

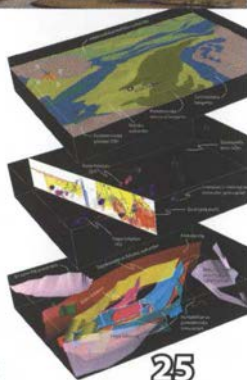
GEOLOGISKT FORUM

NR 61 JANUARI 2009
ÅRGÅNG 16

**Skelleftefältet
i fyra dimensioner**

**Smådjuren
i vattnet**

**Unika vulkanen
Oldoinyo Lengai**



30

INNEHÅLL nr 61 mars 2009

NYHETER OCH REDAKTIONELLT

Utmaningen blir att ta hand om all data.	3
Livsviktig forskning vid polerna.	4-5
Får Sverige något arv efter Internationella Polaråret?	6
Befolkningen i fokus. <i>Anna Kim-Andersson, Hanna Zetterberg Struwe.</i>	6
När Jorden hamnade på middagsbordet.	7
Internationella Polaråret är slut – vad händer sedan?	7
Mer om polaråret.	7
Hallå där! Otto Hermelin och Erik Ogenhall.	8
Stödprenumeranter 2009.	28
Kalendarium och noterat.	29
Sista ordet: Apropå Darwinåret. Det ska vara en geolog som gör det.	31
GEONYTT	32

ARTIKLAR & REPORTAGE

Oldoinyo Lengai eller "Guds berg". <i>Hannes Mattsson.</i>	9-14
Är det viktigt att ha koll på smådjuren? <i>Barbara Thulin, Berit Lundqvist.</i>	15-18
Förorenade områden – en del av miljömålsarbetet. <i>Elin Sandström.</i>	19-21
Elise ville uppleva äventyret. <i>Halfdan Carstens.</i>	22-24
Skelleftefältet i fyra dimensioner. <i>Pietari Skyttä et al.</i>	25-27
Ett 151-årigt arkiv. <i>Agneta Ek.</i>	30

Ansvarig utgivare: Joakim Mansfeld
e-post: gff@geo.su.se

Populärvetenskaplig redaktör: Anna Kim-Andersson
tel 036-440 01 20, e-post: anna@qi-media.se
För text, layout och bilder svarar redaktören där inget annat anges.

Redaktionens adress: Geologiska Föreningens redaktion
Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet,
106 91 Stockholm
tel 08-6747727, fax 08-674 78 97
e-post: gff@geo.su.se; www.geologiskaforeningen.nu

Omslagsbild: Strombolisk typ av explosion vid en av Oldoinyo
Lengais många hornitos, juni 2007. Foto: Hannes Mattsson.

Upplaga: 1 600 ex.
Tryckeri: Masala media.
Ordinarie lösnummerpris: 50 kr.

För annonser, distribution, prenumerationsärenden, adress-
ändring, köp av tidigare nummer samt reklamationer: kontakta
redaktionen.

ISSN 1104-4721

Geologiskt forum ges ut av Geologiska Föreningen i samarbete
med föreningen för Geologins Dag och med ekonomiskt stöd från
Sveriges geologiska undersökning, SGU. Tidningen ingår i det ordi-
narie medlemskapet i Geologiska Föreningen. En helårsprenumera-
tion på Geologiskt forum utan medlemskap kostar 160 kronor/år.
Ange namn, adress och e-postadress, vid betalning
till vårt Plusgiro: 2108-9.

Tidningen har sedan starten 1994 publicerat populärvetenskapliga
artiklar inom geovetenskapens alla områden. Tidningen informerar
Dig om aktuella händelser, litteratur och personer med anknytning
till ämnet. Tidningen vill även vara ett forum för åsikter och debatt.
Mer information på www.geologiskaforeningen.se

Varmt välkommen att kontakta tidningens redaktör Anna
Kim-Andersson om du vill medverka i Geologiskt forum – hör av
dig innan du sänder ditt manuskript. Författarna svarar själva
för innehållet i sina artiklar. Nästa nummer av Geologiskt forum
kommer ut i juni.

Geologiska Föreningen
18 71

"Utmaningen blir nu att ta hand om all data"

Det pågår snabba klimatförändringar i polarområdena. Snö och is minskar vid båda polerna. Förändringar noteras i atmosfären och i oceanerna och biodiversiteten minskar. Vi måste lära oss mer om detta. Forskarvärlden står inför stora utmaningar. Detta säger programansvarige David Carlsson, Internationella Polaråret.

Internationella Polaråret, IPY, avslutades i mars. Därmed är fältarbeten och insamlingen av data över.

– Nu är utmaningen att integrera data, jämföra och dra slutsatser, säger Mr David Carlsson.

Det är ett stort antal projekt som initierats under polaråret. Båda polerna har studerats och många projekt är internationella och tvärvetenskapliga med breda frågeställningar. Redan har några resultat presenterats. Flera av de största projekten inom IPY handlar om befolkningen, miljö och hälsa. Trots det är det nog klimatforskningen som fått mest uppmärksamhet hittills.

Färska observationer utförda under polaråret visar exempelvis att temperaturen i permafrostområden

i norra Ryssland har stigit med 1-2 grader de senaste 30-35 åren. Motsvarande observationer finns från Alaska, där 0,5 till 2 graders ökning noteras.

Uppvärmningen har resulterat i smältning av naturlig, ostörd permafrost i områden framförallt närliggande den södra utbredningsgränsen för permafrost. Kusterosionen i permafrostområden har också ökat signifikant. Resultaten är sammanställda av forskarteam som arbetar inom ramen för IPY. Totalt pågår fyra olika forskningsprogram med fokus på permafrostområden, vilket inkluderade 50 individuella projekt med deltagare från 28 länder.

Mer att läsa på www.ipy.org



Utställningen *Our Polar Heritage* visades i FN:s europeiska huvudkvarter i Genève fram till slutet av mars. Fotografen Christian Morel har dokumenterat en del av det arbete som mer än tusen forskare från ett sextiotial länder, inom ramen för över 160 forskningsprojekt bedrev under Internationella polaråret 2007-2008. Utställningen finns också på webben.

http://www.wmo.int/artgal-lery/polar/our_polar_heritage/our_polar_heritage.html

Lite som att missa balen på slottet.

