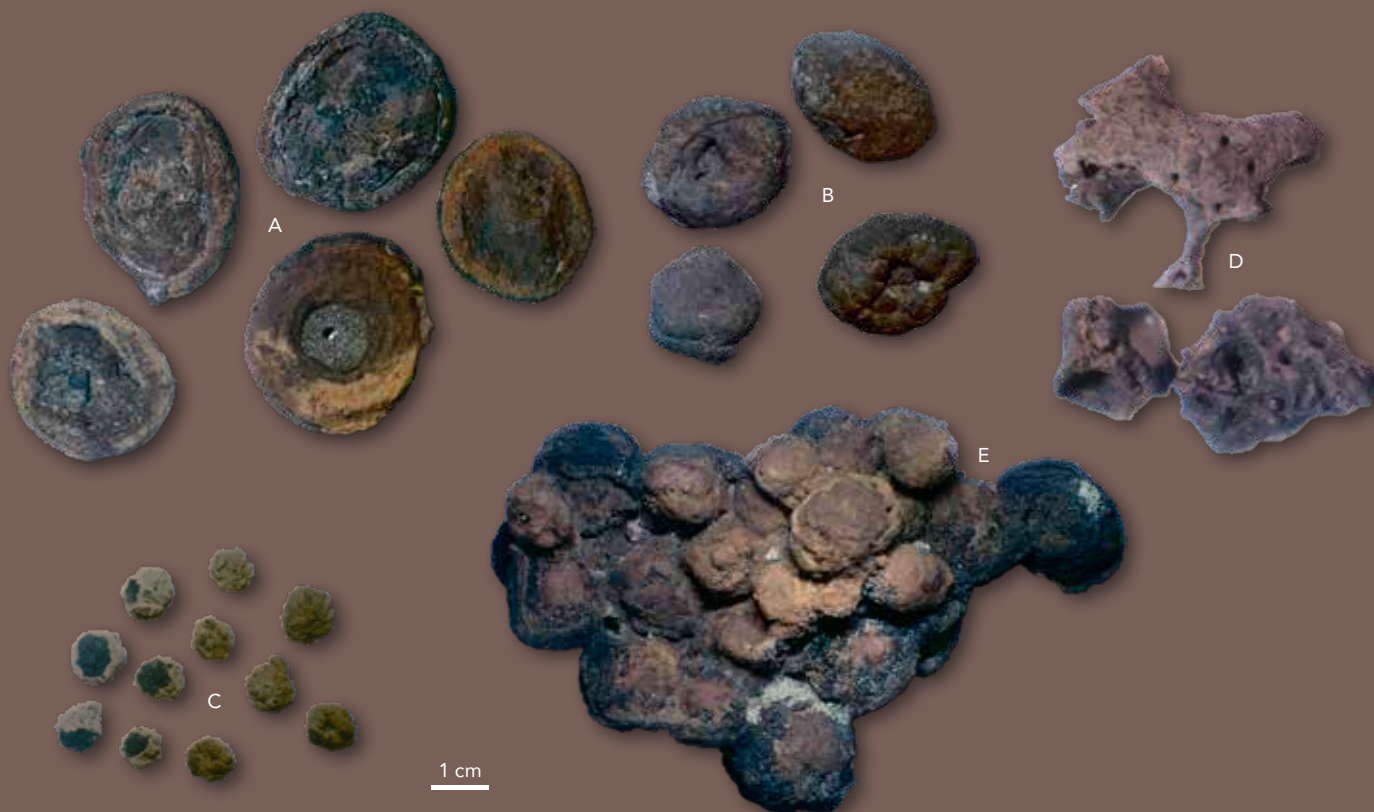
García-Cortés, A. (red.) 2011. Cartografía de recursos minerales de Andalucía. IGME-Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía. Madrid, 608 s.



Robert Lilljequist är fil.lic. och Eurogeolog.

Bor numera i Estepona, Spanien.

e-post: robertlilljequist@gmail.com



Järn- och mangannoduler i Östersjön

Mangannoduler tillhör en familj av järn-mangankonkretioner som förekommer i alla hav, i kustnära områden och i sjöar. I Östersjön, och framför allt i Bottenhavet och Bottenviken, täcks stora delar av bottenarna av sådana noduler.

TEXT OCH BILD: JOHAN INGRI

JÄRN- OCH MANGANKONKRETIONER är sfäriska, flata eller oregelbundna i formen och bildas genom utfällning på havsbotten i gränsskiktet mellan bottensedimenten och havsvattnet. De sfäriska konkretionerna brukar kallas noduler. Konkretioner uppträder i första hand i bottenområden som har låg sedimentationshastighet och de ansamlas ofta lokalt på havsbottenarnas topografiska höjder (kullar och åsar). Konkretionerna förekommer i alla världshav och i många innanhav, däribland Östersjön.

Järn och mangan från älvvatten

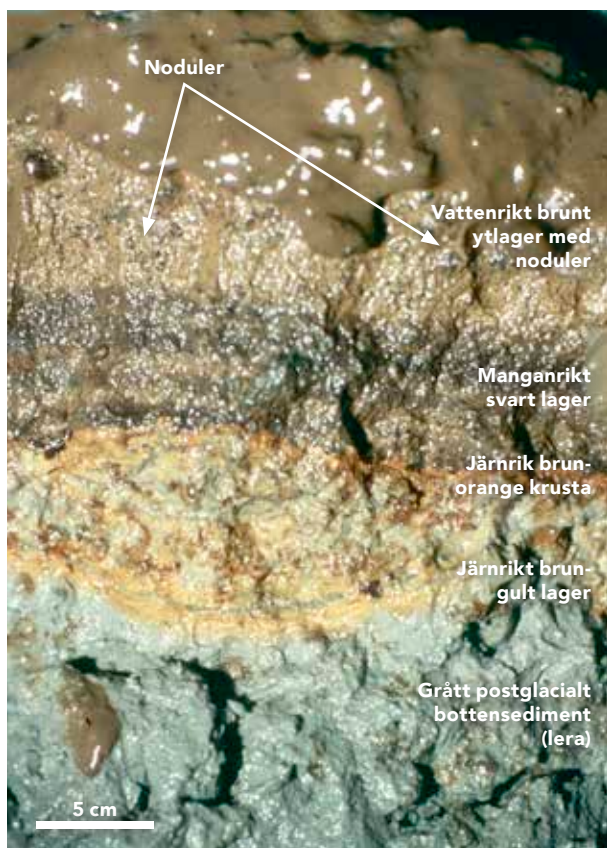
Noduler bildas genom en lång serie delprocesser där huvudkällan för järn- och manganinnehållet är uppslammat vittringsmaterial och organiskt material som transporteras med älvornas vatten från land och ut till havet.

