

GEOLOGISKT FORUM

Nr 98 ♦ 2018

*Vulkanism
i Victoria*

*Osannolik
kväverekation
löser problem*

Réunion ger
ledtrådar till
jordens inre

Havsvattnets
historia



GEOLOGISKT FORUM

Nr 98 ♦ 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: Stranden vid Joulter Cays på Bahamas. Här har Mikael och Hanna Calner provtagit ooider för att studera havsvattnets historia. Läs mer på sidan 4.
Foto: Mikael Calner.

Upplaga: 520 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

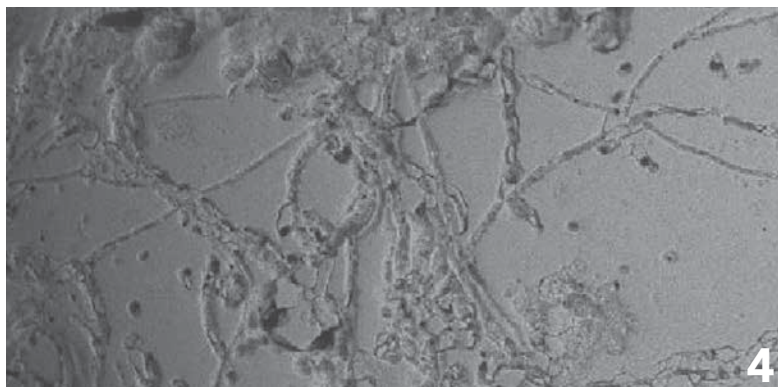
Tidningen publicerar sedan starten år 1994 populärvetenskapliga artiklar inom geovetenskapens alla områden.

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 september 2018.

Geologiska Föreningen

I DETTA NUMMER

- 3 Vatten och vulkaner
- 3 Glaspärlor daterar asteroidnedslaget som utrotade dinosaurierna
- 3 Jordlagren i södra Sverige kan vara äldre än väntat
- 3 Spektakulärt utbrott på Hawaii
- 4 Havsvattnets historia i ett sandkorn från tropikerna
- 10 Två legendariska klimatforskare tog emot årets Crafoordpris
- 12 Mawson och Davis
- 14 Vulkanism i Victoria – en aktuell historia
- 19 Utdöd sköldpadda med naturligt solskydd
- 20 Karna Lidmar-Bergström blir hedersdoktor i Göteborg
- 22 Föreningens årsmöte i Lund
- 23 Osannolik kvävereaktion kan lösa LKAB:s kväveproblem?
- 28 Réunion's bergarter avslöjar gamla delar av manteln
- 31 På gång
- 31 Hur blir Geologiska Föreningen en angelägenhet för alla geovetare i Sverige?



Vatten och vulkaner

I år kändes det som att vintern följdes direkt av sommar i Norrbotten. Snön försvann i rekordfart, trots att det fanns väldigt mycket av den varan.

Det här numret av Geologiskt forum präglas till stor del av vulkaner och vatten. Vi får ta del av en spännande studie av ooider i Bahamas där man hoppas ta reda på hur havsvattnets kemiska sammansättning varierat över tid med hjälp av ooidernas koncentriska lager.

Vi får också se hur man med hjälp av tillsats av lite fosfor till vattnet i Kiruna-

gruvans klarningsmagasin kan hjälpa bakterier att rena vattnet från kväve och minska utsläppen till naturen.

Vi får återigen följa Erik och Gabrielle på resa bland vulkaner. Denna gång tar de oss med till södra delen av Australien. Dessutom presenteras nya forskningsrön om manteln under den lilla ön Réunion, som ligger på en hotspot.

I medier (i alla fall de jag följer) skrivs också om vulkanutbrott på Hawaii som gjort att många människor tvingats lämna hus och hem. Och i morse rapporte-

rades om ett vulkanutbrott i Guatemala med flera döda. Det händer mycket på vulkanfronten just nu.

Annars finns det just nu på sommaren många tillfällen att ge sig ut i fält här i Sverige och njuta av lite geologi. Till nästa nummer av Geologiskt forum, som kommer ut i anslutning till Geologins Dag, planerar vi ett nummer med temat "geologi på din bakgård", dvs. lite tips på platser där man kan titta på intressanta geologiska företeelser.

Om du har tips på bra besöksmål är du välkom-

men att höra av dig till mig. Tipsa gärna också om bra publikationer som beskriver besöksmål. Min plan är att göra en sammanställning av vad som finns. ♦

Jeanette Bergman Weihed,
redaktör



Glaspärlor daterar asteroidnedslaget som utrotade dinosaurierna

Glaspärlor från ön Gorgonilla i Stilla havet utanför Colombia har använts för att datera det stora asteroidnedslag som utrotade bl.a. dinosaurierna. Pärlorna bildades vid nedslaget som bland annat orsakade tsunamier, jordskred, förkastningar och jordbävningar och ledde till massdöd av både djur och växter. De mycket välbevarade glaspärlorna gjorde det möjligt att åldersbestämma nedslaget till för 66,05 miljoner år sedan. Från Sverige deltog Vivi Vajda från Naturhistoriska riksmuseet i forskningsprojektet. ♦

Jordlagren i södra Sverige kan vara äldre än väntat

I en ny forskningsrapport från SGU presenteras belägg för att jordlagren i södra Sverige är äldre än vad man tidigare har trott och att den senaste inlandsisen endast påverkade de befintliga jordlagren och terrängformerna i mindre utsträckning. Det är Robert Lagerbäck som studerat fler än 200 lagerföljder i sand- och grustäkter söder om den mellansvenska israndzonen samt karterat området däremellan. Robert har tidigare presenterat liknande slutsatser för norra Sverige. Läs mer och ladda hem rapporten på www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2018/mars/jordlagren-i-sodra-sverige-kan-vara-aldre-an-man-tidigare-trott/ ♦



FOTO: U.S. GEOLOGICAL SURVEY

Spektakulärt utbrott på Hawaii

Det kan knappast ha undgått någon vulkanintresserad att Kilauea på Hawaii sedan början av maj har ett utbrott längs en riftzon på den östra flanken av vulkanen. Ett stort antal jordbävningar är kopplade till utbrottet.

Samtidigt som lava tränger upp ur sprickorna som bildats så sjunker nivån på lavasjön i kratern Halema'uma'u så mycket att grundvattnet har kunnat tränga in. Detta orsakade den 17 maj en serie explosioner och ett askmoln som nådde 30 km upp i luften. Många invånare har tvingats lämna sina hem på grund av vulkanutbrottet.

På volcanoes.usgs.gov publiceras löpande information om utbrottet och där finns också ett stort antal fina och intressanta bilder och videofilmer att titta på. ♦



Havsvattnets historia *i ett sandkorn från tropikerna*

TEXT OCH BILD: MIKAEL CALNER & HANNA CALNER

“AC or breeze?”, frågar taxichauffören. “Breeze”, svarar vi. Han vevar ner rutan och en härlig doft från Atlanten fläktar mot ansiktet. Taxin är en sliten minibuss. Vi famlar efter säkerhetsbältena men lyckas inte hitta något som fungerar. “Welcome to Andros”. Chauffören ler stolt. Vi kör ut från den minimala flygplatsen och följer Queens Highway norrut. Den kungliga motorvägen är egentligen en gropig grusväg som taxichauffören kör alldeles för fort på och ofta på fel sida av vägen för att undvika de värsta hålen. “Where are you going?” “To Forfar Field Station!”.

KAN HAVETS eller havsvattnets historia flera hundra år tillbaka i tiden ligga bevarad i ett sandkorn? Om den kan det, kan man då läsa denna historia?

Tänk er en alldeles vit strand på en subtropisk ö omgiven av ett turkost till azurblått hav som inte är mer än ett par famnar djupt så långt ögat kan se. Det är ingen vanlig strand där sandkornen oftast består av mineralen kvarts och fältspat. Dessa mineral finns inte på denna strand, för den ligger långt ut i havet och väl avgränsad från kontinenternas vittringsmaterial och flodsystem. Här består

sanden istället av kalkkorn, och de har inte transporterats hit utan de är bildade i det grunda havet just intill.

Med en lupp för ögat och på mage i sanden ser vi att kornen är nästan helt runda och lika stora. De liknar små, små ägg som får ett knappnålshuvud att framstå som obekvämt stort i jämförelse.

Den här artikeln handlar om just dessa sällsynta sandkorn. Sandkorn som vi åkt långt för att hämta och som vi nu analyserar i olika laboratorier vid Lunds universitet och utomlands för att lära känna dem i mycket stor detalj.

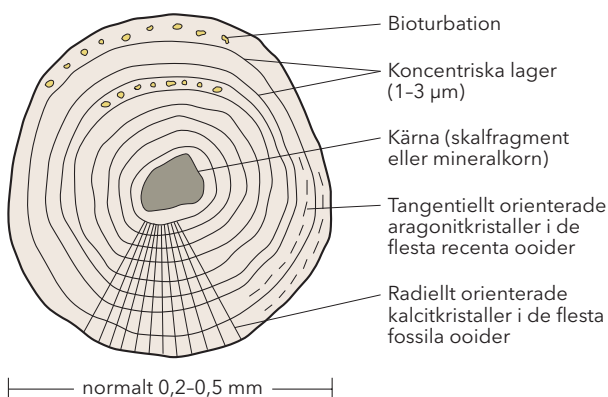
Platsen vi talar om är Joulter Cays på Bahamas och sandkornen kallas *ooider*, ett ord som stammar från grekiskan och som betyder ungefär ”äggsten” eller ”romsten”. Namnet kommer av kornets ofta lite ovala eller runda form och dess jämna och blankt vita yta.

Koncentriska lager

Ooider är normalt 0,2–0,5 mm stora och består av kalciumkarbonat (CaCO_3). De bildas idag genom oorganisk fällning av aragonit i grundhavsområden och längs stränder inom de subtropiska breddgraderna.



KARTOR: GOOGLE MAPS, LANDSAT / COPERNICUS, DATA SIO, NOAA, U.S. NAVY, NGA, GEBCO



Möjligen har bakterier en viktig roll som katalysator för fällningen.

Om man gör sig besväret att klyva ett av dessa mycket små korn på mitten framgår deras intressanta inre struktur. I mitten av kornet finns en kärna som normalt består av ett mikroskopiskt skalfragment. Kärnan omges av koncentriskt uppbyggda lager, *cortex*, som vart och ett inte är mer än ett fåtal mikrometer tjockt. Dessa lager bildas genom successiv fällning av aragonit från havsvattnet då kornet antingen befinner sig i suspension eller rullar runt på havsbotten. Över tid byggs därför en "trädningstruktur" upp.

I vår forskning utgår vi från att ooiden bildas i kemisk jämvikt med omgivande havsvatten och att den successiva fällningen därför utgör ett viktigt arkiv för havsvattnets kemiska sammansättning över tid. Det är vår hypotes och vi arbetar nu med att förstå ooidernas mikroskopiska

värld – att förklara dess strukturella uppbyggnad och dess kemiska sammansättning i stor detalj för att i slutänden möjligen påvisa hur arkivet kan användas.

Ooiders historia och betydelse

Ooider består alltså av kalk och när de genom diagenes ombildas till en fast bergart kallar vi den *oolit*, vilket alltså är en typ av oorganiskt bildad kalksten.

Ooliter har en lång och intressant historia – de äldsta kända ooliterna är nämligen arkeiska. Från prekambrisk tid, före utvecklingen av mer komplicerade livsformer med kalkskal, är ooliter relativt vanliga. Tillsammans med kalkbildande cyanobakterier och spontan oorganisk fällning av kalciumkarbonat direkt på havsbotten stod ooiderna för huvuddelen av karbonatproduktionen på Jorden.

Efter den kambriska explosionen, då mer komplext flercelligt liv etable-

Motstående sida: Hav och himmel möts vid Joulter Cays, ett vidsträckt grundhavsområde med omfattande bildning av ooider.

Överst: Bahamasplattformen är väl avskild från Nordamerikas fastland av det djupa Floridasundet och kan ses som ett naturligt laboratorium för integrerade studier kring kalkproduktion och havsvattnets kemi. I norra änden av Andros Island ligger Joulter Cays (vit ruta, förstörd ovan till höger) som är en av Jordens viktigaste platser för ooidbildning.

Ovan: Ooider består av en kärna omgiven av mycket tunna, koncentriska lager av aragonit. Lagren fungerar som ett naturligt arkiv för förändringar i havsvattnets kemi flera hundra år tillbaka i tiden. I ett ljusmikroskop framstår ooiderna som alldeles vita och blanka.

rades och organismer tog ett evolutionärt steg för att bilda kalkskal som skydd för predatorer, minskar ooiderna i betydelse. Under de senaste omkring 500 miljoner åren av Jordens historia är därför ooliter ovanliga.



Nya livsformer lade beslag på karbonatjonerna

Förklaringen som vi framför är att de joner som frigörs genom vittringsprocesser på land och som transporteras till haven för att tillsammans med karbonatjonen bilda kalciumkarbonat kom att användas av de nya livsformerna. En *biologisk* sänka för kalciumkarbonat hade skapats och det reducerade möjligheterna till oorganisk fällning av kalciumkarbonat.