Det kändes faktiskt som ett litet misslyckande. Jag fick inte komma in. Blev stoppad i porten. Mina intyg och papper vägde lätt, endast internationella media räknades. Sorry folks! Geologiskt forum räknas inte dit. OK. Vi får leva med det. Samtidigt var det ganska skönt. Lite mindre att koncentrera sig på. Lite mindre prestationskrav... För vad är väl en bal på slottet? Eller en presskonferens i FN:s europeiska högkvarter i Genève...

Värd denna dag var Internationella Polaråret, vars officiella avslutning gick av stapeln i palatset, beläget på sluttningarna vid Genève sjös norra strand. Presskonferensen, den som jag i efterhand kunnat se via en inspelning som jag fick överförd till mitt USB-minne av en artig FN-informator, följdes av en ceremoni i Världsmeteorologiorganisationens, WMO:s, huvudkvarter och där var det lättare att göra entré. Här hölls tal och korta presentationer av organisationen och de forskningsprojekt som bedrivits inom ramen för Internationella Polarårets program.

Imponerande många projekt och massor med spännande resultat är att vänta framöver. Insamlingen av fältdata är avslutad. Nu börjar bearbetningen. Merparten av resultaten kommer om något eller några år. Men redan har några sammanställningar och slutsatser dragits från exempelvis sommarens fältarbeten i Arktis. Det var faktiskt ganska trevligt att få ta del av detta globala arrangemang. Trevligt att få höra om forskning som spänner över många forskningsfält. Om nyskapande forskning, forskning som det kommer att talas om länge efteråt. Om vassa bergstoppar under Antarktis två kilometer tjocka is. Om permafrosten som tinar i Arktis. Så den där presskonferensen, den gjorde ju varken från eller till. Eller?



/ Anna Kim-Andersson,
populärvetenskaplig redaktör



Ibland är det lätt att glömma bort. Men Sverige räknas som ett polarland och är exempelvis ett av åtta medlemsländer i Arktiska rådet. Skriften Polförskjutningar är utgiven av Vetenskapsrådet och Svenska kommittén för Internationella Polaråret 2007–2008. Den kan beställas kostnadsfritt. Sänd ett mejl till: anders.clarhall@vr.se



Citatet och fotografierna kommer från skriften Polförskjutningar och är publicerade med tillstånd från utgivarna. Text: Sverker Sörlin. Redaktörer och projektledare: Anders Clarhäll och Hanna Zetterberg Struwe.



Livsviktig forskning



Övre bilden till vänster: Andra personen, stående från vänster är ingenjör Andrée. Kap Thorsden 1883. Bildkälla och copyright: Polarcenter, Grenna Museum. Mitten: Vårvintern 1958, fältarbete vid Västisens topp. Till höger: Internationella Polaråret 2007–2008 var det fjärde polaråret. Foto: Jakob Halaska. Nedre bilden till vänster: Air Devron Six Icefalls. Foto: Anders Clarhäll. Nedre bild till höger: Kebnetjokka. Foto: Anders Clarhäll.





Citaten nedan, skrivna av Sverker Sörlin, är utsnitt ur skriften *Polförskjutningar, Internationella Polaråret 2007–2008*. Skriften sammanfattar insatserna, internationellt och i Sverige, under året som gick av stapeln som den fjärde i historien. Den inledande texten i skriften ger "bilder" från olika polarår. Det handlar om forskning i gränslandet mellan det kända och det okända. Om äventyr och vedermödor. Och om polarforskningens betydelse, globalt sett.

...*"November 1957 Människors huvuden böjs bakåt. Något rusar fram över stjärnhimlen som aldrig funnits där förut. Högt däruppe sitter en hund som heter Laika. Hon dör efter bara några timmar i sin lilla Sputnik 2 av stress och överhettning, men det vet inte människorna på marken. De tror i flera dagar att hon lever i sin kapsel. Laika var en av deltagarna i International Geophysical Year 1957–1958, IGY, det tredje polaråret. I april 2008, under det fjärde Polaråret, reser man ett monument till Laikas ära vid ett militärt forskningsinstitut i Moskva. En hund ovanpå en raket.*

Samtidigt som Laika svävar genom rymden förbereder forskaren Charles D. Keeling sina mätningar av koldioxidhalten i atmosfären. Keeling arbetar då i Antarktis och på Hawaii inom ramen för IGY. Han bestämmer

ng vid polerna



att de kontinuerliga mätningarna skall göras på berget Mauna Loa i Hawaii. Instrumentet är en del av IGY. Kurvan blev så småningom en ikon..."

...*"Mars 1883 Det är natt. Salomon August Andrée upplever ett märkligt fenomen. Han befinner sig vid Kap Thordsen på Svalbard. Han är där som en del av det första internationella polaråret 1882–1883, vice stationschef och ansvarig för de luftelektriska mätningarna.*

Det märkliga denna natt är inte kylan, den är det vanligaste av allt på denna plats, inte heller det vindstilla vädret. Det märkliga är tystnaden och stillheten. Inget norrsken, som eljest spelar varje molnfri natt på dessa breddgrader. Inget isdån från fjorden nedanför. Allt är fruset. Inte ens de luftelektriska instrumenten ger ifrån sig minsta signal. Själva livet saknas, ingen fågelvinges rörelse, ingen tass i snön. Is, snö, en stillhet utan gräns. Det är dödens vita mörker Andrée förnimmer..."

Får Sverige något arv efter Internationella Polaråret ?

Internationella polaråret är en global företeelse och omfattar bägge polerna. Sverker Sörlin, ordförande för svenska kommittén för internationella polaråret samt professor i miljöhistoria vid Kungliga Tekniska Högskolan, lyfter fram forskningen som en viktig del under polaråret 2007–2008, inte minst att den knutit an till viktiga samhällsfrågor som klimatet, exploateringen av naturresurser men även befolkningarnas utvecklingsmöjligheter och de etiska och politiska avvägningarna i detta.