Materialet förs därefter vidare med vågor och havsströmmar, tillsammans med en stor del eroderat bottenmaterial, till djupare och lugnare områden där partiklarna avsätts som ett finkornigt, vanligtvis lerigt sediment.

En bakteriell nedbrytning av de organiska produkterna skapar en reducerande, syrefattig miljö i bottensedimentet. Under sådana reducerande förhållanden löses järn och mangan ut ur bottensedimenten och frisätts i porvattnet som omger sedimentpartiklarna. Metallerna rör sig då uppåt i porvattnet till en mer syrerik, oxiderande miljö i sedimentens ytlager där järn- och manganoxidhydroxider avsätts både som lager i sedimentet och som konkretioner.

Om förhållandet i gränsen mellan sediment och bottenvatten istället är syrefattigt fortsätter järn och mangan att

Bilden ovan: Olika former av järn-mangankonkretioner från Östersjön. **A.** Denna typ av konkretion, kallad penningmalm när den uppträder i sjöar, bildas i övergången mellan syrefritt sediment och oxiderat bottenvatten, ofta runt en liten sten. **B.** Manganrika konkretioner med en asymmetrisk form. **C.** Sfäriska konkretioner, noduler, bildas i det översta sedimentskiktet. I Bottenviken blir sådana upp till 3 cm i diameter. Nodulerna är bandade med bruna järnrika band och svarta manganrika band som visar att redoxnivån varierar i sedimentet. **D.** Flata konkretioner bildas i övergången mellan sediment och bottenvatten. **E.** Ihopväxta sfäriska konkretioner.



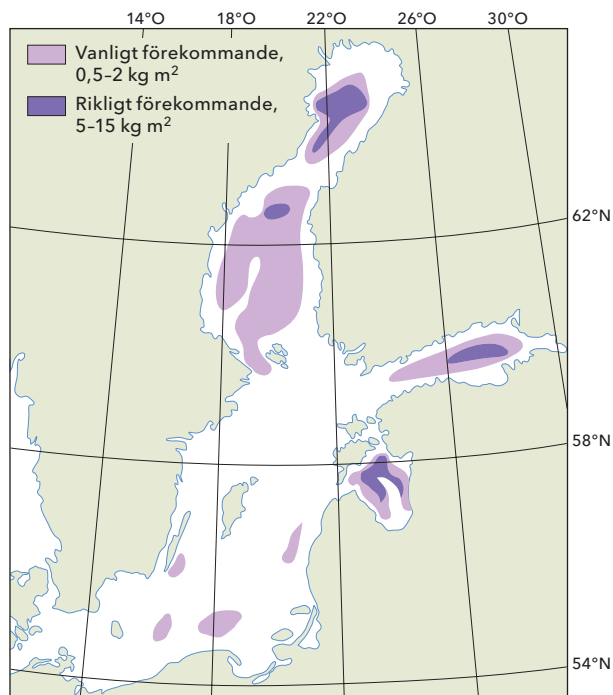
vara i lösning tills dessa rört sig till en mer syrerik nivå där de kan fällas ut som små partiklar och antingen falla ner igen och lösas upp eller ledas bort med strömmar till en högre terräng. Läget för gränsen mellan den reducerande och den oxiderande zonen, redoxövergången, är avgörande för var utfällningar kan bildas och bevaras. I princip är det redox som styr bildningen, fördelningen och kemien på koncretionerna.

I den oxiderande zonen i sedimenten, från redoxövergången och upp mot sedimentens ytskikt, uppstår en skarp oxidationsgradient. Eftersom järn faller ut före mangan under något mindre syrerika förhållanden uppvisar de olika oxidhydroxiderna ofta en inbördes lagerföljd.

I bilden överst på sidan visas som exempel en sedimentprofil tagen i det översta skiktet av havsbotten. Det grå sedimentet är i princip syrefritt och har höga lösta halter av järn och mangan. Mellan det grå lagret och det gula lagret bildas en koncentrationsgradient. I den övre delen av det gulbruna, järnrika skiktet har en järnrik brun skorpa bildats. Direkt ovanför denna bildar mangan, som kräver en något mer oxiderad nivå för att falla ut, ett svart lager. Slutligen följer det nodulförande och vattenrika sedimentytskiktet. Nodulerna förekommer nästan alltid nära ytan eller i bottensedimentens toppskikt, och det är mycket ovanligt att hitta dem begravnade längre ned i sedimenten.

Årstiderna påverkar

Noduler kan ha en tillväxtzonering med omväxlande järnrika och manganrika band. Dessa uppkommer som ett



Till vänster: Sedimentprofil från havsbotten i Bottenviken. Profilen beskrivs utförligare i texten.

Ovan: Nästan hälften av Bottenvikens botten är täckt av runda, manganrika noduler. Utbredningen av runda noduler visar att redoxnivån sjunker från Bottenviken, till Bottenhavet och centrala Östersjön.

resultat av tillfälliga svängningar i oxidationsgraden och är troligtvis förknippade med årstidsvariationen av inflödet från älvarna, med avsättning av sediment och nedbrytning av organiskt material.

Oxidationsgraden påverkas av läget för redoxövergången så att den antingen ökar eller minskar i sedimentytskiktet. Vid de mest syrerika förhållandena under sommarhalvåret dominerar manganrika, mörkbruna till svarta och mer spröda utfällningar. Den något lägre syrehalten under vintern producerar generellt mer järnrika, ljusbruna och hårdare utfällningar.

Variation i oxidationsgrad kan även vara förklaringen till varför det i vissa områden bara finns svarta noduler medan det i andra områden bara finns ljusbruna noduler.

Runda, oregelbundna eller skorpor

I Bottenhavet och Bottenviken är de sfäriska nodulerna vanligen mellan en halv millimeter och 3 cm i diameter. Nodulernas storlek visar i vilken fas av tillväxten de befinner sig, vilket generellt bestäms av ett bottenområdes sedimentationsförhållanden. De områden som har haft hög sedimentationshastighet eller omfattande bottenerosion (t.ex. nära en kust) saknar noduler. Små noduler dominerar i relativt unga sedimentationsområden medan stora noduler mest hittas i lite äldre sedimentområden som har påverkats något av bottenerosion.