Den marina biologiska sänkan för kalciumkarbonat kom att öka ytterligare i volym under mellanordovicisk tid då djurlivet i haven ökade kraftigt. Utvecklingen av kalkskaliga plankton i mesozoisk tid har utökat omfattningen av biologiskt producerad kalk ytterligare.

Ett indirekt stöd för hypotesen om "biologisänkan" finns i observationen att ooliter är vanliga direkt efter massutdöenden i Jordens historia, när skalbildande livsformer omvänt är starkt reducerade till följd av försämrade livsbetingelser. Då skapas ett överskott av karbonatbildande joner vilket främjar ooidbildning.

Så är fallet efter de två största massutdöendena i Jordens historia: de i slutskedet av tidsperioderna ordovicium och perm. På så vis kan förekomsten av utbredda ooliter i Jordens senare historia vara ett tecken på stressade ekosystem och ohälsa i samtida varma grundhavsmiljöer.

Ooliter idag

Idag bildas marina ooider bara inom ett fåtal områden på Jorden, bland annat i Shark Bay i västra Australien och längs stränderna i Persiska viken.

Men ingenstans är bildningen så omfattande som inom Bahamas grunda havsområden. Här finns världens tredje längsta barriärrev och här har fossilrik kalksten bildats åtminstone sedan juratiden. Resultatet är en tusentals meter mäktig lagerserie av kalk och en karbonatplattform som höjer sig långt över omgivande djupmarina miljöer.

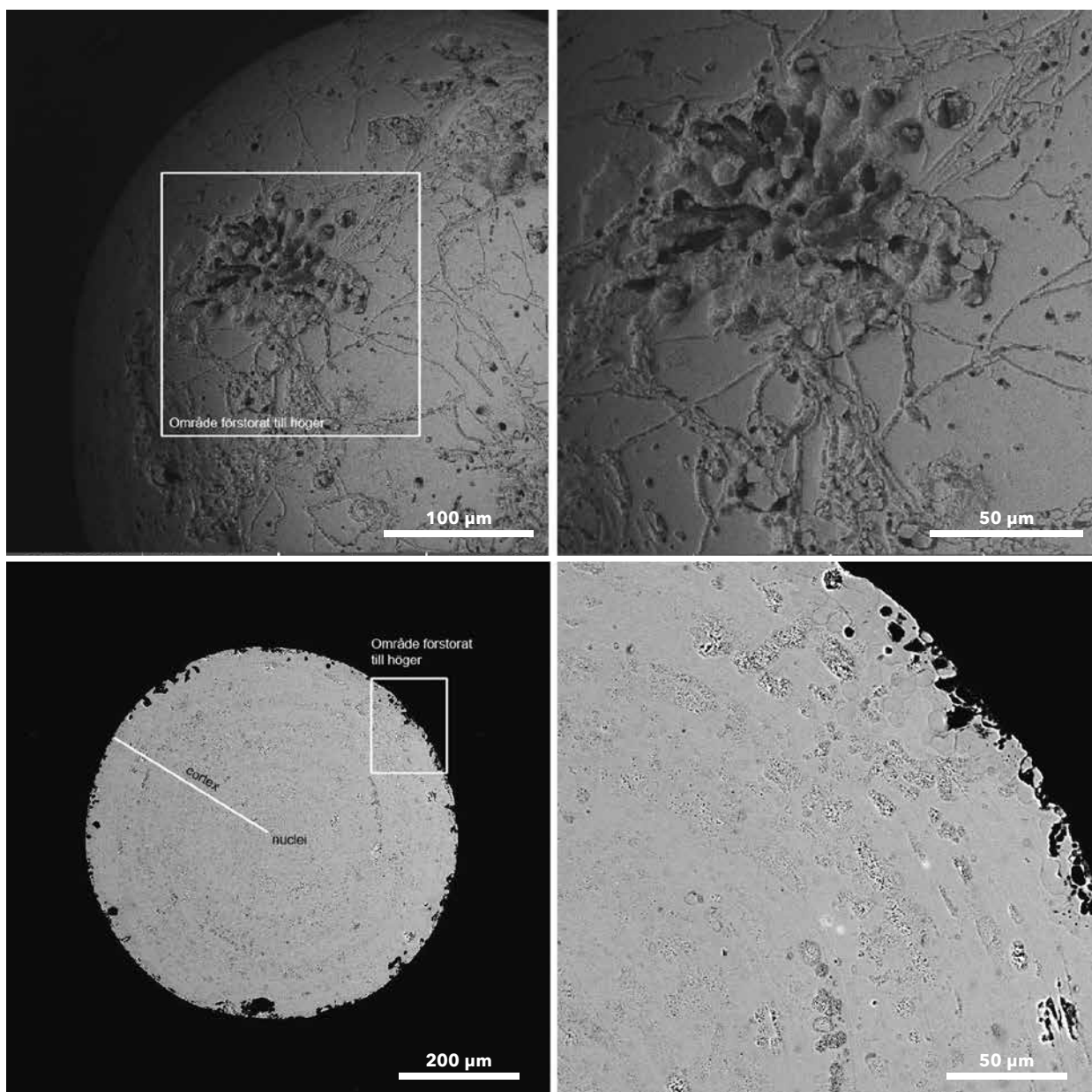
Plattformen utgör idag ett stort grundhavsområde som begränsas av Floridasundet i väster och Atlanten i öster. Från norr tränger en djupmarin arm in genom plattformen,

Ovan: Stranden vid Joulter Cays. Kalkstenen på bilden består uteslutande av ooider och har bildats i tidig holocen tid. Även strandsedimenten utgörs av ooider.

Nästa sida: Ooider från Joulter Cays i svepelektronmikroskopet. Kornen uppvisar snirkliga spår av endolitiska bakteriers aktivitet. De två övre fotografierna visar ooidens yta och de två nedre ett tvärsnitt. Notera den höga tätheten av spår i tvärsnittet och att de har "självläkt" genom att aragonit kristalliserat i dem. Eftersom ett enda hålrum kan korsa flera av ooidens lager och aragoniten i hålet är bildat senare än motsvarande lager riskerar spårerna att påverka kvaliteten i de spårämnesanalyser vi gör. För att få en bättre uppfattning över den totala hålrumsvolymen och dess fördelning har vi därför undersökt ooiderna med synkrotronljusomografi. De resultaten kan vi tyvärr inte visa här.

Tongue of the Ocean. Vattendjupen uppe på plattformen är normalt någon meter till maximalt tio meter i utkanterna och stora delar av plattformen torrläggs dagligen till följd av tidvattenrörelser.

Sedimentavlagringar nästan enbart bestående av ooider har acku-



mulerats i dessa miljöer sedan den senaste nedisningens maximala utbredning för omkring 21 000 år sedan.

Forfar och Joulter Cays

Vi bor just i kanten av ett tidvatten-delta på nordöstra Andros Island där Forfar Field Station har varit verksam som institution sedan 1970-talet. Här finns ett par hytter för övernattning, ett enkelt labb, en föreläsningssal och framför allt entusiastiska naturälskare som hjälper till att koordinera vårt fältarbete.

”She ain’t leavin’ us”, säger Carlos. Vi ser nog lite ängsliga ut. Tidvattnet är på väg ut och båtmotorn går ner i varv då propellern plötsligt slår i boten och vispar upp ett moln av ooider i vattnet, men sedan får motorn fart igen. ”She ain’t leavin’ us”.

Vi är långt ute på det azurblå havet. Känslan av att ingen kommer att hitta oss om motorn lägger av är påtaglig. Mobilmasterna är sedan länge utom räckhåll. Båten är liten och sliten, men Carlos är stor och trygg och styr båten med van hand. Han är uppväxt på havet och hans

jobb är att fånga trumpetsnäckor (conch), som i sina olika tillagningsformer närmast kan betraktas som Bahamas nationalrätt. Efter nästan en timmes båtfärd i hög fart, stiger vi iland på en öde strand. Fötterna landar i en mjuk, len vit sand. En sand av ooider.

Joulter Cays är en rad små och obebodda holmar norr om Andros Island som bildats under holocen tid då dyner av ooider har byggts upp över havsnivå och cementerats till porösa men väl sammansatta kalkstenar. Runt öarna är vattendjupen

mycket små och stränder såväl som havsbotten består nästan uteslutande av ooider.

Omkring fem kilometer öster om Joulter Cays passerar barriärrevet och utanför detta ökar djupen snabbt ned mot 2000 m i *Tongue of the Oceans* norra del. Det är när det relativt svala och kalciumkarbonatmättade oceanvattnet pressas upp på plattformen av tidvattenrörelser som det snabbt värms upp och aragonit spontant kristalliserar runt små korn i vattenrymden och bildar ooider.

Hur gamla är ooiderna?

En central fråga för vår forskningsuppgift är ooidernas ålder. Mycket få studier har adresserat denna fråga. Steven Beaupré och hans medarbetare vid Woods Hole och Massachusetts Institute of Technology har i en studie sekventiellt löst upp ooider från Highborne Cay på Bahamas samtidigt som de successivt daterat dem med kol-14-metoden. Deras resultat visar att de innersta lagren i ooiden kan vara så gamla som omkring 800 år.

Den genomsnittliga pålagringen skulle alltså inte vara mer än någon

mikrometer eller två per år. Den mikrostratigrafi eller tidsaxel vi ser i en ooid från Bahamas kan alltså spegla förändringar i havsmiljön tillbaka till omkring 1200-talet, vilket öppnar för möjligheten att studera den oorganiska delen av kolcykeln före och efter industrialismens födelse.

Det finns givetvis stora osäkerheter hur denna ålder varierar mellan olika områden och till och med mellan ooider från ett och samma prov. Ooidbildning sker inte heller kontinuerligt utan ooider kan ligga begravda i havsbottens sediment långa perioder och reaktiveras då strömmar eller stormar plötsligt omlagrar sedimenten.

Kronologin i cortex kan alltså inkludera långa avbrott och utgöra inkompleta stratigrafier. Steven Beauprés dateringar ger ändå en viktig fingervisning om vilka tidsavsnitt vi studerar och en kommande utmaning är att försöka reproducera dessa resultat på exceptionellt välbevarade ooider.

Ooidens mikrovärld

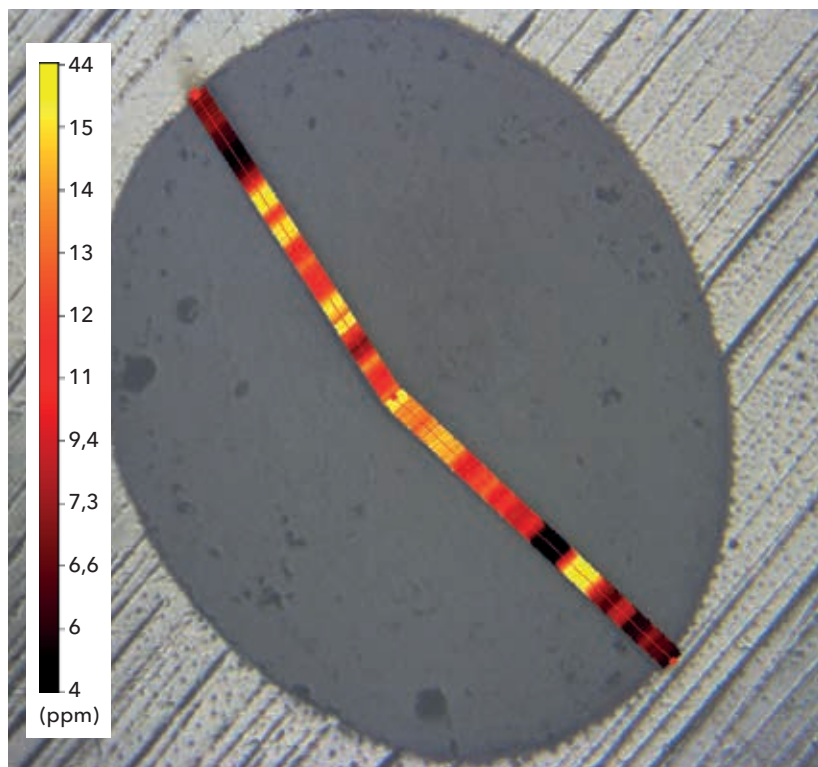
Utan att ha en mer precis uppfattning om ooidernas ålder har vi börjat

studera dem i syfte att bättre förstå deras strukturella uppbyggnad och kemiska sammansättning.

Inledande studier av ooidens yta med svepelektronmikroskop (SEM) visar att den inte är så jämn och fin som den ser ut vid första anblick i ett ljusmikroskop. Ytan är full av små hål och innehåller långa spår som förefaller vara systematiskt strukturerade. Spåren är resultatet av endolitiska bakteriers aktivitet och alltså en form av bioturbation. En påtaglig mikrobiell aktivitet är vanlig i de avlagringsmiljöer vi studerat så här långt.

Vi har gjutit in ooider i epoxy för att kunna polera dem ned till sin ekvator och på så vis studera tvärsnitt av kornen med hjälp av svepelektronmikroskopi. Det visar sig att cortex är fullt av hål som uppvisar en mer eller mindre systematisk fördelning.