– Polarforskningen har breddats betydligt både inom naturvetenskapen och mot samhällsvetenskaper och humaniora, fortsätter han.

– I Sverige har vi också medvetandegjort och anslutit oss till en internationell gräns för var polarforskningen går. Den går inom Sverige, inte norr om Sverige!

Den svenska polarforskningens organisation har också förändrats. I forskningspropositionen som antogs i januari i år säger regeringen att man bör stärka samverkan mellan till exempel forskningsstationerna i Tarfala och Abisko samt isbrytaren Oden. Polarforskningssekretariatet får från år 2010 ett breddat uppdrag som innebär att det administrerar polarforskningen och ett samordningsansvar för hantering av data inom polarforskning. Detta är en omställning för Polarforskningssekretariatet som hittills svarat främst för logistik. Det nya uppdraget ska ske i samverkan med andra myndigheter och departement med intressen i polarområdena.

– Ett ytterligare arv från polaråret är att det finns en rörelse mot att stärka Sveriges röst inom Arktispolitiken. Genom polaråret har vi uppmärksammat frågorna och vi har kommit igång på den politiska nivån. Nu gäller det att hålla i och fortsätta! säger Sverker Sörlin.

Befolkningen i fokus

Internationella Polaråret avslutades i Sverige med ett seminarium i Riksdagen i mars. I fokus stod Arktis befolkning.

ISverige tänker vi ofta att Arktis, det är Grönland, Svalbard, Sibirien och Alaska. Men vi är också en del av polarområdet, säger Sverker Sörlin, ordförande i svenska kommittén för Internationella polaråret.

– När det Internationella Polaråret nu går mot sitt slut återstår mycket att göra, inte minst för den svenska regeringen, fortsätter Sverker Sörlin. Endligt honom har den svenska regeringen inte tagit den ledarroll som är möjlig i nordområdena och det saknas också en formulerad agenda kring Sveriges roll i EU:s nya politik för Arktis. Han riktade på seminariet följande uppmaning till regeringen:

– Kom ut på banan! Arktis och nordområdena är en del av framtiden.

Och i flera anföranden när politiker, forskare och experter samlades för att diskutera Arktis – en region i förändring – kom liknande uppmaningar.

– Glöm inte bort de fyra miljoner människor som bor i nordområdena när Arktis framtid diskuteras!

Flera av talarna pekade på behovet av medborgerligt medbestämmande utifrån såväl ett

politiskt som juridiskt perspektiv. Likaså pekades på de kunskaper som urfolk och boende i Arktis besitter. Kunskap som vi gemensamt behöver för att lösa de problem och utmaningar som Arktis står inför.

Anne-Rita Nicklasson, ordförande i kommunstyrelsen i Ballangen i Nordnorge, efterlyste en vi-känsla bland befolkningen som inkluderar omkring 40 olika grupper av urfolk. Idag vet vi mer om miljö och hav i de nordliga områdena än vi gör om människorna som bor där.

Sara Larsson, miljöansvarig politiker i Sametinget, slog fast att ur ett samiskt perspektiv, är alla frågor miljöfrågor. Men medan klimatförändringens konsekvenser, till exempel snöförhållanden som försvarar renarnas vinterbete, går att hantera med hjälp av teknik, är det värre med samhällsförändringarna.

– I den diskussionen är det viktigt att släppa in urfolken i stugvärmerna, vi vill vara delaktiga och ta fram egna strategier, säger Sara Larsson.

/ Anna Kim-Andersson och Hanna Zetterberg Struwe.

Verkställande sekreterare för svenska kommittén för Internationella polaråret Anders Clarhäll, ordförande Sverker Sörlin och informatör Hanna Zetterberg Struwe. De var några av hundra-talet medverkade vid Internationella Polarårets officiella avslutning i Genève i februari.

Foto: Anna Kim-Andersson.



När Jorden hamnade på middagsbordet!



Samtal om Jorden vid middagsbordet?! Både Internationella Polaråret och kampanjen Earth Hour har fått stor uppmärksamhet i år. Inte minst på baksidorna på mjölkpaketet från Arla där bland annat ovanstående illustrationer och texter återfanns i februari och mars.

INTERNATIONELLA POLARÅRET ÄR SLUT – VAD HÄNDER SEDAN?

– **Polaråret har varit** en kampanj för polarforskning och har som sådan samlat aktörerna inom detta område till samarbete och ett gemensamt mål, säger Anders Clarhäll, verkställande sekreterare för svenska kommittén för Internationella Polaråret.

– Forskare, myndigheter och lokalbefolkning har hittat varandra i nya konstellationer som med all säkerhet kommer att leva vidare under många år framöver, säger Anders Clarhäll.

Det finns processer som initierats under polaråret, men som inte hunnit slutföras eller funnit sin plats när Polarårets officiella observationsperiod var slut i mars 2009.

– Det mest uppenbara är givetvis att alla de forskningssdata som samlats in inte hunnit bearbetas. I Sverige vet vi också att vi kommer

få en ny organisation för polarforskningens administration. Hur detta kommer att se ut, eller hur arbetet kommer att fördelas mellan myndigheter och universitet är dock ännu ganska oklart. Internationellt befinner sig många frågor i ett vänteläge innan Arktiska rådets ministermöte i slutet av april. Efter ministermötet vet vi mer om hur de arktiska staterna kommer att föra arvet vidare efter polaråret, och inte

Mer om Polaråret

- Polaråret är ett vetenskapligt program där över 60 länder och tusentals forskare samarbetar med fokus på Arktis och Antarktis.
- Polaråret varade från mars 2007 till mars 2009, för att möjliggöra två hela fältsäsonger på både norra och södra halvklotet.
- Polaråret 2007–2009 är det fjärde polar-året. Det första ägde rum 1882–1893 och sedan dess har polarår organiserats regelbundet.
- Under polaråret startade nätverket APECS som förenar unga doktorander och forskare inom polarforskningens område. Nätverkets syfte är att stimulera internationella samarbeten och samarbeten över disciplinränder. Att utveckla unga forskares karriärer, att hjälpa till med utbildning och "outreach" är andra uppgifter för nätverket. Mer än 1200 unga forskare från hela världen är redan anslutna till APECS. Läs mer på www.arcticportal.org/apecs



Från pol till pol. En stor del av resultatet av Polarårets forskning kommer att presenteras vid IPY Oslo Science Conference i juni 2010. Läs mer på: www.ipy-osc.no

Hallå där!