Sfäriska noduler som ligger i det vattenrika sedimentytskiktet växer till gradvis från alla håll. Små skillnader i tillväxthastigheten kan då göra att nodulerna får en ojämn

och knölig (köttbulleliknande) yta. I mer sandigt sedimentmaterial eller på bottnar som eroderats får nodulerna vanligtvis en slätare och jämnare yta.

Noduler som ligger väldigt nära eller på sedimentytan i ett område som har mycket svaga bottenströmmar kan växa ihop till en skorpa eller få en oregelbunden form.

Den flata typen av konkretioner är den vanligaste i Bottenhavet. Dessa varierar mycket i storlek och hittas företrädesvis närmare kusten jämfört med de sfäriska nodulerna. En speciell flat, rund och järnrik nodulvariant som hittas i sandiga sediment brukar kallas penningmalm. Andra typer av flata konkretioner bildar ringformade gördlar runt stenar, grus och sedimentfragment där ovasidan i regel har fått en svart, manganrik beläggning.

De äldsta nodulerna i Bottenviken antas vara omkring 3000 år gamla. I Bottenviken uppskattas tillväxthastigheten till 0,15–0,20 mm per år vilket är mycket högre än i djuphaven där tillväxthastigheten kan vara så låg som 1 mm per miljon år. De noduler man hittar i djuphavet kan därför vara så gamla som någon miljon år. I sjöar däremot är åldern på stora manganrika noduler runt 50–100 år.

Möjlig metallkälla

Förutom järn och mangan bakas även andra grundämnen in i nodulerna, till exempel arsenik och fosfor i de järnrika nodulerna. Koppar, nickel, zink, barium och molybden är associerade med mangan, och de högsta halterna av dessa grundämnen hittas i de sfäriska nodulerna. Halterna av kobolt, koppar, nickel och zink är 10 till 100 gånger högre i djuphavsnoduler jämfört med i noduler från Bottenviken.

I vissa områden finns det ett stort antal noduler, och de skulle därför kunna utgöra ett ekonomiskt intresse som metallråvara. Totalt finns det omkring 10,6 miljoner ton mangannoduler i Bottenviken. Om man antar att manganhalten i nodulerna är ungefär 13 procent innebär det att de runda nodulerna i Bottenviken innehåller ungefär 1,4 miljoner ton mangan.

Tankar har funnits om att samla upp nodulerna från havets botten, men idag finns ingen färdigutvecklad teknik för det. Noduler från sjöar är ju vad som använts tidigare för att framställa järnmalm.

Föroreningsarkiv

Nodulernas förmåga att ta upp andra grundämnen gör dem även intressanta som referensmaterial för forskning inom marint miljöarbete där man studerar föroreningsbelastning och metallutsläpp genom mänskliga aktiviteter.

Eftersom nodulerna växer till kontinuerligt, så länge inga dramatiska förändringar i redoxförhållandet sker, kommer den kemiska sammansättningen längs en profil från mitten av nodulen och utåt att spegla de variationer av ämnen som fanns i omgivningen vid en viss tidpunkt.

Genom jämförelser av kemiska analyser från nodulernas yttersta tillväxtlager med de inre lagren kan förändringar registreras i halter av ämnen som förekommer naturligt och därmed kan förhöjda halter från eventuella utsläpp upptäckas. Genom att känna till nodulernas tillväxthastighet kan man också avgöra om föroreningar nylikt tillförts havet och sedimenten eller om de är gamla.



SAMLING AV MANGANNODULER

På Naturhistoriska riksmuseet förvaras en stor mängd mangannoduler från framför allt Bottenhavet och Bottenviken. Dessa samlades in under perioden 1976–1985 i samband med ett projekt utfört vid dåvarande Luleå tekniska högskola under ledning av professor Kurt Boström.

Materialet från havsbotten samlades in under flera kryssningar med forskningsfartyget R/V Strombus, dels med hjälp av en dragg, dvs. en skopa som släpar i en stål-vajer efter båten, och dels med en botten-sedimenthämtnare, en s.k. "box-corer" (bilden). En box-corer är en rektangulär provbehållare som pressas ned i botten och som bevarar provet relativt ostört.

Vid en genomgång av samlingen 2007 flyttades proverna till bättre provförpackningar med en tydligare märkning. Samtidigt sammanställdes en databas med information från de 497 provtagningsstationerna. Bottenproven består av noduler, finkornigt sediment (lera till finsand), grus, stenar och morän.

Dessutom kan spridningen av ett utsläpp följas genom att analysera nodulprov från flera provtagningsstationer.

Förutom metaller är näringsämnet fosfor anrikat i järnrika konkretioner. Sänkta redoxnivåer skulle kunna frigöra fosfor som är bundet i konkretionerna och orsaka övergödning. Konkretionernas roll i näringsbalansen i Östersjön är dock lite känd och ytterligare forskning krävs för att klargöra konkretionernas roll för metall- och näringsbalansen i Östersjön. ♦



Johan Ingri är professor i tillämpad geokemi vid Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser, Luleå tekniska universitet.
johan.ingri@ltu.se



FOTO: JÖRGEN LANGHOF.

Upptäckten av halvmetallen selen fyller 200 år

TEXT OCH BILD: ERIK JONSSON & JÖRGEN LANGHOF

I år är det 200 år sedan den ganska slumpartade upptäckten gjordes av ett grundämne som fick namnet selen, efter grekiskans namn för månen. Med tiden kom selen att användas bland annat för fotoceller och det är idag en nyckelkomponent för vissa typer av solceller. Numera känner man också till dess betydelse som spårämne för cellfunktioner hos både människor, djur och växter.

JACOB BERZELIUS är en av svensk naturvetenskaps jättar. Bland de många nya och inte sällan banbrytande observationer han gjorde inom kemin och mineralogin hör upptäckten av halvmetallen selen år 1818.

Innan och under denna tid hade Berzelius och hans studenter och

kollegor bland annat upptäckt den första lätta sällsynta jordartsmetallen, cerium, och alkalimetallen litium (läs mer om detta i Geologiskt forum nummer 97, 2018). Den specifika historien bakom selenupptäckten är – som i många andra sådana fall – en kombination av slum-

pens skördar, nyfikenhet och god observationsförmåga.

Berzelius och andra i den kemiska industrin

Historien började 1816 med att Berzelius, enligt uppgift utan alltför stort egentligt intresse, tillsammans med



FOTO: JÖRGEN LANGHOF.



Motstående sida: Eukairit i form av mörkt gråsvarta, metalliska korn och massor i serpentinförande kalcit från Skrikerums koppargruva. 3 × 4 cm. Från Naturhistoriska riksmuseets samlingar (NRM #18311808).