Det vi ser i tvärsnittet är resultatet av endolitiska bakteriers aktivitet, och det är tydligt att den varit koncentrerad till vissa tidsperioder. Detta reflekterar sannolikt de perioder i ooidens historia då den varit inaktiv och alltså legat inbäddad i botten sedimentet. Många av de äldre



Till vänster: Figuren visar ett tvärsnitt av en ooid som är ca 0,5 mm i diameter. Färgerna visar tydligt variationen i den absoluta koncentrationen av barium genom ooidens cortex (gult reflekterar höga koncentrationer och svart låga koncentrationer). Variationen mellan den röda och gula färgen äger rum med någon mikrometers avstånd och representerar möjligen årtidsvariationer (dock knappt möjliga att se i detta fotografi). Längre, överlappande cykler spänner sannolikt över många tiotals till hundratals år och syns i fotografiet som de tjockare gula, röda och svarta banden. Liknande cykler syns i flera andra grundämnen som är inlagrade i kalken.



hålen har självläkt genom att aragonit återkristalliserat i dem.

Årsringar som naturliga klimatarkiv

För att kartlägga ooidens kemiska sammansättning använder vi samma tvärsnitt som vi beskrev ovan för att studera fördelningen av olika spårämnen med hjälp av laserspektroskopi (LA-ICP-MS). Med denna teknik kan vi kartlägga fördelningen av spårämnen på mikrometernivå och därför se hur den varierar från lager till lager i ooidens cortex.

De första resultaten bekräftar vår hypotes att ooider är naturliga arkiv för svängningar i havets kemiska sammansättning, även om det återstår att precisera orsakerna.

Som exempel uppvisar den absoluta koncentrationen av barium, uran och ett flertal andra grundämnen tydliga systematiska förändringar genom tiden. Ibland varierar koncentrationen mellan enskilda lager i cortex och ibland mellan grupper av lager.

Det betyder att information om havsmiljön på tidsskalor från ett år

till tiotals eller hundratals år finns bevarade i ooiderna.

Barium är till exempel en viktig proxy för produktiviteten i havsmiljöer och möjligen är variationen i bariumkoncentrationen i ooiderna kopplade till just variation i marin produktivitet. Men eftersom koncentrationen av barium även varierar med salinitet är det för tidigt för några tolkningar. Det förtydligar i alla fall vad ooider kan användas till inom den marina biologin, geologin och oceanografen.

Synkrotronljus

Vi håller för närvarande på att studera olika grundämnen som förekommer i låg koncentration i ooiderna. Vart forskningen leder oss vet vi inte ännu. Men de preliminära resultat vi har motiverar fortsatta studier.

En viktig uppgift framåt är att på ett mer precist sätt förstå uppbyggnaden av lager i ooiden och den rumsliga fördelningen av mikrobernas spår i lagerstrukturen eftersom deras position och diagenetiska

Ovan: På väg över Tongue of the Ocean. Skiftet i havsvattnets färg avslöjar övergången från djupmarina miljöer till ett grundhavsområde som begränsas av Jordens tredje största barriärrev. När det relativt svala havsvattnet snabbt värms upp i den grunda miljön innanför reven sker den oorganiska kalkfällningen som bildar ooider.

historia påverkar resultaten från laserspektroskopin.

För att avancera kunskaperna om ooider ytterligare använder vi synkrotronljus tomografi. Med denna metod kan vi skiktröntga ooiderna i mycket hög upplösning och skapa tredimensionella modeller över deras strukturella uppbyggnad. Kanske får vi anledning att återkomma med dessa resultat framöver! ♦



Mikael Calner är professor vid Geologiska institutionen. Hanna Calner är MSc i geologi och handledare. Båda vid Lunds universitet.
mikael.calner@geol.lu.se



FOTOGRAFER: MARKUS MARCETIC, KUNGLIGA VETENSKAPSAKADEMIEN.

Två legendariska klimatforskare tog emot årets Crafoordpris

Syukuro Manabe och Susan Solomon har spelat en dominerande roll inom klimatforskningen. De belönades i år med Crafoordpriset i geovetenskaper "för fundamentala bidrag till förståelsen av atmosfäriska spårgasers roll i jordens klimatsystem". Prisceremonin ägde rum den 24 maj på KVA i Stockholm och priset delades ut av Kung Carl XVI Gustaf.

Forskare har länge studerat atmosfären och jordens klimat men fram till slutet av 1950-talet var forskningen i första hand deskriptiv. Man gjorde mätningar av bl.a. solinstrålning, luftens temperatur, nederbörd och vegetationens utbredning. Frågan om hur atmosfärens dynamik hänger ihop med luftens kemiska sammansättning och jordens klimatutveckling kunde man då ännu inte på ett realistiskt sätt göra modeller av.

Ända sedan 1800-talet hade forskare undrat över i vilken utsträckning en ökning av koldioxid i atmosfären påverkar jordens temperatur. Mätresultat från en mätstation på Hawaii, som öppnades 1958, visade att mängden koldioxid i atmosfären ökade kontinuerligt och man hade misstankar om att människans utsläpp av koldioxid och andra växthusgaser var en möjlig förklaring till ökningen. Det blev därmed bråttom att nämare studera sambanden.

Datorer i klimatforskningens tjänst

Den japanska atmosfärfysikern Syukuro Manabe flyttade 1958 till National Oceanic and Atmospheric Administra-

tion's Geophysical Fluid Dynamics Laboratory i Princeton, USA. Han kom där att jobba med storskalig numerisk modellering med hjälp av den allra senaste datorteknologin. Tillsammans med kollegor började de göra fysikaliska beräkningar för att skapa en realistisk cirkulationsmodell för jordens atmosfär.

Några av de frågor man studerade var varför temperaturvariationen i atmosfären ser ut som den gör. Varför finns det en troposfär och en stratosfär? Varför är temperaturen olika på olika breddgrader och under olika tider på året?

Med modellens hjälp gick det att visa att atmosfärens innehåll av vattenånga och spårgaser som koldioxid och ozon är avgörande för dess temperatur och den vertikala temperaturskiktningen. För att få realistiska resultat behövde man dock också ta hänsyn till konvektion, vilket visade sig vara nyckeln till en genomgripande förståelse.

Man utvecklade sedan modellen genom att också ta hänsyn till luftens relativa fuktighet och tog ett ytterligare kliv framåt genom att beskriva återkopplingen mellan de

Prisceremonin ägde rum den 24 maj på KVA i Stockholm och priset delades ut av HKH Kung Carl XVI Gustaf.

Susan Solomon. Född 1956. Lee and Geraldine Martin Professor of Environmental Studies, The Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences (EAPS), Massachusetts Institute of Technology, MIT, Cambridge, MA, USA.

Syukuro Manabe. Född 1931. Senior meteorolog vid The Atmospheric and Oceanic Sciences Program (AOS), Princeton University, NJ, USA.

processer som sker i atmosfären och vid jordytan med havens rörelser och värmebalans. I och med detta såg den första riktiga klimatmodellen dagens ljus. Det här var redan 1969.

Då den första klimatmodellen beräknades hade datorn man använde en minneskapacitet på 0,5 Mb. Detta var i datateknikens framkant. Men trots att denna utvecklats starkt så är principerna för dagens klimatmodeller desamma nu som då.

Syukuro Manabe har en unik förmåga att formulera de rätta frågorna och sedan angripa dessa genom att på ett optimalt sätt förenkla frågornas matematiska beskrivningar och dra upp strategier för klargörande simuleringar med utnyttjande av tidens tillgängliga datorresurser. Han har under lång tid varit en världsledare i utvecklingen av fysikaliskt baserade numeriska klimatmodeller.

Fokus på molnen i Antarktis stratosfär

Upptäckten av ozonhålet över Antarktis var en avgörande händelse inom atmosfärsvetenskapen. I mitten av 1980-talet visade forskare i Storbritannien och USA oberoende av varandra att ozonlagret över Antarktis förtunnades varje vår, åtminstone sedan slutet av 1970-talet. Man visste inte vad detta berodde på, men man kände till att freon bryter ned ozon, men den nedbrytning som uppmättes var långt mer omfattande än vad som förväntades. Man kunde inte heller förklara varför det bara fanns ett hål över Antarktis.

Här kom atmosfärkemisten Susan Solomon att spela en nyckelroll. Hon började arbeta vid National Oceanic and Atmospheric Administration's Aeronomy Laboratory i Boulder, USA, 1981 och hennes förståelse av kemiska och fysikaliska processer och förmåga att kombinera teoretiska studier med experimentellt fältarbete kom att bli det som gjorde skillnad i arbetet med att lösa frågan om ozonhålets uppkomst.

Tillsammans med kollegor utvecklade Susan Solomon en ny hypotes. Denna utgick från att de iskristaller som bildas i molnen i stratosfären över Antarktis vid temperaturer lägre än -80°C kan göra att andra kemiska processer än de man tidigare utgått ifrån kan initieras. De föreslog att reaktioner som involverar också fasta och flytande faser kommer in i bilden.

När freoner (kolväten med en eller flera bundna fluor-, klor- eller bromatomer) från markytan når stratosfären frigörs freonernas klor. Där uppträder kloreten som de stabila formerna klornitrat och saltsyra som inte själva förmår bryta ner ozon. Susan Solomon föreslog att en del av dessa stabila klorföreningar på vintern binds i Antarktis

CRAFOORDPRISET

Crafoordpriset utdelas i samarbete mellan Kungliga Vetenskapsakademien och Crafoordska stiftelsen i Lund. Vetenskapsakademien ansvarar för att utse Crafoordpristagare.

De prisområden som utvalts är tänkta att komplettera Nobelprisens. Priset utdelas inom ett prisområde per år enligt den fastställda turordningen: År 1 – matematik och astronomi, År 2 – geovetenskaper, År 3 – biovetenskaper.

Priset utdelas också inom polyartrit men endast då en särskild utredning visat att sådana vetenskapliga framsteg gjorts att ett pris är motiverat.

Beslut om pristagare och anslagsmottagare fattas av Akademien under våren samma år som priset utdelas.

Tidigare pristagare i geovetenskap:

- 2014 Peter Molnar, USA
- 2010 Walter Munk, USA
- 2006 Wallace S. Broecker, USA
- 2002 Dan McKenzie, England
- 1998 Don L. Anderson och Adam M. Dziewonski, USA
- 1995 Willi Dansgaard, Danmark, och Nicholas Shackleton, England
- 1992 Adolf Seilacher, Tyskland
- 1989 James A. Van Allen, USA
- 1986 Claude J. Allègre, Frankrike, och Gerald J. Wasserburg, USA
- 1983 Edward N. Lorenz och Henry Stommel, USA

Källa: Crafoordstiftelsen.

stratosfäriska moln. Där aktiveras kloreten genom kemiska reaktioner som sker på ytan av iskristallerna i molnen och som ger klorgas.

På våren gör solljuset så att fotokemiska reaktioner startar vilket gör att klorgasen splittras till fria klorradikaler vilka sedan orsakar nedbrytningen av ozon. En fri klorradikal kan bryta ner 100 000 ozonmolekyler innan den lämnar stratosfären. Kloraktiveringen pågår sedan tills våren kommit så långt att temperaturen överstiger -80°C och de stratosfäriska molnen löses upp.