Geologiska Föreningens styrelse består av flera aktiva och duktiga geologer. Här får vi veta mer om föreningens nye ordförande Otto Hermelin från Stockholms universitet samt vår nye styrelseledamot Erik Ogenhall från Uppsala universitet.

Otto Hermelin,
mikropaleontolog och
klimatforskare.

Välkommen! Vem är du?

Är naturälskare sen barnsben och hade nog tänkt bli biolog men upptäckte paleontologin i mitten av 1970-talet. Disputerade 1985 i Stockholm, tillbringade några år vid Woods Hole Oceanographic Institute i USA varefter jag återvände till Stockholm. Forskningsmässigt har jag främst ägnat mig åt bentiska foraminiferer och hur dessa kan användas för att göra paleoklimatiska rekonstruktioner. Har dock under de senaste tio åren ägnat mig helhjärtat åt undervisningen av våra studenter.

Vad gör du som studierektor? Några spännande projekt på G? Arbetet som studierektor vid Institutionen för geologi och geokemi vid Stockholms universitet föll sig ganska naturligt – jag har alltid tyckt om att undervisa! Förutom studievägledningen så undervisar jag ganska mycket, dels i våra grundkurser men kanske



framförallt inom våra orienteringskurser som med åren blivit en fantastisk succé. Detta ligger inom universitetets tredje uppgift – samverkan med omgivande samhälle – och där undervisar jag på kurser med teman som öknar, vulkaner, livets utveckling, dinosaurier och människans utveckling. Antalet kurser utökas ständigt på studenternas önskemål.

... Mitt mål är att nå en vidare publik.

Vad bidrar du med till Geologiska Föreningen? Hoppas att jag kan hjälpa till med att föra ut geologin till den stora allmänheten. Ämnet saknas i skolan och för att förstå de processer som exempelvis styr vårt klimat är kunskaper i geologi av yttersta vikt. Jag vill att så många som möjligt ska få möjlighet att fascineras över den mångfald av intressant och tankeväckande kunskap som geologin rymmer. Mitt mål är att nå en vidare publik och att Geologiska Föreningen ska bli det naturliga valet inte bara för den geologiintresserade utan även för den allmänt naturintresserade.

Vad gör du på din fritid? Tyvärr är fritiden lite begränsad, geologiska exkursioner tar en stor del av min tid. Under 80-100 dagar om året tar jag våra studenter till Gotland, Skottland, Västergötland, Azorerna, Frankrike och västra USA och visar på olika geologiska processer och fenomen. Däremellan är det husrenoveringar, skidåkning, svamp-plockning och skärgårdsliv på Ornö i Stockholms skärgård tillsammans med hustru, fyra barn och två Jack Russel-hundar som gäller.

Erik Ogenhall,
berggrundsgeolog.

Välkommen! Vem är du? En värmlänning som bott i Uppsala sedan 1995, läste först medicin och biologi innan jag hittade till berggrundsgeologi via paleontologi. Är i slutfasen av mitt doktorerande om Svecofennium i allmänhet och Hamrångeområdet i synnerhet.

Varför valde du geologin som yrke? Blev först intresserad när jag läste en bok av Ardito Desio, italiensk geologiprofessor, som ledde den

första lyckade expeditionen till K2. Klättrade och besteg en del berg under 1990-talet och trodde att det skulle kunna gå att kombinera nytta med nöje.

Vem är du privat? Är gift med Ingrid och har en 2,5-årig dotter som heter Frida. Vi bor i lägenhet i centrala Uppsala och har ett sommarställe ett par mil utanför stan där vi tillbringar sommarhalvåret. Jagar och fiskar så ofta jag kan, vilket tyvärr blir alldeles för sällan...

Har du något favoritresmål? Jag besökte den grekiska ön Thassos på en fältkurs i strukturgeologi





Oldoinyo Lengai eller "Guds berg"

Oldoinyo Lengai (2 962 meter över havet) är världens enda aktiva karbonatitvulkan. Karbonatiterna kan ses som vita strimmor (som massajerna kallar guds skägg) nära vulkanens topp. Detta är äldre omvandlade karbonatiter som blivit vita.

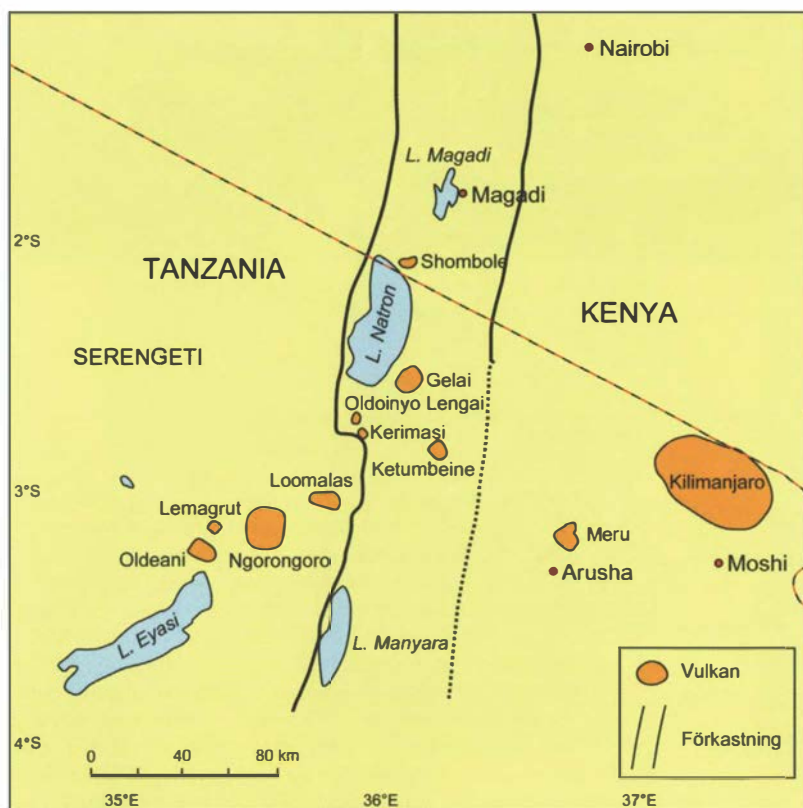
TEXT / FOTO Hannes Mattsson

Visste du att det idag finns 527 kända karbonatitförekomster i världen men endast en aktiv vulkan som producerar karbonatitmagmor? Den heter *Oldoinyo Lengai* och återfinns i norra Tanzania.