Till vänster: Svavelkismalm (pyrit), så kallad blötmalm, från Falu gruva. 11 × 9 cm. Från Naturhistoriska riksmuseets samlingar (NRM#g03205).

Ovan: Jacob Berzelius (1779–1848). Akvarell av L.H. Roos af Hjelmsäter 1816. Kungl. Vetenskapsakademien.

bland andra de mineralintresserade kollegorna från Falun, Johan Gottlieb Gahn och Hans Peter Eggertz, gått in som delägare i en kemisk fabrik vid Gripsholm i Mariefred.

Fabriken producerade vid tiden framför allt svavelsyra, ättiksyra och pigmentet blyvitt. Råvaran till svavelsyraframställningen var svavel som framställdes av rostad svavelkis (pyrit) från Falu gruva i Dalarna, alltså samma råvara som används till den ursprungliga Falu rödfärg.

Fabrikens anläggare och tidigare ägare, Magnus Bjuggren, hade en längre tid noterat att svavelslammet antog en röd- eller brunaktig färg beroende av sannolika arsenikföreningar. Av den anledningen slutade Bjurgren att nyttja just Falumalm för processen.

När väl Berzelius tillsammans med sina Falukamrater kom in i verksamheten valde man av ganska naturliga skäl att ändå återuppta användningen av svavel från Falumalmen. Gahn och Eggertz var ju delägare i Falu gruva!

Efter att svavelkisen från Falu gruva återigen kommit till användning i Gripsholm återkom också den röda färgen på fällningen, men nu fanns mera erfarna och analytiskt kunniga (och nyfikna!) vetenskapare med i spelet.

Vid en första provning med vad man skulle kunna likna vid dåtidens motsvarighet till bärbar XRF, det så kallade blåsöret (se faktaruta), observerade Berzelius att materialet kunde tändas, brann med en blå låga, och efterlämnade en ”grå slaggig massa” som vid ytterligare påblåsning gav upphov till en ”lukt af rättikor, lik den som efter Klaproths uppgift utstöttes af glödande tellur”.

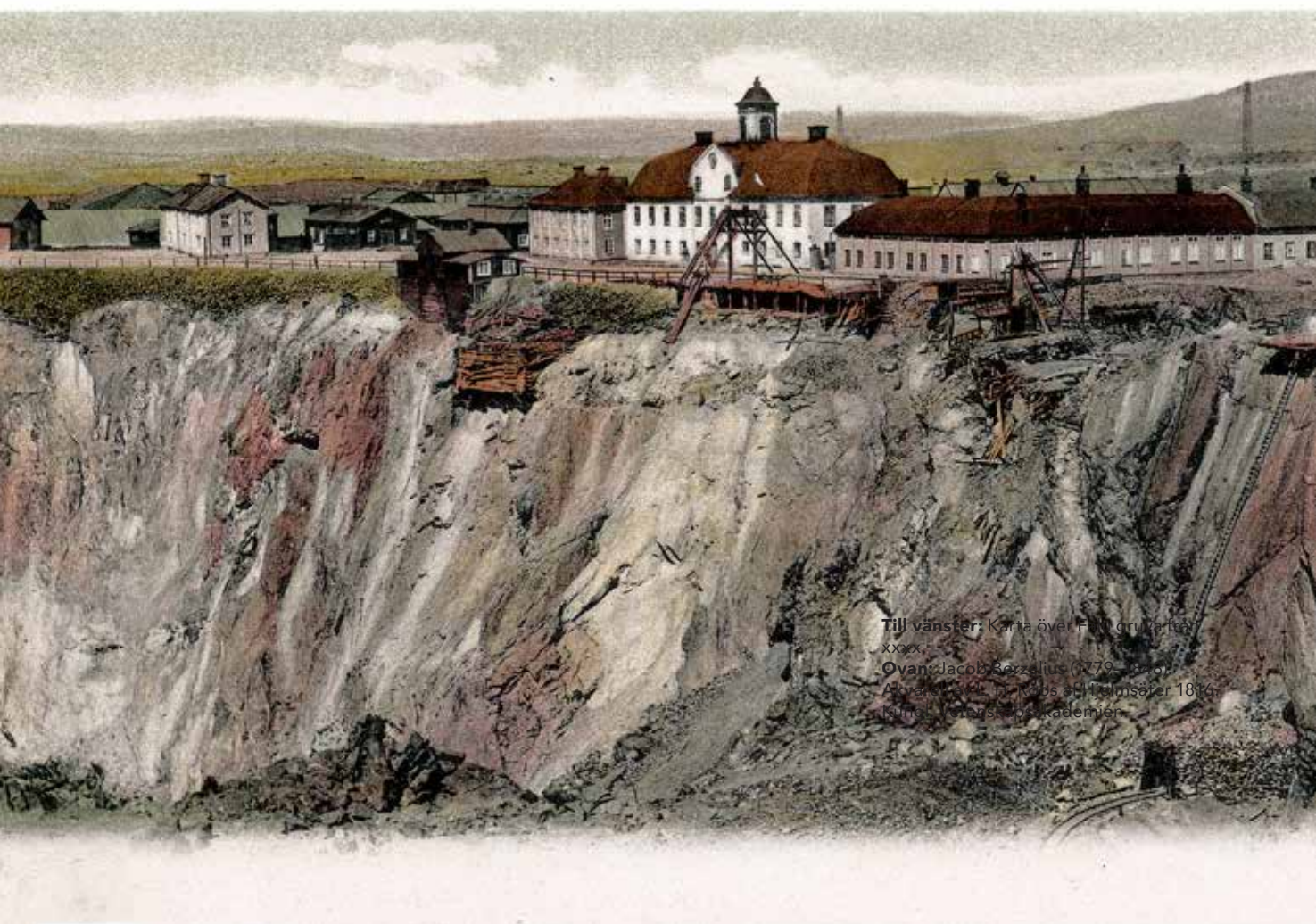
Den välkände tyske kemisten Martin Heinrich Klaproth (som Berzelius tidigare varit i konflikt med kring upptäckten av cerium) hade omkring 20 år tidigare beskrivit den nya halvmetallen från rika guld- och silvermineraliseringar i Siebenbürgen i nuvarande Rumänien, och därvid givit den namnet ”tellur” efter det latinska namnet på planeten jorden, tellus.

År 1817 hade Berzelius och Gahn som vanligt gjort upp planer på att träffas under sommaren, och denna gång möttes de på Gripsholms kemiska fabriker, där de tillbringade en dryg månad för att framför allt förbättra en del kemiska processer för tillverkning av bl.a. färgämnen.