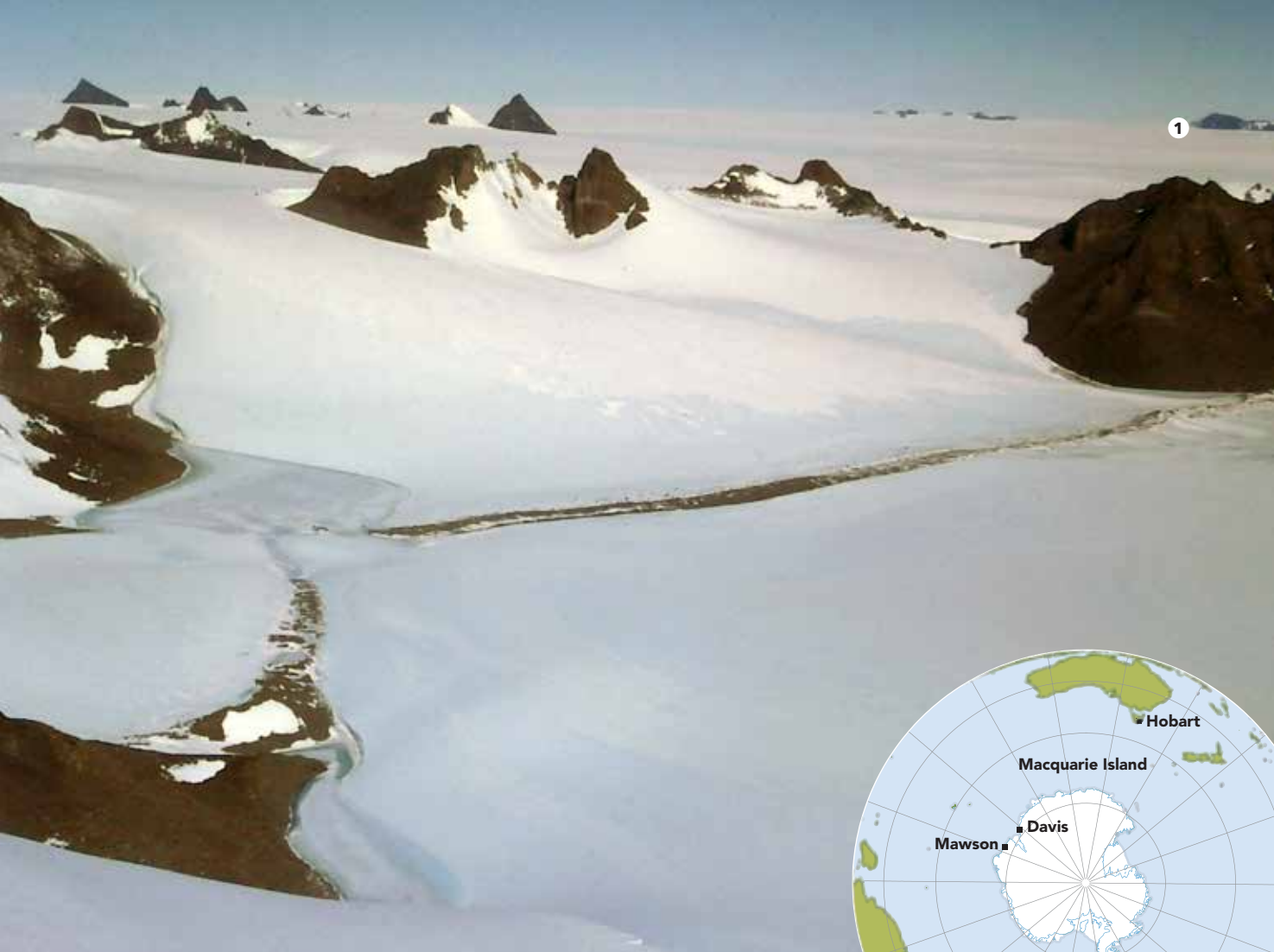
Expeditioner för att bekräfta hypotesen

1986 och 1987 gjorde forskarna två expeditioner till Antarktis för att försöka testa hypotesen. Man gjorde omfattande fysikaliska och kemiska mätningar i stratosfären med hjälp av flygplan och ballongsonder. De såg då att de lägre halterna av ozon som uppmättes i stratosfären från augusti till oktober sammanföll med låga halter av klornitrat. När ozonhalterna började stiga i oktober noterades de att halten klornitrat också ökade. Korrelationen mellan halterna av ozon och klornitrat bekräftade Susan Solomons hypotes.

De kemiska reaktioner som Susan Solomon föreslog utgör idag en av hörnpelarna för all modellering av stratosfärens kemiska sammansättning. I en annan tillämpning av teorin kunde Susan Solomon tillsammans med David Hofmann senare förklara hur också stora vulkanutbrott kan ge en påverkan på ozonskiktet genom utsläpp av svavelföreningar i stratosfären. ♦

Källa: Kungliga Vetenskapsakademien

<https://www.kva.se/sv/pressrum/pressmeddelanden/tva-legendariska-klimatforskare-far-arets-crafoordpris>



Mawson och Davis

Presentationen av "hundradollargeologen" i nr 97 av Geologiskt Forum väckte till liv gamla minnen från min vistelse i Antarktis 1987. Bland annat besökte jag då två av Australiens största och äldsta forskningsstationer på kontinenten, vilka är namngivna efter Sir Douglas Mawson (1882–1958) och hans kapten, John King Davis (1884–1967).

TEXT OCH BILD: JAN LUNDQVIST

SIR DOUGLAS FÖRETOG ett flertal expeditioner till Antarktis och är nog den siste av de klassiska "antarktishjältarna". Med tiden blev han geologiprofessor vid universitetet i Adelaide.

Davis hade stor erfarenhet av antarktisfärder. Han gjorde bland annat flera resor med Mawson och även med den berömde Sir Ernest

Shackleton. De båda stationerna, som drivs av ANARE (Australian National Antarctic Research Expedition), är belägna på Antarktis kust, dock inte ens i närheten av Cape Denison där Mawsons hus som beskrevs i Geologiskt forum nr 97 var beläget.

Davis Station, invigd 1957, ligger omkring 350 mil väster därom i det

stora isfria området Vestfold Hills, som ibland kallas Antarktis riviera. Stationen kan hårbärgera ett hundratal forskare sommartid och på vintern några tiotal.

I det extremt kalla ökenklimat som råder där avdunstar glaciärisen delvis direkt, utan att smältvatten bildas. Den morän som då bildas kallas sublimationsmorän och den är helt opå-

Bild 1: Landskap innanför Mawson. Mellan nunatakkerna sticker en moränrygg upp ur isen.

Bild 2: Sublimationsmorän vid Sørsdal Glacier, en utlöpare från inlandsisen i Vestfold Hills. Den har behållit den lagring den hade i isen, men är nu "hoptryckt".

Bild 3: Den flacka urbergsytan i Vestfold Hills genomsetts av flera generationer av diabasgångar.

Bild 4: Mawson Station. I bakgrunden sticker ett par nunatakker upp ur inlandsisen.

Bild 5: "Gatubild" från Davis Station 1987.

verkad av vatten och har bibehållit de strukturer och den kornstorleks-sammansättning som den hade i isen. Moränen är utomordentligt porös och faller lätt ihop vid beröring.

Den väl blottade proterozoiska, metamorfa berggrunden genomsetts av flera generationer av diabasgångar som har åldrar mellan omkring 2,4 och 1,4 miljarder år.

Den något mindre stationen Mawson är belägen ytterligare drygt 100 mil längre västerut, på ett isfritt kustparti av charnockit i det som kallas MacRobertson Land. Denna station invigdes 1954 och är därmed

Australiens äldsta permanenta bas på kontinenten.

Innanför kusten är landet rikt på mindre bergområden och nunatakker kring vilka moränformer och avsmältningsprocesser kan studeras. Morän högt uppe på bergsidorna vittnar om att inlandsisen tidigare varit avsevärt tjockare. ♦

FOTO: LENA LUNDQVIST.



Jan Lundqvist, professor vid Stockholms universitet 1980–1993.

jan.lundqvist@geo.su.se





Vulkanism i Victoria – en aktuell historia

TEXT OCH BILD: ERIK STURKELL OCH GABRIELLE STOCKMANN

NÄR VI RESTE till Australien i oktober 2017, vår första vistelse i den delen av världen, hade vi uppfattningen att vi kom till en gammal kraton där man kan finna de äldsta zirkonerna och där den magmatiska aktiviteten är obefintlig.

Det första vi gjorde var att besöka området kring Mt. Macedon med Hanging Rock i delstaten Victoria och vandra i de nästan labyrintiska klippformationer som finns där.

Hanging Rock blev känt genom Joan Lindsays spänningsroman *Picnic at Hanging Rock* som gavs ut 1967, och Peter Weirs film med samma

namn som hade premiär år 1975. De scener som utspelades vid Hanging Rock spelades in på plats. Denna film har ingen geolog bland rollerna men är ändå spännande. Filmen (och boken) handlar om en geologisk formation där skolflickor och deras lärarinna från en skola i Woodend på ett mystiskt vis försvinner bland klipporna.

En nygjord version av *Picnic at Hanging Rock* hade premiär 25 maj som en serie i sex avsnitt. Den finns tillgänglig på amazon.com.

Nu är Hanging Rock-området ett naturreservat och ett populärt pick-

nickområde, trots händelserna som beskrevs i boken och filmen. Här hålls också konserter och bl.a. har Bruce Springsteen, Rod Stewart och Leonard Cohen varit där.

Hanging Rock har varit en viktig plats för aboriginerna och var mötespunkten för fem olika aboriginstammar. Vid klippan hölls bland annat initieringsceremonier och förhandlingar.

Första geologiska kartan

De första europeer som dokumenterade området var William Hovell och Hamilton Hume som passerade 1824.

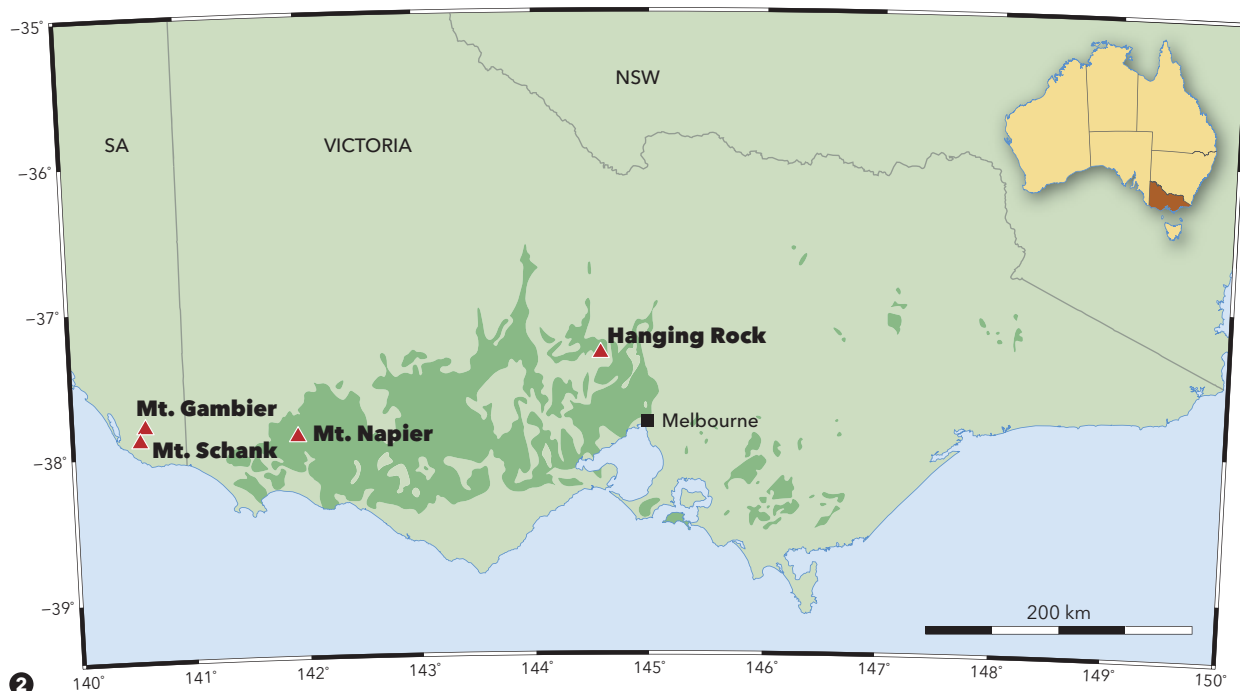
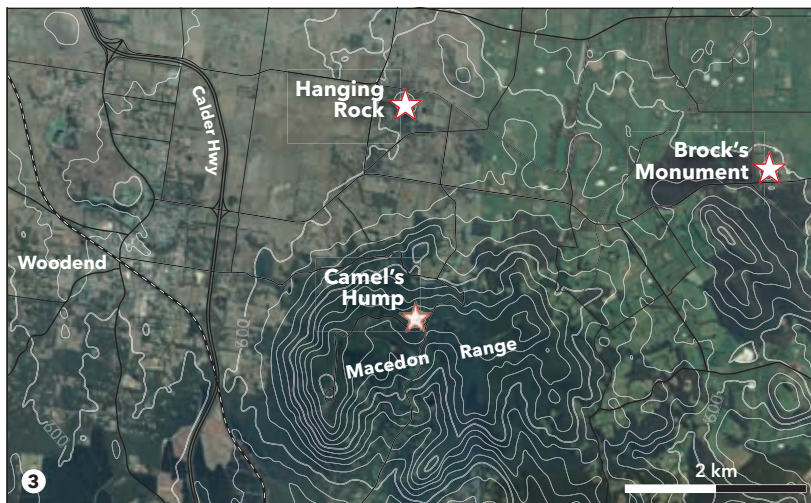


Bild 1: Fina och välbevarade taggar på toppen av Hanging Rock. I fjärran ser man den andra trakytvulkanen i området, Camel's Hump.

Bild 2: Utbredningen av kenozoiska vulkaniska ytbergarter (mörkgrönt) i delstaten Victoria. Den yngsta vulkanismen finns väster om Melbourne. Längst i väster i Victoria och i den östligaste delen av South Australia finns i dag den mest recenta vulkanismen. Det senaste vulkanutbrottet skedde för ungefär 5000 år sedan i Mt. Schank.

Bild 3: Området kring Hanging Rock och Macedon-massivet med de tre trakytiska vulkanerna markerade. I den lilla staden Woodend, där järnvägen passerar norrut, låg den flickskola som de försvunna eleverna gick i. Trentham ligger 19 km väst om Woodend. Höjdd kurvorna har 40 meters ekvidistans.



BILDER ©2018 DIGITALGLOBE, CNES / AIRBUS, KARTDATA ©2018 GOOGLE

Den första geologiska kartan över området gjordes år 1856 av Norman Taylor, men det var inte förrän år 1859 som man började kalla formationen Hanging Rock efter den karaktäristiska hängande stenen.

Området blev tidigt ett populärt besöksmål. Victorias regering köpte därför redan år 1870 de första 28 hektaren mark strax öster om Hanging Rock och några år senare ytterligare 29 hektar som inkluderade själva bergsformationen.

Kängurur på galoppbanan

År 1876 byggdes en galoppbana som än idag är känd för det årliga loppet *The Hanging Rock Cup*. Ett tilltagande problem under tävlingarna är dock att det finns omkring 300 kängurur på och omkring galoppbanan. Man försöker att mota alla kängurur in i ett annat hägn men det är inte lätt och det händer därför att tävlingen ställs in. Vissa äldre kängurur har dock lagt racinglivet bakom sig och håller sig nu enbart till caféet i närheten.