Oldoinyo Lengai reser sig drygt 2 000 meter över det omkringliggande landskapet i den östafrikanska riften. De senaste åren har vulkanens aktivitet drastiskt ändrats från små effusiva utbrott till mer volymrika utbrott med explosiva inslag, något som förhoppningsvis kommer att leda till ökad förståelse om hur vulkanen fungerar och hur de karbonatitiska magmorna bildas. Oldoinyo Lengai är den enda vulkan som anses vara aktiv i området även om det finns flera andra stora centralvulkaner och kalderor som visar seismiska tecken på att magma fortfarande rör på sig på djupet (däribland den närliggande



Aktiv lavasjö i Oldoinyo Lengais krater i juni 2007. Lavasjön är ungefär 4,5 meter bred.



Karta som visar Oldoinyo Lengai och andra större vulkaner i området.



Hornito fotograferad i gryningen. Endast med lång exponeringstid (30 sekunder) kan man se att karbonatiterna glöder. Fotot är taget i juni 2007.

sköldvulkanen Gelai). Namnet, Oldoinyo Lengai, kommer från massajernas talspråk *maa* och betyder Guds berg. Vulkanen har under en lång tid haft en religiös betydelse för den lokala befolkningen och när den uppvisar tecken på ökad aktivitet offras genast kor och getter vid bergets fot i försök att blidka gud (även om djuren kanske faller mer i smaken hos den leopard som har området som sitt revir).

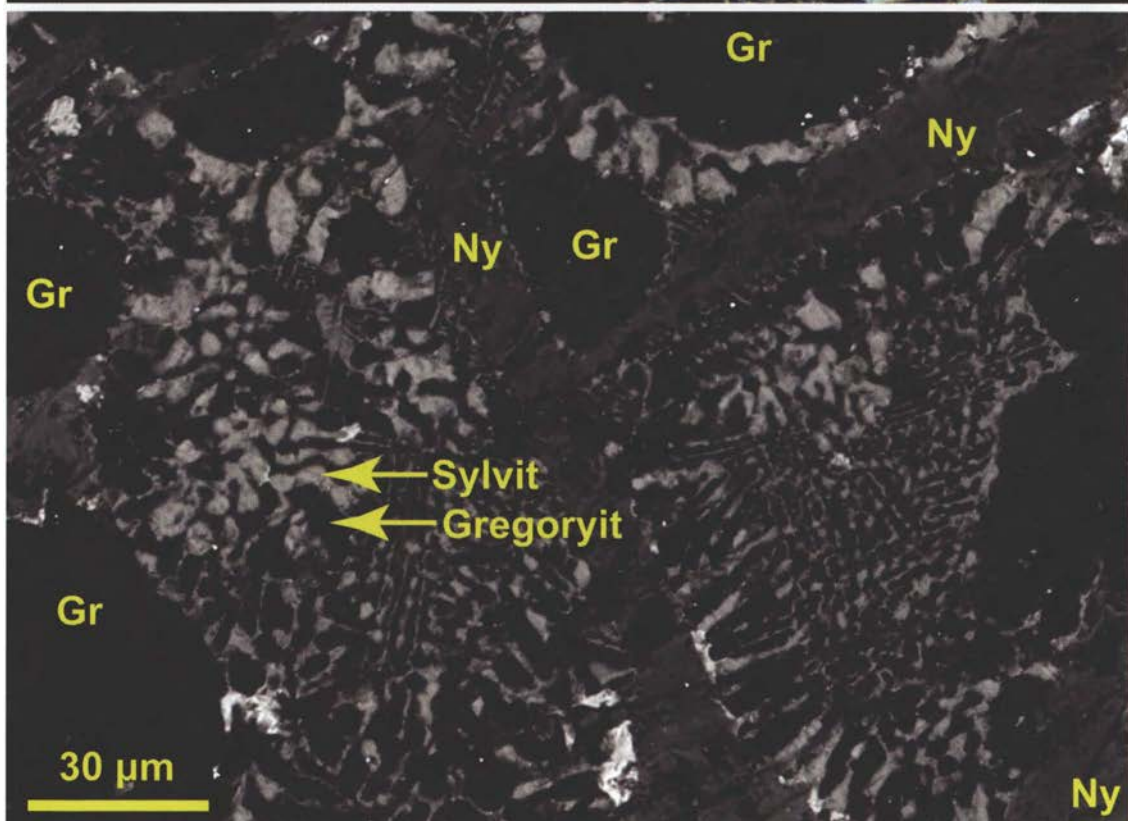
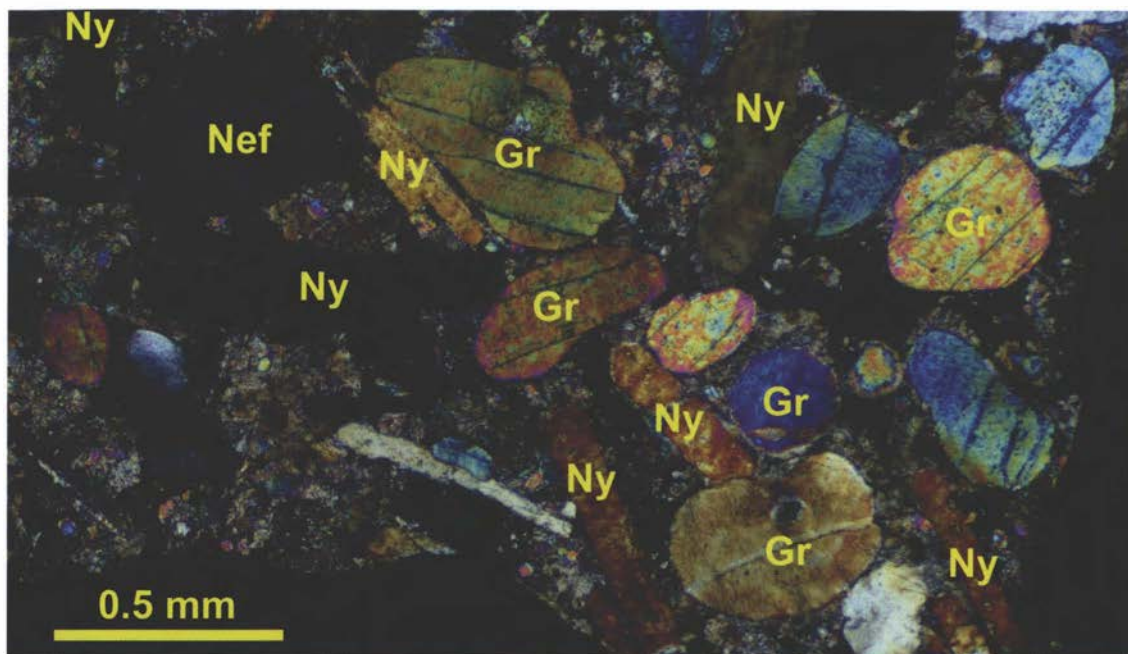
Oldoinyo Lengai ligger relativt isolerat nära den kenyanska gränsen och det tar i dagsläget nästan en hel dags resande med jeep i oländig terräng för att nå vulkanen från den närmaste staden Arusha. Därför är det föga förvånande att de första vetenskapliga undersökningarna gjordes så sent som slutet av 1800-talet. Trots att flera tidiga besökare i kratern noterade vitaktiga rester av "lerflöden" så var det inte förrän i början av sextioalet som den brittiska geologen Barry Dawson insåg att det faktiskt handlade om karbonatitlavor. Den ovanliga magman gavs namnet natrokarbonatit på grund av den natriumrika kemin (med omkring 30 viktprocent Na_2O). Oldoinyo Lengai har varit aktiv i mer än 0.37 Ma, och har likt många andra stratovulkaner också haft explosiva utbrott och periodiska kollapsar. Till en början dominerades vulkanen av fonolitiska lavor och askor, men mer än hälften av den ursprungliga konen försvann i samband med en omfattande sektorkollaps tidigt i vulkanens historia. Utbrotten fortsatte även efter kollapsen, men sammansättningen ändrades då från att vara fonolitisk