Berzelius fick naturligtvis med sig prover av den missfärgade svavelmassan och kunde redan den 22:a september rapportera i brev till sin nära vän och kemikunnige excellensen Hans-Gabriel Trolle Wachtmeister: ”Vid Gripsholm funno vi Tellurium – gissa hvar – i svafvelsyran, men quantiteten är ganska ringa. Den här rör från Fahlusvafvel. Man har dock ej funnit Tellur i Fahlun.”

Omfattande analyser påvisar ett nytt grundämne

Ytterligare undersökningar kom dock att under 1818 påvisa för Berzelius och kompani att det alls inte rörde sig om tellur, utan om något som måste vara ett annat, om än besläktat, *nytt* grundämne. De omfattande arbetena



Till vänster: Karta över Falu gruvkärl
xxxx.
Övan: Jacob Berzelius (1779-1848).
Adress: Falu gruvkärl och Stora Stöten 1816.
Källa: Svenska Akademiens.

med detta beskrivs i flera vetenskapliga artiklar varav den första och mest omfattande är publicerad med Berzelius som ensam författare i den sjätte volymen av *Ahandlingar i fysik, kemi och mineralogi*, utgiven i Stockholm 1818 vid H.A. Nordströms förlag, sidorna 42–144.

Passande nog för det nya grundämnet, en halvmetall som leder ström bättre i mörker än i ljus, gav Berzelius den namnet selen, i analogi till Klaproths namn tellur: "...en egen, hittills okänd, brännbar mineral kropp, hvilken jag, för att utmärka dess släktskap i egenskaper med tellurium, kallat Selenium, af "Σεληνή", måna (sic)".

Han noterar i detta sammanhang att det nya grundämnet verkligen ligger mellan svavel och tellur i sina egenskaper, och har till synes fler av

svavlets än tellurets dito. Idag vet vi också att selen företrädesvis uppträder geologiskt i form av måttliga substitutioner (utbyten) med svavel i olika sulfidmineral, även om det mera sällsynt kan förekomma i form av mineral med essentiellt selen, så kallade selenider.

Under arbetet med det nya grundämnet genomförde Berzelius också mängder av experiment med avsikten att försöksvis bilda olika föreningar av det, och beskriva dessa systematiskt. Han framställde således bland annat selenbunden koppar, selenbundet bly, selenbundet silver och kvicksilver samt ett flertal salter.

Berzelius ville förstås också försöka att genom egna experiment extrahera det nya grundämnet ur den malm som legat bakom upptäckten i svavelfällningen vid Gripsholms-

Falu gruva – Stora stöten från söder med Anfarten och den gamla gruvstugan, numera museum. Kolorerat vykort från ca 1900 efter fotografi. Samling Jörgen Langhof.

fabriken. Genom Gahn's försorg fick han så prov av den obehandlade pyritmalmen, men också av malm dominerad av zinkblände och blyglans från Falu gruva.

Genom upplösning av 10 gram pyrit i kungsvatten kunde han efter fortsatta separeringssteg finna spår av selen. Försättningsvis bestämde Berzelius halten av selen i Falupyriten till en "15/10 000-del av svavlet i sulfiden", dvs. omkring 0,15 %. Sedermera undersöktes bl.a. blyglans av olika kornstorlek från Falu gruva och den mest grovkorniga var rikast på



BLÅSRÖRSANALYS

Användningen av blåsrör var en i sig antik metodik för att införa luft i en låga, och därmed skapa både högre temperaturer och olika zoner med oxiderande respektive reducerande förhållanden. Metoden som enkelt (mineral-)analytiskt redskap kom att framför allt utvecklas, förfinas och spridas av svenska kemister och mineraloger under sent 1700-tal och tidigt 1800-tal. Bland de mera framstående i detta var bland andra Anton Swab, Axel Fredrik Cronstedt, Torbern Bergman samt just Johan Gottlieb Gahn och Jacob Berzelius.

En av flera anledningar till blåsrörsteknikens popularitet och utbredda användning fram till åtminstone 1800-talets slut var dess portabilitet. En utrustning med blåsrör, reagenser, kol, brännare och diverse andra mindre tillbehör kunde förvaras i ett träschatull som lätt kunde tas med och användas både i fält och på resor.

En annan anledning var att den mängd prov som behövdes för analysen var mycket liten. En nackdel – som också bland andra Berzelius nogsamt beskrev i sin handbok i blåsrörsanalys från 1820 – var den ganska omfattande övning och erfarenhet som krävdes för att behärska metoden.

selen. Höga halter påvisades också i blyglans från Bersbo koppargruvor i Östergötland.

Upptäckten av de första selenidmineralen

I anslutning till undersökningarna av den nya halvmetalen och dess egenskaper erinrade sig Berzelius

att han några år tidigare fått prov av en misstänkt svensk "tellurmalm" av Gahn, och vilken han då undersökt men inte kunnat påvisa någon tellur i. Noterbart i sammanhanget var dock att vännen Gahn påpekat den speciella doft av *rättika* som detta material avgivit under en blåsrörsundersökning...

Genom diverse efterforskningar lyckades Berzelius få tag i mera material av denna mystiska malm, vilken härstammade från en koppargruva i Småland (numera Östergötland) vid namn Skrikerum (Skrikerum). Han kunde därmed göra mera omfattande analyser och påvisa att huvudmineralet i proven bestod av en dithills okänd kemisk förening mellan koppar, silver och selen. Detta första kända mineral med essentiellt selen i sin sammansättning gav Berzelius – passande nog – namnet eukairit, efter grekiskans ord för att "komma i rätta tid"!

Vid fortsatta undersökningar fann han också en koppar-selenförening i materialet från Skrikerum, vilken han följaktligen, och likt den förening han redan syntetiserat, kallade selenbunden koppar. Detta prosaiska namn stod sig förstas inte, utan mineralet kom att först namnges efter sin upptäckare till "berzelin" (av F.S. Beudant, 1832), vilket senare ändrades till det idag fortfarande giltiga namnet berzelianit, av J.D. Dana (1850).