Aktiv vulkanism!

Då vi insåg att vulkanismen som bildade Hanging Rock endast var 6,5 miljoner år gammal väcktes vår nyfikenhet om Victorias vulkanism. Detta ledde till att vi redan andra dagen köpte den 842 sidor tjocka boken *Geology of Victoria* på Melbourne Museum. Expediten i museets affär var nästan i chock när han hade sålt en sådan tegelsten om geologi.

Boken är mycket bra och ger utförlig information om delstaten Victo-



LAVATAGG (LAVA SPINE)

Lavataggar har två karaktäristiska drag: de bildas av magma som stiger upp ur en lavadom eller krater, och magman är tillräckligt avsvalnad för att den ska behålla sin form.

Det är trycket underifrån vulkanen som gör att den avsvalnade och trögflytande magman kan tvingas uppåt vilket gör att en lavatagg bildas.

En lavatagg kan vara från några få meter till hundratals meter bred och flera hundra meter hög.

En av de mer kända lavataggarna (bilden nedan) är den som växte ur domen på vulkanen Mt. Pelée på ön Martinique år 1902. Under hösten det året växte en tagg ur vulkandomen som blev 340 meter hög och omkring 100 meter bred innan den kollapsade året därpå.



FOTOGRAF OKÄND, 1902.

Bild 4: Erik under klippblocket som är anledningen till att vulkanen har fått namnet Hanging Rock.

rias tämligen komplicerade geologiska historia. Vi koncentrerade oss på kapitlet om den kenozoiska vulkanismen och speciellt de senaste 10 miljonerna år.

Jakten på den unga vulkanismen ledde oss västerut och in i delstaten South Australia. Där besökte vi Mt. Gambia och Mt. Shank, vilka är de yngsta vulkanerna och som hade de senaste utbrotten för omkring 5 000 år sedan. Detta är aktiv vulkanism och vår bild av Australien som endast en gammal inaktiv kraton ställdes på kant.

Kenozoiska vulkaner

Den kenozoiska vulkaniska aktiviteten i sydöstra Australien är koncen-

trerad längs en öst–västlig zon som är 100–150 km bred (bild 2). I öster syns inte längre så många spår av den vulkaniska aktiviteten eftersom denna är äldst i öster och har genomlidit omfattande erosion och begravnin-

Ju längre mot väster man kommer desto yngre är den vulkaniska aktiviteten. Den yngsta vulkanismen finns i den sydöstra delen av South Australia med vulkanen Mt. Schank som är daterad till 5 000 år. Vulkanen Mt. Napier (bild 2) är den senast aktiva vulkanen i Victoria och den är 7 500 år gammal enligt uppgift.

I den västra delen från Melbourne till Victorias västra gräns är det paleozoiska underlaget exponerat medan det är överlagrat av

kenozoiska bergarter längs kusten i en omkring 100 km bred zon. Den vulkaniska aktiviteten verkar ha skett oberoende av om underlaget varit exponerat eller begrävt under sediment.

Ung vulkanism har också förekommit längs Australiens östkust från Queensland till Tasmanien. Ett exempel är basaltprovinserna McBride i Queensland där den yngsta vulkanismen (i Kinrara) är daterad till 50 000 år.

Modeller för vulkanismen

Orsaken till vulkanismen i östra och sydöstra Australien, inklusive Tasmanien, har varit och är omtvistad. Flera förklaringar har presenterats i

sydöstra Australien: bland annat en mantelplymliknande uppströmning i astenosfären; konvektionsceller orsakade av litosfärskantens rörelser; samt stress orsakad av storskalig tektonik. Med andra ord orsaken till den pågående vulkanismen har inte en entydig förklaring.

Under tidsperioden som sträcker sig 10 miljoner år tillbaka har vulkanismen i Victoria framför allt varit basaltisk. Den felsiska vulkanismen är försumbar med avseende på volym men har förekommit under tre huvudperioder: för 8–5 miljoner år sedan, för 2,5–1 miljoner år sedan och yngre än 1 miljon år.

Macedon-Trenthamprovinsen

Det äldsta intervallet med felsisk vulkanism finns i Macedon-Trenthamprovinsen. Denna domineras visserligen av basalter men är unik genom att den enda felsiska vulkanismen under tertiärtiden finns här. Dessa felsiska vulkaniter utgörs av traktyter med nefelin eller kvarts samt benmoreiter som bildar små volymer av flöden, domer eller taggar (spines).

Samtliga är koncentrerade till området runt Mt. Macedon.

Vulkanutbrotten i Macedon-Trenthamprovinsen var troligen små och kortlivade, och de produkter som bildades hade en karaktäristisk sammansättning för varje enskilt utbrott. Detta gjorde att också formerna som lavan bildade varierar mellan de olika utbrotten.

Taggar, pluggar och domer

Traktyter bildar till exempel domer med branta sidor och vulkanpluggar (necks), men även taggar (spines) förekommer ibland. På berget Macedons sida reser sig en dom som är 100 meter högre än den rygg den sitter på. Denna dom har fått namnet *Camel's Hump* och består av en trakyt som innehåller anortoklas.

I östra änden av Macedonryggen finns en tredje trakytvulkan *Crozier's Rock* eller *Brock's Monument*. Från denna dom har flera små lavaflöden utgått och dessa har nått som mest 500 m från den aktiva kratern.

Men den troligen mest kända vulkanen i Macedon-Trenthamprovin-

sen är *Hanging Rock*. Denna består av en mängd taggar som är upp till trettio meter höga och oftast avslutas med en spets. Taggarna står tätt och skapar en labyrint, men ingen enskild tagg är särskilt mycket högre än sin granne.

De olika familjer av taggar som bildar *Hanging Rock* har troligen trängt in i en askkon och inte nått över markytan eftersom de är så välbevarade och inte har kollapsat.

Orsaken till att taggarna inte nådde markytan var troligen att magman var mycket trögflytande och att trycket inte var tillräckligt stort. Sammansättningen är 58 viktprocent SiO_2 , 6,4 viktprocent Na_2O och 5,3 viktprocent K_2O , vilket placerar bergarten högt i traktytfältet.

Idag är *Hanging Rock* väldigt likt Bart Simsons huvud (jämför med bilden på nästa uppslag).

Bild 5: The National Art Gallery of Victoria i Melbourne är helt byggd av basalt eller *blue stone* som den kallas i Australien.





6



7

Basalt som byggnadssten

Då européerna bosatte sig i området kring vad som skulle bli Melbourne började jakten på byggnadssten. Man provade ett flertal bergarter och koncentrerade sig snabbt på några få, nämligen yngre basalter samt tertiära och siluriska sandstenar.

På 1860-talet hade basalten blivit den dominerande bergarten för byggnadssten. Den kunde brytas på många

platser nära Melbourne, men hus byggda av basalt, eller ”blue stone” som den kallas lokalt, finns också på flera platser. Nästan alla trottoarer och all kantsten är av basalt. Framför allt i de äldre husen har basalt använt till väggarna, men även en del nyare hus har fått fasader av basalten, t.ex. *National Art Gallery of Victoria* som öppnade 1968. Denna imponerande byggnad är helt uppförd i basalt.

Bild 6: Vulkanen Hanging Rock reser sig med sina taggar 100 m över slätten omkring. Framför den ligger galoppbanan.

Bild 7: Kängurun Skippy är en äldre dam på omkring 14 år som bäst tycker om att hålla sig nära caféet i Hanging Rock där hon kan vila sig i solskenet – helt obekymrad om övriga cafégäster.

När vi reste till Australien trodde vi att vi skulle på vulkan- och basaltfri semester. Men slutsatsen är väl att det inte går att fly undan basalter. ♦

Läs mer

Birch, W.D. (red.) 2003. *Geology of Victoria*. Geological Society of Australia Special Publication 23, 842 sidor.

McConville, C. 2017. *Hanging Rock - a history*. Friends of Hanging Rock Inc., 266 sidor.



Erik Sturkell, Geologiska institutionen vid Göteborgs universitet. Gabrielle Stockmann, Institute of Earth Sciences, Islands universitet.

Utdöd sköldpadda med naturligt solskydd

Jag har sedan barnsben hört sägas otaliga gånger att ljushåriga och ljushyllta personer är mer känsliga för solen och lätt bränner sig. Som mörkt mörkhårig skandinav kan jag emellertid av egen erfarenhet meddela att man mycket väl kan ha den hårfärgen och ändå anlägga en ilsket röd hudton efter endast kortvarig exponering i solen.

MEN ÄR DET BARA vissa av oss människor som har oturligt klen pigmentering och inte tål solens UV-strålning? Hur är det egentligen med (andra) djur? Och hur var det med utdöda djur och vet vi ens något om deras solvanor?

Våra animaliska kompisar här på jorden varken kan eller behöver förlita sig på löjeväckande dyrt, artificiellt solskydd i form av olika krämer. Jag som då råkar ha urusel pigmentering, älskar dessutom att vara i solen och avskyr att bli kletig om händerna, så sommaren ställer till vissa problem (måhända av typisk ilandskarakter). Nu ska ju trots allt inte den här berättelsen handla om mig och "mitt sommarlov", utan om en avlägsen och sedan länge utdöd släkting och dess inneboende förbluffande historia som nyligen nystades upp.

Min gode vän och institutionskollega, docent Johan Lindgren, publicerade 2017 en uppmärksammat studie i tidskriften *Scientific Reports*. Tillsammans med ett internationellt forskarlag hade Johan undersökt ett häpnadsväckande, och mycket näpet, fossil in i minsta detalj (bokstavligen talat). Det rör sig om en 54 miljoner år gammal sköldpaddsunge från Furformationen på norra Jylland i Danmark. Lagerföljden klassas som en så kallad Lagerstätte, vilket är geologiska lokaler med ovanligt god fossilbevaring. Eftersom Lagerstätte-fossil ofta har rester av bevarad mjukvävnad, exempelvis skinn, hud, hår och interna organ, har de mycket biologisk information och fungerar således som ovanligt bra backspeglar mot urtiden. Det är alltså från den unika

och mångfacetterade faunan i Furformationen som sköldpaddan härrör.

Genom att utnyttja komplicerad och toppmodern analysutrustning så lyckades forskargruppen hitta mikroskopiska – till och med molekyllära – rester i mjukvävnad som fortfarande fanns bevarad i fossiliet. Likt rättsläkare med ovanligt åldersdigna och förstenade "patienter", togs vävnadsprover från lille Skelman (som på danska för övrigt heter Ole Obfinder!) liggandes på det paleontologiska dissektionsbordet. Bevarad (men alltså numera hård) mjukvävnad fanns både i den pigmenterade delen av den skyddande ryggskölden och i den direkt underliggande huden.

Det är en svindlande tanke att man kunde identifiera ett flertal olika biomolekyler – bland annat rester av betakeratin, eumelanin, hemoglobin och tropomyosin – och som kan kopplas till själva djuret, trots att det legat i sin grav under 54 miljoner år och därmed haft gott om tid att utsättas för omvandlande och nedbrytande biokemiska processer. Inte nog med att denna nya molekyllära paleontologi ställer kunskapen om vad ett fossil egentligen är och vad som kan bevaras på ända, den berättar i detta fall dessutom en fascinerande historia om djuret i fråga under dess levnad.

Om vi nu fokuserar på eumelanin så är det ett pigment som ger mörkare färg även i våra egna människokroppar (trots då att min egen dito är ett eländigt exempel – allt mitt pigment tycks sitta i håret). Det undersökta fossiliet visade att sköldpaddsungar var färgade på samma sätt för 54 mil-



FOTO: JOHAN LINDGREN.

Den näpet attraktiva, 10 cm långa sköldpaddsungen (av arten *Tasbacka danica*) från Danmark. Fossiliet visade sig innehålla ett brett spektrum av biomolekyler, även 54 miljoner år efter att individens öde förseglades!

joner är sedan som de är idag! Precis samma mörka ovansida kantad av en ljus bård kan ses både för blotta ögat på själva fossiliet och påvisas i molekyllär form. Den här färgsättningen är en anpassning som gör djuren naturligt skyddade mot solens skadliga UV-strålning (det vill säga helt utan att behöva applicera kostsam och kladdig kräm). Inte nog med det, sköldpaddorna kan nämligen också utnyttja det mörka skinnets för att bli varmare och på så vis växa till i snabbare takt, vilket i sin tur gör att de lämnar det utsatta juvenila stadiet fortare. Fenomenet förekommer bland många organismer, allt från däggdjur och ormar till insekter, och kallas för adaptiv melanism eftersom det just handlar om att djuren utnyttjar färg i ett överlevnadssyfte.

Fur-sköldpaddan är alltså inte bara en "livlös" – om än attraktiv – förstening. Det står för mig helt klart att skarpa hjärnor i ljuv harmoni med sofistikerad analysutrustning har förmågan att omvandla stendöda ting till nya fascinerande insikter om ett sedan länge svunnet liv. ♦



Mats E. Eriksson, professor i berggrundsgeologi vid Geologiska institutionen på Lunds universitet.
mats.eriksson@geol.lu.se

Karna Lidmar-Bergström blir hedersdoktor i Göteborg

Den 19 oktober promoveras Karna Lidmar-Bergström till hedersdoktor vid Naturvetenskapliga fakulteten, Göteborgs universitet. Karnas engagemang för kunskapen om geomorfologi är välkänt och hennes bidrag till förståelsen av den Baltiska sköldens geomorfologiska utveckling är stort.