till att domineras av nefelinitiska utbrottsprodukter. De natrokarbonatitiska lavorna som Oldoinyo Lengai är mest känd för utgör faktiskt inte mer än fem procent av vulkanens totala volym.

NATROKARBONATITER

Bland det första som man brukar associera Oldoinyo Lengai med är frekventa utbrott av karbonatiter med låga eruptionstemperaturer och extremt låg viskositet. Temperaturen vid utbrott varierar mellan 590–550°C och lavorna stelnar vid runt 490°C, detta gör att lavorna är så pass svala att de inte glöder (de är svarta till mörkgrå och enda möjligheten att fotografera glödande karbonatitlavor är genom långa exponeringar i svag belysning). Viskositeten hos natrokarbonatiter har mätts både i fält och i laboratorier, till så låga värden som 0.15 Pa s (identiskt med vissa vegetabiliska oljor), detta att jämföras med basalter som ligger runt 10^2 – 10^3 Pa s och ryoliter på 10^7 – 10^8 Pa s.

Natrokarbonatiterna består av två huvudsakliga mineral, gregoryit (efter John W. Gregory, brittisk geolog och upptäcktsresande) och nyerereit (efter Julius K. Nyerere som var Tanzanias president under perioden 1964–1985). Gregoryit ($[\text{Na}_2, \text{K}_2, \text{Ca}]\text{CO}_3$) bildar



Natrokarbonatitisk lava i tunnslip och under elektronmikroskop. Lavan domineras av runda gregoryitkristaller (Gr) och primatiska nyerereitkristaller (Ny), även om det i detta prov råkat komma med en ensam, delvis avbruten, nefelinkristall (Nef) när lavan runnit över vulkanens flanker. Grundmassan domineras av sylvit (vitt) och gregoryit (mörkgrå) som bildar komplexa mönster under det sista kristallisationsskedet.

bildar väl rundade kristaller medan nyerereit ($\text{Na}_2\text{Ca}[\text{CO}_3]_2$) bildar långsmala prismor. Grundmassan består till stor del av komplexa sammanväxningar av sylvit-halit och gregoryit, tillsammans med mindre mängder apatit, fluorit och Fe-Mn-sulfider. Gregoryit, nyerereit och sylvit-halit är i varierande utsträckning vattenlösliga och omvandlas snabbt till sekundära mineral i kontakt med vatten i atmosfären. På grund av den snabba omvandlingen är natrokarbonatiter svarta vid tidpunkten för utbrotten men ändrar färg till vitt efter bara några dagars exponering, och vanligtvis blir hela lavaflöden reducerade till löst material bara ett par månader efter utbrottet (insamlade prover och tunnslip måste förvaras under vakuum om man vill behålla dem någon längre tid). Denna omvandling gör att natrokarbonatiterna kemiskt sett närmar sig sammansättningen hos de vanligare förekommande Ca-karbonatiterna eftersom natrium lätt urlaskas. Därför finns det forskare som har föreslagit att de flesta Ca-karbonatiter i början faktiskt var natrokarbonatiter. Men att systematiskt urlaska vissa element (som natrium) för att bilda Ca-karbonatiter från ursprungliga natrokarbonatiter, skapar många problem som inte kan förklaras genom fältobservationer eller laboratorieanalyser (så som volymminskning, ändringar av stabila isotoper, etc.). Därför måste det finnas någon grundläggande skillnad i bildningen av olika typer av karbonatiter. Däremot är det mycket sannolikt att en viss del av världens karbonatitförekomster ursprungligen var natrokarbonatiter som omvandlats med tiden, men detta gäller dock långt ifrån alla.