Många av de andra av Berzelius framställda selenföreningarna motsvarade också mineral som skulle komma att upptäckas och beskrivas från olika gruvor strax därefter och fortsättningsvis under kommande decennier, till exempel clauthalit (PbSe) beskrivet som naturligt selenbly (*Selenbly*) av F. Stromeyer och J.F.L. Hausmann 1825, och namngivet clauthalit av F.S. Beudant 1832; naumannit (Ag₂Se) beskrivet som naturligt selenilverbly (*Selenilver*) av G. Rose 1828 och namngivet som naumannit av W. Haidinger 1845, och tiemannit (HgSe) selenkvicksilver (*Selenquecksilver*), beskrivet av W. Tiemann 1828 och namngivet tiemannit av C.F. Naumann 1855.

Idag känner man till omkring 130 olika selenmineral. Det finns idag

inga gruvor som drivs primärt för utvinning av selen, utan all framställning sker som en biprodukt vid brytningen av sulfidmalmer, exempelvis sådana rika på koppar eller bly.

Tillämpningar, nytta och onytta

Selen, en halvmetal eller metalloid med atomnummer 34 och den kemiska beteckningen Se, används idag främst för tillverkning av färgämnen samt i glasindustrin.

Selen är också en ljuskänslig halvledare och har därför under lång tid använts för olika typer av fotoceller, och på senare tid också speciella solceller av så kallad CIGS-typ (efter de ingående metallerna och halvmetallerna kadmium, indium, gallium och selen).

Den tidigare stora användningen för tillverkning av (andra) produkter inom elektronikindustrin har minskat kraftigt genom användningen av andra halvledare. Selen är dock fortfarande viktigt för tillverkning av kopieringsapparater och nyare teknik som bland annat laserskrivare och vissa röntgeninstrument.

Fastän selen och dess salter är giftiga i större mängder är de också kritiska för cellfunktioner hos alla djur, människor och många växter. I områden där en viss låg halt av selen finns naturligt, alltså från nedbrytning av geologiska material, kommer djur och växter att få en selenhalt som kan tillgodogöras av andra djur liksom av människor.

Selenbrist kan uppstå i områden där halterna naturligt är väldigt låga, eller på grund av specifika kostintag, vilket kan orsaka olika besvär eller sjukdomar. Detta har lett till rekommendationer om selenintag i vissa områden. På grund av detta används idag en inte obetydlig andel av världens selenproduktion för tillsatser i gödningsmedel, utöver produktionen av andra selenberikade produkter. ♦

Erik Jonsson är statsgeolog vid SGU och adjungerad professor i mineralogi vid Uppsala universitet. erik.jonsson@sgu.se
Jörgen Langhof är intendent vid Enheten för geovetenskaper vid Naturhistoriska riksmuseet, Stockholm. jorgen.langhof@nrm.se.

Minnesord

Ingmar Lundström

Ingmar Lundström har gått bort i en ålder av 82 år. Han bodde i Johanneshov och tillhörde vid sin bortgång den numera stora skaran av pensionerade geologer. Hans närmaste är maken Margareta och döttrarna Johanna, Katarina och Marika med familjer.



FOTO: THOMAS LUNDQVIST.



FOTO: TORBJÖRN ELVIUS.



FOTO: THOMAS LUNDQVIST.

Ingmar var född och uppvuxen i Eskilstuna. Under sin militärutbildning i marinen träffade han de blivande SGU-kollegerna Christer Persson och Karl-Axel Kornfält på en utrikeskryssning med Älvsnaven. Det var då som främst Christer kom att intressera Ingmar för geologi.

Efter militärtjänsten följde dock studier i elteknik på KTH, men sedan övergick han till Stockholms Högskola (sedan Stockholms universitet) och läste där kemi, mineralogi och petrologi, kvartärgeologi samt historisk geologi och paleontologi. Han tog sin licentiatexamen 1967. Två år tidigare, efter sommarpraktik bl.a. som extrageolog vid dåvarande Kartbyrån och Malmbyrån, hade Ingmar anställts vid Sveriges geologiska undersökning, som han förblev trogen till sin pensionering 2001.

Ingmars huvuduppgifter vid SGU gällde berggrundskartering, främst i Södermanland, Bergslagen och Skelleftefältet. Han blev snart känd som en framstående expert på geologin i dessa områden och har ansvarat för ett stort antal kartor med tillhörande beskrivningar samt vetenskapliga skrifter. Hans författarnamn borgar för hög kvalitet. Särskilt märks Ingmars arbe-

ten från Södermanland över svårkarterade blandbergarter kallade migmatiter, samt över den komplicerade berggrunden kring Lindesberg och Filipstad, som ju är nyckelområden för Bergslagens geologi.

Ingmar blev en ledande kännare av traktens stratigrafi och sambandet mellan malm bildning och sidosbergets ursprung. Han kom därmed att bli en värdig efterträdare till pionjärer som Alfred Törnebohm, Nils Harald Magnusson, Per Geijer, Nils Sundius och Sven Hjelmqvist.

I samarbete med Oen Ing Son (då professor vid Geological Institute, University of Amsterdam) och Rodney Allen m.fl. geologer blev han också initiativtagare till en förnyelse av synen på sambandet mellan malmen och den miljö den bildats i, och därmed också till strategin för malmletningen.

Liksom med allt annat var Ingmar som arbetsledare och kartbladschef noggrann och metodisk. All kartering gjord av medhjälpare följdes regelbundet upp, vilket borgade för en jämn och hög kvalitet på hans kartprodukter. Han var mån om det sociala och inbjöd varje fältsäsong till ett eller flera samkväm, som innefattade allt från surströmmingsskivor till

Till vänster: Ingmar intar fältlunch i Lövssta kalkbrott på kartbladet Nyköping NO år 1972. **Mitten:** Ingmar på exkursion i Uppland år 2015. **Till höger:** Ingmar och SGU:s tidigare chef Nils Harald Magnusson i västra Värmland år 1966.

enklare sammankomster med rökta musslor och goda drycker.

I kretsen av kolleger var Ingmar uppskattad för sitt engagemang och sin saklighet. Bland våra minnen av honom märks särskilt de intensiva diskussioner vi hade i fält kring hur migmatiterna kring Norrköping och Nyköping skulle betecknas på de blivande berggrundskartorna. Diskussionerna kunde i vissa fall efterlämna en heshet som bestod i flera dagar efter hemkomsten.