TEXT OCH BILD: MATS OLVMO OCH MARK D. JOHNSON



Karna har i sin forskning fokuserat på förhållande mellan urbergsytan och det sedimentära berggrundstäcket från tiden för 540 miljoner år sedan och framåt. Hon har utvecklat en metod, stratigrafisk landskapsanalys, genom vilken urbergsytan kan analyseras och slutsatser dras om den fanerozoiska utvecklingen av Baltiska skölden.

Genom att analysera topografiska profiler och höjdkurvor och kombinerat det med den sedimentära lagerföljden, vittringsrester och landformer har hon identifierat och daterat peneplan, vilket är av stor betydelse för att förstå den tektoniska utvecklingen av sköldområden. Hennes forskning utgör därigenom en viktig länk mellan geomorfologi och geologi, särskilt tektonik.

Karnas forskning har också visat att rester av preglacial djupvittring är vanligare i Sverige än vad man tidigare trott. Forskningen avslöjar att mesozoisk vittring karaktäriseras av djupa, leriga, kaolinitiska saproliter, medan den yngre (tertiär till tidig pleistocen) vittringsmanteln är tunnare, grusig och innehåller endast små mängder fint material. Den utbredda förekomsten av preglaciala vittringsrester har konsekvenser för uppskattningar av hur mycket det kvartära istäcket påverkade underlaget.

Karna har sedan lång tid samarbetat med Institutionen för Geovetenskaper vid Göteborgs universitet, genom



handledarskap och forskningssamarbete. Hon fick sin doktorsexamen i Lund 1982, blev docent 1990 i Lund och professor 2000 i Stockholm. Hon är medlem av Kungliga Vetenskapsakademien sedan 2004.

Exkursion till Västergötland och Bohuslän 3–4 maj 2018

Redan innan utnämningen till hedersdoktor hade en exkursion rörande landskapets utveckling med flera aktiva forskare planerats av Karna.

Karna Lidmar-Bergström har ägnat sitt forskningsliv åt att vidareutveckla den kunskap som svenska geologer och geografer har haft rörande landskapets utveckling under fanerozoikum. Med sin forskning har hon visat att de storskaliga landformerna som vi idag ser i det svenska urberget formats genom perioder av urbergets upphöjning, vittring och erosion avbrutna av perioder med subsidens och sedimentära täcken som skyddat dessa erosionsytter. Den så kallade Sydsvenska domen har varit ett modellområde för denna forskning.

Denna kunskap är högst väsentlig och betydelsefull inte minst när man till exempel vill försöka bedöma de kvartära nedisningarnas erosion och omformning av landskapet. På detta sätt formades tanken kring att ordna en fältkonferens för att diskutera och debattera kring landskapets processer och historia med speciellt inbjudna forskare.

Den 3–4 maj i år arrangerade Karna och en av oss (Mats) en exkursion till några nyckellokal för tolkningen av de storskaliga landformernas bildningssätt och ålder. Temat för exkursionen var betydelsen av observationer och förståelsen för skala när vi studerar landformer.

Exkursionen började vid Nordkroken norr om Varö och avslutades på Ramsvikslandet söder om Hunnebostrand. Sammanlagt besöktes nio lokaler under de två dagarna.

Under första dagen deltog också Thomas Eliasson (Sveriges geologiska undersökning i Göteborg) som extra exkursionsledare och pratade om huvuddragen i Västsveriges geologi. Vid Nordkroken och Sandhem presenterade Adrian Hall (från Naturgeografiska institutionen

vid Stockholms universitet) preliminära resultat från en analys av det subkambriska peneplanets detaljutformning i södra Vänerområdet.

Lokalerna på Sotenäshalvön utgjorde en bas för diskussioner kring djupvittringens betydelse för de storskaliga landformerna och den glaciala omformningen av det Bohuslänska landskapet.

Gruppen som deltog i exkursionen var liten men innehöll mycket specialkompetens inom olika forskningsfält. Utöver de glacialmorfologer och kosmogendateringsexperter som arbetar med glacialerosion deltog medlemmar av en forskargrupp från GEUS i Köpenhamn som arbetar med termokronologi (AFTA) i kombination med den av Karna utvecklade metodiken för landskapskronologi (stratigrafisk landskapsanalys).

I en mycket öppen och trivsamt andas fördes intressanta och livliga diskussionerna på varje lokal. Det strålande vädret bidrog också till den goda stämningen. ♦



Mats Olvmo är universitetslektor och Mark Johnson är prefekt, båda vid Institutionen för geovetenskaper på Göteborgs universitet.
matso@gvc.gu.se

Bild 1: Karna Lidmar-Bergström.

Bild 2: Karna och exkursionsdeltagarna på det subkambriska peneplanet vid Nordkroken. Subkambriska peneplanet kan följas i urbergets toppytter, som stiger mot söder.

Bild 3: Djupvittringsmantlar bestämmer urbergsytans utseende, men de är i allmänhet borta. I Bohuslän finns rester i väl skyddade lägen, som här vid Brygge.

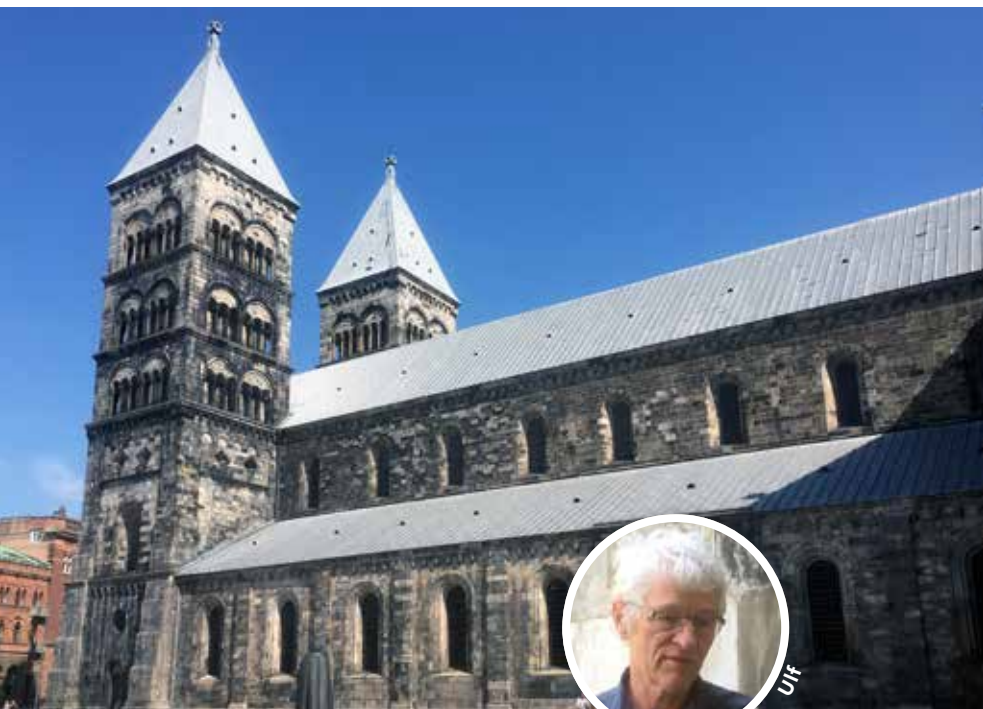
Bild 4: Grosshamn, Ramsvik. Granitens bankningsstrukturer (uppsprickning parallellt med överytan, som förmodats bildats genom tryckavlastning) bestämmer ytformernas utseende. I bakgrunden bergkulle på Norra Ramsvik.

Bild 5: Bergkullen på Norra Ramsvik. Bankningen är avgörande för urbergsytans utseende. Bankningen syns i den till höger belägna klov, vertikal form, som bildats genom vittring med åtföljande erosion. Glaciala spår finns dessutom överallt i rundhällar, räfflor och jättegrytor.



Föreningens årsmöte i Lund

Höörsandsten i domkyrkans fasad och en geologiprofessors passion för både fossil och hårdrock. Det var vad som nävarande medlemmar bjöds på i samband med att föreningen hade sitt årsmöte i Lund den 26 maj.



LUND VISADE SIG från sin allra soligaste sida när några av föreningens medlemmer samlades utanför Lunds domkyrka för att få sig till livs kunskap om domkyrkans byggnadssten och allmänna historia. Vår eminenta guide var Ulf Sivhed som studerat bland annat hur och varifrån den sten som använts i domkyrkan har fraktats.

Den största delen av byggnadsstenen består av Höörsandsten. Detta är en jurassisk sandsten som har brutits i flera stenbrott, bl.a. i närheten av Ringsjön. Men av de ursprungliga fasadstenarna är det knappast några delar kvar från den tid när kyrkan ivigdes 1145. Stenen vittrar och har successivt bytts ut. Några av de äldsta fasadstenarna är från 1500-talet.

Kryptan är den del av domkyrkan som har förändrats minst över tiden. Efter en brand år 1234 ödelades stora delar av Domkyrkan och den enda del som klarade sig oskadd var kryptan.

Även här är det mesta av stenen Höörsandsten. Här finns bland annat vackra pelare, och så kan man träffa på jätten Finn.

Efter rundturen i domkyrkan vandrade vi gemensamt vidare till Sveriges geologiska undersöknings kontor i närheten. Där intog vi en gemensam lunch varefter årsmötesförhandlingarna inleddes.

Av de sedvanliga punkterna på dagordningen kan nämnas att föreningens ordförande Pär Weihed omvaldes för ytterligare två år. Dessutom valdes två nya ledamöter, Gry Møl Mortensen och Jaana Vourinen, för perioden 2019–2020.

Efter avklarad årsmöte fick vi glädjen att lyssna på professor Mats Eriksson som berättade om sin passion för både hårdrock och fossil, och hur han lyckats kombinera dessa båda intressen.

Bland annat fick vi höra om hur en mycket känd musikprofil, Mark



FOTO: MATS ERIKSSON

Knopfler, fått en dinosaurie uppkallad efter sig – *Masiakasaurus knopfleri*. Han blev så glad över detta att han bekostade framställningen av en vädertålig modell av dinosaurien. Denna ingår nu i en utställning med andra fossilmodeller, men ska lämnas till donatorn efter fem år. Läs mer om detta och andra anekdoter i Mats bok *Hårdrocksfossil* som presenterades i nummer 96 av Geologiskt forum. ♦



Osannolik kväverekaktion kan lösa LKAB:s kväveproblem?

Kväveutsläppen från LKAB:s järnmalmgruva i Kiruna har under många års tid varit i fokus för studier där man undersökt alltifrån varifrån kvävet kommer och vilka reaktioner som sker i vattnet som används i olika processer, till den miljöpåverkan som uppstår på omgivande vattendrag då processvattnet släpps ut. I ett pågående projekt på Luleå tekniska universitet försöker vi minska mängden kväve i processvattnet genom passiv rening.

TEXT OCH BILD: LINO NILSSON

UTSLÄPP AV KVÄVE är ett miljöproblem som under de senaste trettio åren kommit mer och mer i fokus hos många industrier. I och med införandet av EU:s nitratdirektiv 1991 sattes gränsvärden för hur stora nitratutsläpp som är tillåtna. Från början var dessa gränsvärden i första hand avsedda att minska miljöpåverkan från jordbruksindustrin där användning av konstgödsel är vanlig.

NITRATDIREKTIVET

EU:s nitratdirektiv syftar till att skydda vatten från att förorenas av nitrater från jordbruket. Enligt direktivet ska varje medlemsland identifiera områden där det finns vatten som är känsliga för kväveföroreningar och även upprätta särskilda åtgärdsprogram för dessa områden.

Källa: Jordbruksverket.

Förutom att flera av kväveformerna är giftiga för många organismer så orsakar höga utsläpp av kväve också övergödning i naturen. Övergödning innebär att ett ekosystem har för mycket näring vilket i det långa loppet leder till en reducerande miljö och syrebrist vilket kan orsaka en ändrad artsammansättning och utsläpp av växthusgaser. Dessutom gynnas algbloomingar av övergödning.

Kvävets olika former

Kväve är ett grundämne som kan förekomma i många olika former. De vanligaste formerna som påträffas i naturen är kvävgas (N_2), ammonium (NH_4^+), ammoniak (NH_3), nitrat (NO_3^-) och nitrit (NO_2^-). Kväve är också ett viktigt näringsämne då det ingår i aminosyror.

Det finns flera reaktioner som omvandlar kväve mellan de olika kväveformerna beroende på i vilken miljö kvävet befinner sig. I oxiska miljöer, alltså sådana miljöer där syre finns tillgängligt, förekommer kväve vanligtvis som nitrat och nitrit. Detta beror på att ammonium och syre reagerar så att nitrat och nitrit bildas.

Under syrefria (anoxiska) förhållanden kan nitrat och nitrit reagera med organiskt material och bilda kvävgas. Ammonium (NH_4^+) och ammoniak (NH_3) håller sig i jämvikt beroende av vilket pH som råder, och ammoniak är en flyktig form varför den ofta avgår som gas. Kvävets kretslopp beskrivs också i faktarutan nedan.