Trots mer än 30 år av diverse petrologiska undersökningar och experiment har man inte kunnat lösa gåtan med hur natrokarbonatiter bildas. Tre olika hypoteser har framförts:

- (1) oblandbarhet mellan en silikatmagma och en karbonatitmagma
- (2) fraktionerad kristallisation av en CO_2 -rik silikatmagma som producerar karbonatitmagma som restprodukt
- (3) att natrokarbonatiterna i själva verket inte är en magma utan kondensat av CO_2 -rika fluider.

Den teori som idag har mest stöd bland forskare är oblandbarhet, men då följer genast frågan: var sker denna separation mellan silikat- och karbonatitmagma? Och svaret på den frågan varierar från någonstans i manteln till ett par hundra meter under kratergolvet beroende på vem man frågar.

I många av världens extrusiva Ca-karbonatiter finner man mantelxenoliter, något som tyder på att dessa magmor bildas i manteln och sedan stiger mycket snabbt till ytan (utan att utvecklas/fraktioneras i magmakammare i jordskorpan). Inte mindre än 15 små vulkankäglor i området runt Oldoinyo Lengai består av konjugerande par av melilitit-karbonatit eller nefelinit-karbonatit och alla dessa innehåller också mantelxenoliter. Mantelxenoliterna, som består av duniter, wherliter och lherzoliter är ofta skurna av flera generationer av metasomatiska gångar (bestående av främst amfibol, flogopit och primär magmatisk dolomit).

Karbonatiterna i de små vulkankäglorna är kalcit- och dolomitkarbonatiter med helt annan sammansättning än jämfört med Oldoinyo Lengais natrokarbonatiter (där man inte heller kan finna några mantelxenoliter). Därför tror många forskare att natrokarbonatiterna har bildats genom avblandning från en mer utvecklad melilititisk eller nefelinitisk magma vid relativt lågt tryck i en magmakammare (detta stöds också av de begränsade experimentella data som finns i dagsläget). En möjlig silikatmagma kan då vara de kombeit- och wollastonitförande nefeliniterna som är relativt vanligt förekommande i Oldoinyo Lengais stratigrafi.

DE SENASTE ÅRENS AKTIVITET

Mellan åren 1983 och 2006 karakteriserades den vulkaniska aktiviteten av små natrokarbonatitiska lavaflöden utan några explosiva episoder (det är mycket svårt att bygga upp det nödvändiga gastrycket för explosiva utbrott i en magma med så låg viskositet). Dessa små, men nästan kontinuerliga, lavaflöden fyllde successivt upp den nefelinitiska huvudkratern och började senare bilda överflöden nedför sidorna på vulkanen (de vita strimmorna nära toppen av vulkanen som massajerna kallar för Guds skägg).

I mars 2006 ändrades detta normala beteende med ett ovanligt stort lavaflöde (10^6 m^3 ; vilket motsvarar den sammanlagda volym som vulkanen producerat under de 2-3 föregående åren). Utbrottet varade i 14 dagar och fyllde upp södra delen av huvudkratern och fortsatte sedan ner för den nordvästliga sidan av vulkanen. Lavan rann mer än tre kilometer från kratern och stannade bara ett par hundra meter ifrån den närmaste bosättningen på riftgolvet. Till följd av utbrottet bildades de följande månaderna en ny kollapskrater inuti den gamla kratern. I de nyblottade kraterväggarna kunde flera små magmakammare observeras bara ett tiotal meter under det tidigare kratergolvet. Detta visade något som länge misstänkts men inte kunnat bevisas, nämligen att en hel del av den karbonatitiska magman förvarades väldigt nära ytan precis innan utbrotten och att dessa magmakammare var sammanlänkade.

Efter utbrottet 2006 var vulkanen inaktiv i mer än 14 månader då ingen vulkanisk aktivitet kunde observeras på ytan. De första lavaflöden som följde efter detta utbrott kom först i mitten av juni 2007. Den nya aktiviteten bestod av små explosioner som byggde upp flera små branta koner (så kallade hornitos), ett par lavasjöar och många mindre lavaflöden. Denna typ av aktivitet var närmast kontinuerlig de följande månaderna även om intensiteten gradvis ökade fram till början av september 2007. Den 4 september 2007 ändrades allt när ett explosivt utbrott tog vid. Under den explosiva fasen observerades tidvis eruptionspelare som upp-nådde mer än 15 kilometers höjd över vulkanen, och associerat med kollaps av dessa pelare

kunde man för första gången observera pyroklastiska flöden på vulkanens flanker. Aska som insamlades 18 kilometer från vulkanen ett par dagar efter utbrottets början visar att sammansättningen i det första stadiet var typisk för de vanliga natrokarbonatiterna, vilket är förvånade eftersom magman har så låg viskositet att explosiva utbrott teoretiskt sett borde vara närmast omöjliga. Ett par veckor senare uppvisade askan dock en helt annan sammansättning, som tyder på en hybrid mellan en nefelinitisk och en karbonatitisk magma (eller möjligen en nefelinitisk magma som assimilerat existerande karbonatiter i kratern precis innan utbrottet). I nuläget vet vi inget om sammansättningen hos de utbrottsprodukter som producerats efter december 2007 (trots att den explosiva fasen faktiskt pågick till april 2008). Detta på grund av att vulkanen är så otillgänglig, samt att eventuell nederbörd snabbt spolar bort och löser upp den finkorniga natrokarbonatitiska askan.

FORTSATT FORSKNING

Trots att en hel del forskning har lagts ned på att bättre förstå hur Oldoinyo Lengai fungerar och hur natrokarbonatiter bildas är det många aspekter som fortfarande är närmast ostuderade.