Ingmar var också känd som en sammanhållande kraft och en sällsynt god kamrat, både under sin yrkesverksamma tid och efter pensioneringen. Han efterlämnar ett stort tomrum, men hans minne kommer att bli bestående. Han har för framtiden bidragit med ovärderliga uppgifter om den svenska berggrunden och dess geologi. ♦

För kolleger och vänner
Thomas Lundqvist, Magnus Ripa och
Christer Persson

På gång

7–9 januari. Vinterkonferansen 2019 i Bergen anordnas av Norsk Geologisk Forening. Läs mer på www.geologi.no/eventkalender/konferansekalender/konferanser/vinterkonferansen/vk19

16 januari. What's under a volcano ... and how do we know? A new paradigm provides new perspectives. Öppen föreläsning på KVA med professor Katherine Cashman. Läs mer på www.kva.se/sv/kalendarium

28–29 januari. Framtidens gruv och mineral. Grand Hôtel, Stockholm. Läs mer på <http://futuremineandmineral.com>

21 februari. The expansion of low oxygen zones in the global ocean and coastal waters. Heldagssymposium på KVA. Läs mer på www.kva.se/sv/kalendarium

18–21 mars. Geoscience & Society Summit, Stockholm. Läs mer på connect.agu.org/gss/home

13–14 april. Mineral- och smyckestensmässan i Göteborg. Läs mer på www.geologerna.se/index.php?sida=mineralmassan

7–12 april. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2019, Wien, Österrike. Läs mer på www.egu2019.eu



Restips: Geologi på Irland

I september nästa år planerar Naturforum i Garpenberg att arrangera en geologisk rundresa på Irland.

Bland annat planerar man att besöka Cliffs of Moher (bilden), the Burren och, så klart, Giant's Causeway. Dessutom bjuds möjlighet till mer kulinariska upplevelser i form av bland annat whiskey- och ölprovning.

Läs mer om resan här: www.naturforum.se/irland-2019/

Världens äldsta fossil möjligen deformerat berg

För två år sedan meddelade forskare att de funnit bevis på liv i form av stromatoliter i 3,7 miljarder år gamla bergarter på Grönland, vilket tyder på att livet på jorden uppstod extremt tidigt. En ny analys av bergarterna från samma plats ifrågasätter emellertid denna slutsats. Den nya studien hävdar i stället att de strukturer man tidigare tolkat som stromatoliter i själva verket orsakats av deformation av bergarterna. Diskussionen lär fortsätta. Läs artikeln i Nature här: www.nature.com/articles/s41586-018-0610-4 ♦

Sanering av Blaikengruvan

Det är nu klart att Sveriges geologiska undersökning kommer att gå in som huvudman för efterbehandlingen av Blaikengruvan, och förberedande åtgärder genomförs redan i år. Man börjar med att avleda rent vatten så att belastningen på vattenreningsanläggningen minskar. Därefter följer arbete med att täcka gräbergshögar och återfylla de fyra dagbrotten. Två av dessa kommer att återfyllas med morän och två kommer att vattenfyllas helt eller delvis. Läs mer om Blaikengruvan på www.sgu.se ♦

Nytt mineral uppkallat efter SGU-geolog

Ett nytt mineral som upptäckts av ryska forskare i en manganmalm från Namibia har fått namn efter statsgeologen Erik Jonsson vid Sveriges geologiska undersökning, tillika adjungerad professor vid institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet. Det är första gången på närmare fyrtio år som en SGU-geolog får ett mineral uppkallat efter sig, skriver SGU på sin hemsida.

Det nya mineralet **erikjonssonit** har beskrivits av en forskargrupp vid ryska vetenskapsakademien. Mineralet hittades i malm från Kombatgruvan i Namibia och godkändes nyligen av International Mineralogical Association – den vetenskapliga sammanslutning som granskar nya mineralupptäckter. Det nya mineralet är en vanadinrik bly-oxyklorid med den kemiska formeln $(\text{Pb}_{32}\text{O}_{21})[(\text{V}, \text{Si}, \text{Mo}, \text{As})\text{O}_4]_4\text{Cl}_9$. Typprovet för mineralet förvaras nu i samlingarna vid Fersmanmuseet i Moskva.

Flera mineralupptäckter har genom åren gjorts från Kombatgruvan, och den är mineralogiskt besläktad med den internationellt mest kända svenska mineralförekomsten Långban i östra Värmland. Just mineral inom familjen bly-oxyklorider är karaktäristiska för Långban. Kombatgruvan har främst brutits på koppar, men idag ligger produktionen nere. Källa: www.sgu.se ♦