Mycket vatten cirkulerar

I och omkring Kirunagruvan cirkulerar en stor mängd vatten från olika källor. Det regnvatten som faller inom industriområdet samlas upp och leds ned till en pumpstation i gruvan tillsammans med det grundvatten som tränger in i själva gruvan. Detta vatten kallas gruvvatten.

Detta vatten pumpas tillsammans med en del vatten från klarningsmagasinet upp till en reservoar uppe på

Kiirunavaara. Detta vatten används i laknings- och kylningsprocesser vid anrikning av malmen. Efter anrikningen pumpas vatten och anrikningssand till sandmagasinet och därifrån flödar vattnet till klarningsmagasinet innan det släpps ut till omgivningen. Nedan till höger finns en bild som beskriver hur vattnet cirkulerar i Kirunagruvan.

Isotoper visar på kvävet ursprung

För att kunna hitta en metod att minska mängden kväve som släpps ut från gruvan är det nödvändigt att först känna till vilka olika kväveformer som faktiskt finns i vattnet och varifrån kvävet kommer.

Ett sätt att bestämma varifrån kvävet i olika vattenprover kommer är att utnyttja förekomsten av stabila kväveisotoper. Ungefär var trehundra kväveatomer i naturen utgörs nämligen av tungt kväve, kväve-15.

Om man då först analyserar innehållet av kväve-15 i det sprängämne som används i gruvan och gör samma sak med vatten som kommer direkt från gräbergshögen, vatten från pumpstationerna under jord och med grundvattnet får man information om varje källas specifika isotopsignal.

På så sätt kan man räkna ut hur stor del av kvävet i ett vattenprov som kommer från varje källa eftersom vattenprovet kommer att bestå av en kombination av mängden kväve och isotopsignalen från varje källa.

Det är framför allt ammonium och nitrat som man använder för analyserna av tungt kväve, men man kan också göra liknande analyser av tungt syre i nitrat.

Var kommer då kvävet i vattnet ifrån?

Så vad visar då analyser av de olika vattnen från gruvan? Det första man kan konstatera är att ungefär 90 procent av den totala kvävehalten i allt processvatten och utsläpps-

KRETSLOPPET FÖR OORGANISKT KVÄVE

Kväve förekommer i fyra oorganiska former: ammoniumjoner (NH_4^+), nitritjoner (NO_2^-), nitratjoner (NO_3^-) och som kvävgas (N_2). I bilden visas organiskt kväve i mitten av bilden och pilarna symboliserar länkarna mellan det organiska och det oorganiska kvävet.

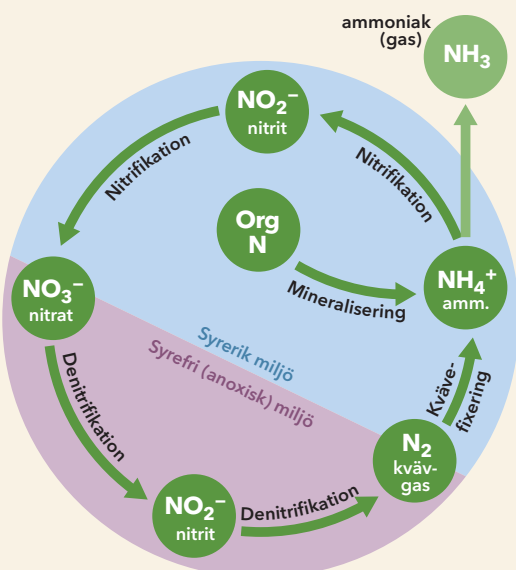
Reaktionerna nedanför den lila linjen sker i avsaknad av syre medan reaktionerna ovanför linjen sker med tillgång till syre.

NITRIFIKATION är en process där bakterier oxiderar kväve från ammonium (NH_4^+) till nitrit (NO_2^-) och sedan nitrat (NO_3^-). Nitrifikationen utförs av bakteriesläktet *Nitrosomonas*.

DENITRIFIKATION är en bakteriell omvandling av nitrat till kvävgas (N_2). Denna omvandling sker i frånvaro av syre och då används nitrat som reduktionsmedel istället för syre.

KVÄVEFIXERING innebär upptag av kvävgas från atmosfären till organiskt material. Denna process sker med hjälp av cyanobakterier (blågröna bakterier).

MINERALISERING kallas den process varvid kväve som är bundet i organiskt material frigörs och återgår till det oorganiska kvävet kretslopp.



vatten utgörs av kväveformen nitratkväve. Det är därför man länge dragit slutsatsen att de höga kvävehalterna i vattnet från gruvan har sitt ursprung i odetonerade sprängämnen eftersom dessa innehåller stora mängder ammoniumnitrat.

Men isotopanalyserna tillsammans med massflödesberäkningar har gett en mer nyanserad bild av varifrån kvävet kommer:

Gruvvattnet som pumpas upp från gruvan innehåller ungefär 20 mg kväve per liter och av detta kväve kommer 70–80 procent från gråbergssupplaget. Från odetonerade sprängämnen kommer endast 10 procent kväve med resterande del har sitt ursprung i grundvattnet.

I samband med att malmen transporteras upp från gruvan sköljs den vilket lakar ut kväve som ansamlas i höghöjdsreservoaren. Innan vattnet transporteras därifrån till processverken innehåller vattnet ungefär 30 mg kväve

per liter. Av detta kommer 56–66 procent från vatten som återcirkulerat från klarningsmagasinet medan 5–6 procent kommer från gruvvattnet och resterande 28–39 procent från odetonerade sprängämnen genom sköljningen av malmen.

Vattnet som släpps ut från klarningsmagasinet till omgivningen innehåller omkring 18–20 mg kväve per liter. Det mesta av detta kväve har hamnat här genom återcirkulering, men en stor komponent är också sprängämnesrester som tvättats bort från malmen. En mindre del av kvävet här har sitt ursprung från gråbergssupplaget.

Hur bli av med kvävet?

Den dominerande kväveformen i vattnen i gruvan är alltså nitrat-kväve. Det beror på att vattnet hela tiden har tillgång till stora mängder syre vilket gör att allt kväve kan omvandlas till nitrat.

VATTNETS VÄG I GRUVAN

De ljusblå pilarna visar hur vatten transporteras i gruvan och inom gruvområdet. Allt regnvatten som faller inom industriområdet och det grundvatten som tränger in i själva underjordsgruvan kallas gruvvatten och det pumpas till en pumpstation under jord.

Därifrån går vattnet till en höghöjdsreservoar uppe på Kiirunavaara. Dit pumpas också vatten som återcirkulerat från klarningsmagasinet. Från höghöjdsreservoaren går vatten till processverken där det används för lakning och i kylningsprocesser.

Därefter pumpas vattnet vidare till sandmagasinet. Vattnet som kommer ut till sandmagasinet är en slurry, dvs. vatten blandat med anrikningssand. Från sandmagasinet till klarningsmagasinet flödar vattnet med den topografiska gradienten.



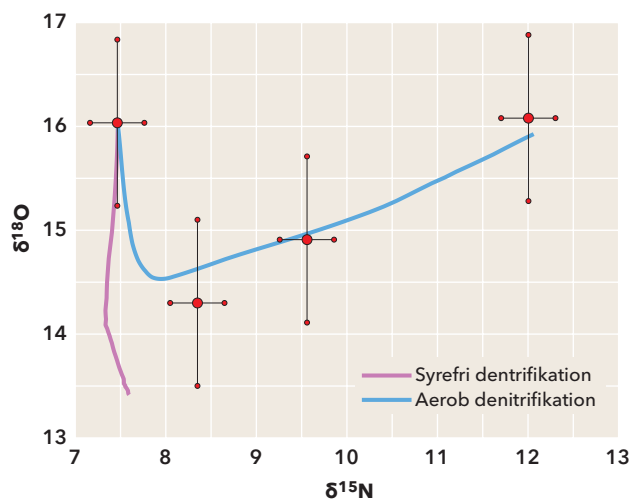


Ett sätt att bli av med kväve är via denitrifikation, alltså att låta nitrat reagera med organiskt material under syrefria förhållanden vilket gör att nitrat omvandlas till kvävgas. Det som saknas i Kiruna för att denitrifikation ska fungera effektivt är organiskt material.

Utgångspunkten för mitt projektet var således att öka mängden organiskt material genom att gödsla med fosfor vilket gör att produktionen av alger sätter igång. Dessa agerar som bränsle för denitrifikationen och på så sätt får man bort nitraten. Jag har i mitt forskningsprojekt fokuserat på hur man kan öka denitrifikationen i klarningsmagasinet.

Vattentankar som försöksuppställning

Den försöksuppställning jag valde består av elva vattentankar som installerades alldeles intill gruvans klarningsmagasin. Tankarna och fylldes med vatten från klarningsmagasinet och ungefär 0,3 kubikmeter anrikningssand som representerade sediment.



Ovan: Modellering av isotopdata visar att det endast är modellen som utnyttjar aerob denitrifikation som passar uppmätta data.

Till vänster: Experimentet utfördes i elva IBC-tankar av plast med avsågade toppar. Dessa var uppställda nära gruvans klarningsdamm.

När försöksuppställningen var klar tillsattes ett fosforsalt till en av vattentankarna och vattnet provtogs varje vecka under en månads tid. Samtidigt mättes pH och syremättnad. Proverna analyserades sedan med avseende på stabila kväveisotoper, kväve- och fosforkoncentrationer samt organiskt material. De andra tio vattentankarna användes till andra experiment där temperaturökning, ändring av ljusförhållanden och varierande mängd fosforhalt testades.

Kväve- och fosforanalyserna (NH_4 , NO_3 , PO_4 och NO_2) utfördes på LKAB:s lab i Kiruna. Organiskt material analyserades både i partiklar och i vattenlöst form genom filtrering med ett glasfiberfilter. Stabila kväveisotoper analyserades på filtrerat vatten hos Environmental Isotope Lab på Waterloo University i Kanada.

Snabb minskning av kväve

Analyserna visade att mängden kväve minskade direkt när jag tillsatt fosfor. I början av experimentet var minskningen långsam, men den sista veckan minskade kvävehalten med ungefär en procent per dag. Det är troligt att hastigheten hade fortsatt att öka om experimentet hade fortsatt.

I samband med kväveminskningen ökade mängden alger och till följd av det även pH och syremättnad samtidigt som fosforhalten minskade.

För att förstå exakt vilka kvävereaktioner som skedde i vattnet konstruerade jag en numerisk modell. När man analyserar kväve ser man bara hur de olika kväveformerna förändras över tid men detta är oftast inte det man är intresserad av. Man vill också veta exakt hur stora de olika

kvävereaktionerna är. Till modellen utvecklade jag därför ett undersökningsverktyg för att uppskatta hur väl den numeriska modellen stämmer överens med uppmätta data på de stabila kväveisotoperna.

En ytterligare användning av modellen var att kunna skala upp experimentet och beräkna hur metoden skulle kunna fungera i full skala (i själva klarningsmagasinet).

Den omöjliga reaktionen

Modellen som uppskattade kvävereaktionerna visade två modeller som kunde förklara kvävekoncentrationernas utveckling över tid, båda dessa visas i diagrammet ovan till vänster. I den ena modellen förbrukas syre vid nedbrytningen av organiskt material (syrefri denitrifikation) och i den andra används nitrat istället för syre (aerob denitrifikation). Båda modellerna beskriver kvävekoncentrationerna bra, men det är tydligt att om man tittar på isotopdata så måste det vara modellen som använder aerob denitrifikation som faktiskt beskriver systemet.

Att ens föreslå denitrifikation i syrerik miljö är ganska kontroversiellt eftersom konventionell geokemisk kunskap säger att det är mer energieffektivt att använda syre istället för nitrat och vanligtvis följer naturen minsta motståndets lag. Mycket forskning har även visat på att de bakterier som utför denitrifikationen helt stannar av om syrehalten är för hög.

Det är för närvarande oklart varför denitrifikation faktiskt händer i vattentankarna. En anledning skulle kunna vara att nitratkoncentrationerna är ovanligt höga (ungefär fem gånger så mycket nitrat som syre). Eller så har små zoner uppstått runt partiklar i vattnet där syret är helt förbrukat – detta brukar kallas för mikronicher.

Hoppfullt för framtiden

Att denitrifikationsprocessen trots allt kan uppstå i en vattenpelare med full syremättnad bådär väldigt gott för nitratrening i Kirunas klarningsmagasin, dels för att det är en stor vattenvolym och dels för att denitrifikation fungerar bra även under vinterhalvåret under isen om än med halverad reaktionshastighet.

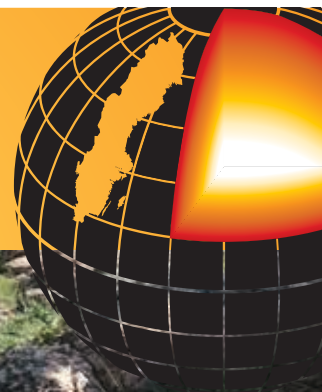
Med en kontinuerlig nitratrening året runt skulle nitrathalterna snabbt kunna bli obetydliga på grund av att relativt sett så är tillsatsen av nitrat till vattnet liten i jämförelse med nitraten som redan är där. ♦



Lino Nilsson är doktorand i tillämpad geokemi på Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser vid Luleå tekniska universitet.
lino.nilsson@ltu.se

Geologins Dag

lördagen den 8 september



Läs mer på www.geologinsdag.nu.