FOTO: KATARINA PERSSON NILSSON

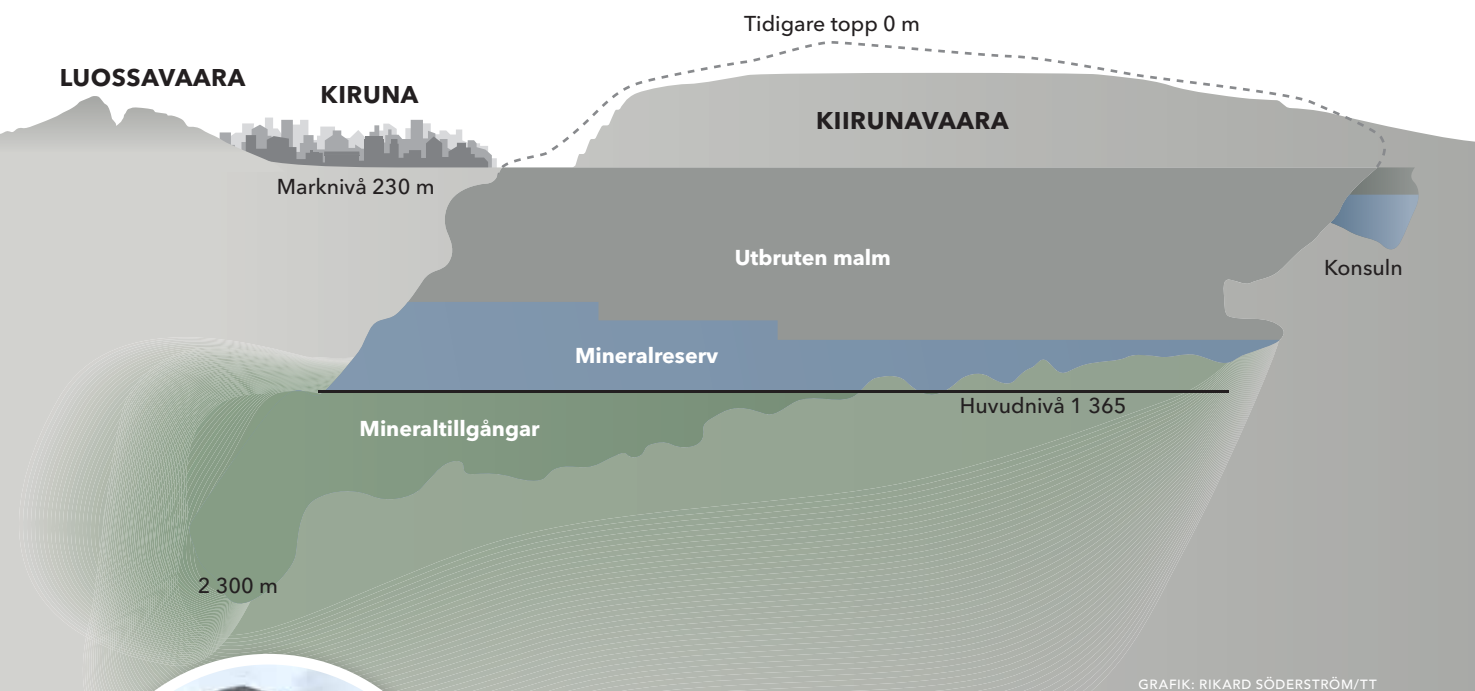


FOTO: FREDRIC ALM / ALM & ME.

Tar Kirunamalmen slut?

SISTA ORDET

Den frågan ställde sig många när LKAB:s

vd Jan Moström den 26 oktober meddelade att Kiirunavaaramalmen inte fortsatte mot djupet så som man tidigare trott. Nyheten överraskade även initierade gruvexperter och slogs så klart upp stort både i lokalpress och i riksmidia.

På bilden överst på sidan visar LKAB att malm saknas under nivå 1365 m (dvs. 1365-metersnivån under toppen på Kiirunavaara) i de södra delarna av gruvan medan det finns malmreserver på djupet mot norr. För att fortsätta brytningen mot djupet krävs så klart att det finns malm, och ett sådant

beslut innebär också en investering i mångmiljardklassen.

Att bryta järnmalm på dessa djup är kostsamt och LKAB:s gruva i Kiruna är den största och djupaste underjordsgruvan för järnmalm i världen. De ska konkurrera med gigantiska dagbrottsgruvor i t.ex. Australien och Brasilien. Detta gör LKAB genom en hög produktivitet och genom att merparten av malmen förädlas till pellets som betalas bättre än fines eller styckemalm.

Moström talade i sitt pressmeddelande om bristen på borrhning mot djupet, och borrhning är så klart en förutsättning för att kunna säga om det finns malm eller inte. Till saken hör att LKAB under många år inte hade någon prospektering alls, utan i

princip bara bröt malm och borrhade upp malm för produktion.

Sedan några år finns dock en prospekteringsavdelning och prospekteringen kommer nu att intensifieras vilket ger hopp om att man ska hitta ny malm, både i Kiirunavara och på andra ställen.

Någon gång tar självklart malmen slut, men det dröjer nog många år om metallpriser och efterfrågan håller i sig. Brytningen får koncentreras mot norr på djupet och ytterligare prospektering kommer att ge svar på var det finns mineralisering och förhoppningsvis brytbar malm.

Pär Weihed, ordförande i Geologiska Föreningen, prorektor vid Luleå tekniska universitet
par.weihed@ltu.se



Till vänster: "Granatprisse" sålde granatkristaller vid Falu gruva till intresserade turister. Hans namn var Lindkvist och han bodde i Gruvriset strax intill gruvområdet. "Prisse" var ett på sin tid välbekant Faluoriginal, en oförarglig men oförbätterlig fyllbult.
Till höger: Den största (?) kända granatkristallen hittad i Falu gruva. Granaten är 17 cm i diameter och väger 6,2 kilo. NRM#LK7735.

Sveriges största granater? Del II

Med anledning av Åke Johansson m.fl. intressanta artikel om stora granatkristaller från Rö i Uppland och Gfs uppmaning att skicka in bidrag till tävlingen Sveriges största granater, så kommer här ett litet bidrag som rör de granater som hittats i Falu gruva.

STORA, MÖRKT RÖDA (kolombinröda) granatkristaller från Falu gruva är kända sedan åtminstone mitten av 1700-talet och är vanligt förekommande i äldre mineral-samlingar från 1700- och 1800-talen.

Granaterna utgörs huvudsakligen av almandin med låg manganhalt (spessartinkomponent) och bildar skolboksmässiga rombdodekaedrar. Enligt Törnebohms klassiska redogörelse för gruvans geologi så påträffades denna typ av granat i biotit-klorit-skölar, dvs. omvandlade kross-zoner i malmens direkt omgivande bergarter.

Nästan alla prover i Naturhistoriska riksmuseets samling är ospecifika vad gäller fyndortsuppgifter, men ett prov härstammar från västra delen av malmkroppen – Lovisagruvan som ligger strax väster om Stora stöten.

Den största uppmätta lösa kristallen i riksmuseets samling är 17 cm i diameter och väger 6,2 kilo. Det är obekant när exakt den kom till museet men det var i alla fall före år 1900. Vanligen är granaterna 5–10 cm stora och väger upp

till 2 kilo, och de bildar alltid vackra kristaller. Kristall-ytorna är mörka och anledningen till det är att de är täckta av en tunn hinna av klorit.

En intressant och rolig detalj är att under slutet av 1800-talet så kunde besökare vid Anfarten vid Falu gruva köpa större granatkristaller av en man som hette Lindkvist. I den lokala folkmunnen kallades han därför "Granatprisse". Falu gruva tillhör de äldsta turistmålen i Sverige så det fanns all anledning att sälja souvenirer redan då. ♦

Läs mer

Ström, S. 1951. Ur Slagg och roströk III. Dalarnas Hembygdskbok 1951, 67–98.

Törnebohm, A.E. 1893. Om Falu grufvas geologi. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 15, 609–690.

Jörgen Langhof är intendent vid Enheten för geovetenskaper vid Naturhistoriska riksmuseet, Stockholm. jorgen.langhof@nrm.se

POSTTIDNING B
Geologiska Föreningen
c/o Tellurit AB
Storgatan 11
972 38 Luleå

Geologiska Föreningen tackar sina sponsorer för 2018

Platinasponsorer



UPPSALA
UNIVERSITET



Stockholms
universitet

Institutionen för geologiska vetenskaper
Institutionen för naturgeografi

LULEÅ
TEKNISKA
UNIVERSITET

Guldsponsorer

NEW **BOLIDEN**



LUNDS
UNIVERSITET

LKAB



GÖTEBORGS UNIVERSITET



Storforsen i Pite älv är Europas största oreglerade fors med en längd på 5 km och en total fallhöjd på 82 m. Den fryser aldrig.



www.geologiskaforeningen.se