I samarbete med:

Boliden Mineral AB • FAB – föreningen för Aktiva i Borrbranschen • Georange • Geotec
Geosektionen inom Naturvetarna • LKAB • Stockholms universitet • Svensk Kärnbränslehantering AB
Sveriges Bergmaterialindustri • Uppsala universitet



Réunions bergarter avslöjar gamla delar av manteln

De mantelplymer med het magma som bildar ön Réunion i Indiska oceanen har visat sig ha ett ovanligt primitivt ursprung djupt under jordens yta. Det är forskare vid Carnegie Institution for Science och Scripps Institution of Oceanography som har studerat isotoper av neodym och helium och som visat att den differentiation som skett i manteln och som bevarats här kan lära oss mer om jordens tidigaste geokemiska processer.

Vulkanen Piton de la Fournaise (ugnens topp) på Réunion är en av de mest aktiva vulkanerna i världen och den har ett utbrott i genomsnitt var nionde månad. Det senaste utbrottet startade 28 april i år och pågår fortfarande.

Ön Réunion steg ur havet för ungefär tre miljoner år sedan och där finns också den nu utslocknade vulkanen Piton des Neiges, en större, äldre och kraftigt eroderad utslock-

nad vulkan som utgör den nordvästra tredjedelen av ön.

Den nu aktiva vulkanen är 530 000 år gammal och dessa lavaflöden har under årtusendena blandats med lavaflödena från den gamla vulkanen.

De flesta lavaflödena inträffar inuti kalderan, men ibland söker sig lavan ut mot havet i sydost. Senast detta hände var år 1986 då byn Piton-Sainte-Rose evakuerades.

Hotspot i Indiska oceanen

Ön Réunion markerar läget för den vulkaniska hotspot som för 66 miljoner år sedan orsakade utflödet av en enorm flodbasalt som täcker en stor yta av vad som nu är Indien – Deccabasalten.

Flodbasalter och andra lavor från hotspots tros ha sitt ursprung från delar av jordens inre som skiljer sig från de flesta andra vulkaner på jordytan, och genom att studera material





från hotspots kan man förstå mer om hur vår planet har utvecklats.

Jordens tidiga utveckling

I samband med att jordklotet bildades delades planeten upp i två olika lager. Ett tyngre järnrikt lager sjönk mot planetens mitt och bildade kärnan medan de lättare, silikatrika bergarterna samlades närmare ytan och bildade manteln.

Under jordens tidiga historia steg djupare delar av manteln mot ytan och stelnade till jordskorpa, medan andra delar sjönk mot botten av manteln då de stelnade och fick högre densitet.

Denna konvektion i manteln pågår än idag och är den process som driver plattetektoniken. Konvektionen har också gjort att den största delen av manteln har fått en likartad kemisk sammansättning.

Men trots miljontals år av konvektion så finns det tecken som tyder på att delar av manteln har undgått omblandning.

Isotoper ger ledtrådar

I en nyligen publicerad artikel i Nature har geologer visat att vissa delar av manteln har behållit en kemisk sammansättning och struktur som skiljer sig från resten av manteln. Man har analyserat vulkaniska bergarter som samlats in från den aktiva vulkanen på Réunion och genom att analysera isotoper av neodym har man kunnat visa att den hotspot som ligger här är kopplad till gamla fickor av oblandad mantel.

Isotopen samarium-146 har en halveringstid på 103 miljoner år och sönderfaller till neodym-142. Samarium-146 fanns då jorden först bildades men försvann bara omkring 500 miljoner år efteråt. Ett överskott av neodym-142 kan därför fungera som en indikator på väldigt gamla bergarter.

Analyserna av förhållandena mellan neodym-142 och neodym-144 hos de vulkaniska bergarterna från Réunion visar att källan till öns magmor separerade ut från resten

Bild 1: För att ta sig till vulkanen Piton de la Fournaise passerar man över det karga Plaine des Sables, sandslätten. Vy mot öster med vulkanen längst i bakgrunden.

Bild 2: Vy från Pas de Bellecombe mot öster över kalderan med vulkankratern mitt i bilden. Det är här vandringen börjar om man tänkt sig upp till Dolomieu-kratern. Under vandringen passerar man flera mindre vulkankäglor och recenta lavaflöden.

Nedan: Den nu aktiva vulkanen ligger på den sydöstra delen av ön. Den gamla vulkanen Piton des Neiges som bildat resten av ön är nu djupt vittrad. Huvudstaden Saint-Denis ligger i norr. Siffrorna visar var fotografierna är tagna.

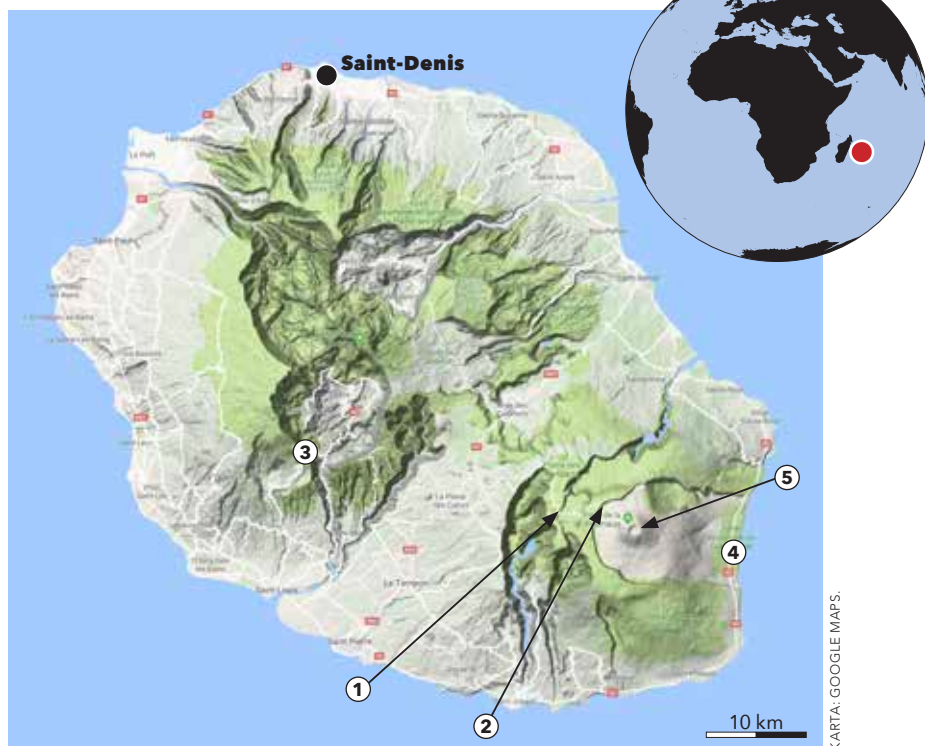




Bild 3: I mitten av ön där den gamla, djupvittrade vulkanen finns kan vyerna vara spektakulära om man kommer upp på lite höjd.

Bild 4: Längs sydostkusten kan man i detalj studera recenta lavaflöden. Här pahoe-hoe-lava. Tittar man nära på denna så är den full av blårum och kristaller (nårbilden). Öns bergarter har vanligtvis sammansättningar som basalt, pikrobasalt, trakybasalt och tefrit-basanit.

Bild 5: När man vandrat igenom kalderan och kämpat sig upp till vulkankratern belönas man med en fantastisk vy ner i själva kratern. Här befinner man sig på 2632 m ö.h.

av manteln redan under de första 500 miljoner åren av jordens historia, medan isotopen samarium-146 fortfarande fanns. Jämfört med magmor från andra hotspots så är källan på Réunion särskilt gammal och primitiv i sammansättning.

Seismiska studier har visat att det finns tydligt avgränsade domäner i den djupa manteln som karaktäriseras av låga eller mycket låga hastigheter för seismiska skjuvvågor. Man tolkar detta som att dessa områden har en sammansättning som skiljer sig från övriga manteln. Ett sådant område finns under Réunion.

Forskarna i studien föreslår att neodymisotopsammansättning hos mantelkällan under Réunion har sitt ursprung i en större händelse som orsakade differentiation av silikater, kanske redan så tidigt som för 4,39 miljarder år sedan, och att detta



också kan ge ledtrådar som förklarar vad som orsakar områdena med låga skjuvvågshastigheter.

Besöka Réunion

För den som tycker om vulkaner är Réunion väl värd ett besök. Den aktiva vulkanen är relativt lättillgänglig och man kan under en dagsutflykt vandra genom kalderan och upp till Dolomieu-kratern. I alla fall de dagar det inte pågår något utbrott.

Även då utbrott pågår finns det oftast någonstans där man relativt lätt kommer åt att studera detta. Utbrotten här är sällan explosiva så det är inte så stora risker med att komma ganska nära.

Till ön flyger man enklast från Paris. Eftersom ön är en del av Frankrike så räknas det som inrikesflyg. För att ta sig runt på ön så hyr man enklast en bil på flygplatsen. Vägarna är i allmänhet mycket bra. Men om man tänker sig att besöka vulkanen och bor på norra eller västra delen av ön får man räkna med en tidig morgon. ♦

Läs mer

Peters, B.J., Carlson, R.W., Day, J.M.D & Horan, M.F. 2018. Hadean silicate differentiation preserved by anomalous $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ratios in the Réunion hot-spot source. *Nature* 555, 89–93.

<https://en.reunion.fr/discover/the-volcanic-side/the-indian-ocean-hot-point>

Jeanette Bergman Weihed

På gång

25 juni till 2 augusti. Upptäck underjorden på Äspö med SKB.
Läs mer på www.skb.se/event/upptackt-underjorden-pa-aspo/

9–13 juli. 5th International Palaeontological Congress, Paris, Frankrike.
Läs mer på ipc5.sciencesconf.org/

21–22 juli. Sten- och mineralmässa i Ädelfors.
Läs mer på www.guldvaskning.se/sv/sten-mineralmassa-2018

28–29 juli. Kopparbergs stenmarknad.
Läs mer på www.kopparbergstenmarknad.se

4–5 augusti. Sten- och mineralmässa i Hällekis, Kinnekulle.
Läs mer på skaraborgsgeologiska.se/valkommen-till-arets-massa/

12–17 augusti. 21st World Congress of Soil Science, Rio de Janeiro, Brasilien.
Läs mer på www.21wcso.org/

13–15 augusti. 30th Nordic Hydrological Conference. Bergen, Norge. Läs mer på nhc2018.org

13–17 augusti. 20th International Sedimentological Congress, Québec City, Kanada. Läs mer på www.isc2018.org/

8 september. Geologins dag. Läs mer om alla evenemang på geologinsdag.nu

6–7 oktober. Mineral- och smyckemässa i Västerås.
Läs mer på www.geonord.org/org/VAGS/show.shtml

Besök Forsmark i sommar



FOTO: SKB

Under juli månad och några dagar in i augusti finns det möjlighet att besöka Forsmark och följa med 50 meter ner under havsbotten i Öregrundsgrepen. Där ligger Slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall, SFR.

Buss går från turistinformationen i Forsmarks bruk. Besöket är gratis men förанmälan krävs. Åldersgräns är 7 år.

Läs mer på www.skb.se/event/upplev-forsmark-i-sommar/

Hur blir Geologiska Föreningen en angelägenhet för alla geovetare i Sverige?

Den frågan har vi funderat mycket på i Geologiska Föreningens styrelse. Vi vill ju vara en förening som jobbar för, och framför allt med, svenska geovetare.

För en tid sedan gjorde vi ett utskick till geovetare vid de svenska lärosätena där vi informerade om Geologiska Föreningen och vår verksamhet eftersom vi upplever att framför allt geovetare på de geologiska institutionen, i takt med att dessa blir mer och mer internationella i sin personalsammansättning, kanske behöver återfå en relation med vår förening.

Vi kommer fortsätta att jobba med detta, att öka medlemsantalet. Vi behöver också jobba med att hitta en stabil finansiering för vår verksamhet.

Under många år var basen finansiering från dåvarande Naturvetenskapliga forskningsrådet och Sveriges geologiska undersökning. Så är det inte längre och vi måste hitta alternativ. Som tur är så har vi sponsring av Geologiskt Forum från våra lärosäten och Boliden.

Styrelsen kommer att arbeta hårt för att hitta fler sponsorer så att vi kan fortsätta att ha en hög ambition med både Geologiskt forum och GFF (med hjälp av Taylor & Francis). En annan sak som vi vill försöka åstadkomma är studentföreningar och studentinriktade aktiviteter för studenter vid landets lärosäten.

Vi funderar nu på hur vi kan få till ett engagemang från studenter vid våra universitet och ska också

försöka arbeta fram en handlingsplan för hur detta skall gå till. Tips tas tacksamt emot.

Vi kommer att fortsätta att stötta på dem vi tycker borde vara medlemmar och ni som är medlemmar får gärna hjälpa till att sprida information om föreningen. ♦

Pär Weiheid, ordförande



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



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Tack till GeoNorr!

Geologiska Föreningen har tagit emot en donation av omkring 6500 kronor från den nyligen upplösta föreningen GeoNorr. Detta var en geovetenskaplig förening som bildades i slutet av 1970-talet med syfte att främja intresset för geovetenskaper i Norrland genom möten, diskussioner, exkursioner.

Svekonorvegisk
paragnejs från
Rödaholmen på södra
delen av Onsalahalvön.



www.geologiskaforeningen.se