De natrokarbonatitiska lavorna utgör ett perfekt naturligt laboratorium för att studera dynamiken hos lavaflöden (kristallisation, avsvälning, reologi, morfologi, etc.). Eftersom volymen hos ett individuellt lavaflöde är liten (vanligtvis mellan 1–100 m³) så kan man studera en mängd olika processer i fält med relativt enkel utrustning. Problemet kommer när man måste ändra skala för att resultaten ska vara tillämpningsbara på lavaflöden av annan geokemisk sammansättning (som exempelvis basaltiska lavaflöden). För att en sådan omräkning ska vara tillförlitlig krävs att man känner till de fysikaliska egenskaperna hos natrokarbonatitiska lavar (som till exempel den termala diffusivitetskoefficienten). Tyvärr är de enda värden som är tillgängliga idag bara uppskattningar som är baserade på fältmätningar (uppmätta avsvälningsskurvor som passats till hypotetiska modeller) och inga exakta bestämmingar av dessa parametrar har hittills genomförts under kontrollerade laboratorieförhållanden.

Nya experimentella data visar att diffusionen av element mellan kristaller och smälta är extremt snabb i natrokarbonatitiska magmor. Gregoryitkristaller upp till 0,5 millimeter i storlek ändrar sammansättning så att de hamnar i jämvikt med smältans geokemi på så kort tid som 10–45 minuter (vilket är avsevärt mycket snabbare än i silikatmagmor). Den extremt snabba diffusionen beror på att natrokarbonatitiska magmor är jonsmältor och därmed mycket mindre strukturerade än silikatsmältor vilket underlättar diffusionsprocessen. Detta utgör bara det första steget till att i detalj förstå diffusionsprocessen i karbonatitiska magmor

och mycket arbete återstår fortfarande. Det står dock klart från resultaten av dessa experiment att kemin hos just gregoryitkristaller kan användas som en indikator för att uppskatta avsvälningshastigheter hos natrokarbonatitiska lavar och pyroklastiskt material. Frågan är om diffusionen kan användas för att uppskatta hur lång tid som magman befinner sig i magmakammaren innan utbrott, eller om diffusionen är allt för snabb för att kunna ge sådana svar?

Förhoppningsvis kommer det insamlade materialet från Oldoinyo Lengais explosiva fas kunna ge oss en viktig insikt i silikatmagmans geokemi (som är grundläggande för att utföra relevanta petrologiska avblandningsexperiment vid olika tryck och temperatur). Just detta har tidigare varit något av ett problem då man närmast tvingats gissa sig till silikatmagmans kemi eftersom man inte kunnat finna några konjugerande silikat- och karbonatitmagmor på ytan. Geofysiska och seismiska studier av vulkanen lyser nästan helt med sin frånvaro. Kanske kan sådana studier visa var eventuella magmakammare finns under vulkanen?

Kort sagt så återstår massor av arbete innan vi verkligen förstår hur vulkanen fungerar och hur natrokarbonatiterna bildas. Just nu finns dock ett allvarligt hinder som begränsar hur långt vi kan komma i den forskningen eftersom petrologiska och vulkanologiska studier är beroende på nya prover som inte omvandlats i kontakt med atmosfär/regn. Den senaste gången Oldoinyo Lengai hade ett större explosivt utbrott (1966–1967) tog det närmare 15 år innan karbonatitiska aktiviteten återupptogs, just nu kan vi bara vänta och se hur lång tid det tar denna gång innan vi änyo kan bege oss dit för att samla prover från vulkanen.

HANNES MATTSSON är forskningsassistent vid institutet för Mineralogi och Petrologi, Swiss Federal Institute of Technology (ETH Zurich).

Är det viktigt att ha koll på smådjuren i vattnet?

Grundvattnet tillhandahåller en till stora delar okänd livsmiljö för mikroskopiskt små djur som hoppkräftor, rundmaskar och hjuldjur. Och ja! Det kan vara viktigt att känna till faunans sammansättning. Den ger exempelvis ledtrådar till i vilken utsträckning grund- och ytvatten står i kontakt med varandra.



De djur som lever hela sin livscykel i grundvattnet (stygobionta) lägger få ägg och släpar med sig dem tills de kläcks. Bilden visar *Arcticocamptus rhaeticus*, som brukar bli knappt 0,5 millimeter lång. Foto: A Fuchs

TEXT Barbara Thulin, Berit Lundqvist

Att grundvatten kan innehålla små djur har forskarna vetat länge. Grundvattnet är i själva verket ett av jordens äldsta och största limniska habitat. Den första upptäckten av grundvattenfauna gjordes i en brunn i Prag 1886. Hittills har 2 000 arter upptäckts i Europa. Uppskattningsvis finns det mellan 50 000 och 100 000 olika arter i världens alla grundvattenförekomster. Inom ramen för Svensk Kärnbränslehanterings program för biosärforskning har Geo Innova AB och universitetet i Koblenz-Landau gjort en litteraturstudie av vad som är känt om grundvattendjur.

Grundvattendjuren är för det mesta avlånga till formen för att få plats i bergets mikroskopiskt små sprickor och porer. Samtidigt är djuren själva mycket små. Storleken hos de flesta arter varierar mellan 0,3 och 1 millimeter.



Många grundvattendjur är endemiska, dvs de lever bara på en plats. Till dessa endemiska arter hör *Niphargus kochianus* irländicus, som bara har hittats på Irland. Foto: H J Hahn

Spektrumet av arter sträcker sig från infusionsdjur (ciliate), rundmaskar (*nematoda*), hjuldjur (*rotatoria*) grälöss eller gräsuggor (*isopoda*), musselkräftor (*ostracoda*) till kräftdjur (*crustacea*). Av dessa är kräftdjuren de vanligaste.

De flesta är släkt med utdöda arter eller med djur som lever i en annan livsmiljö, till exempel havsvatten. En annan möjlighet är att grundvattnet blev en nisch för vissa arter under perioder då förhållandena på markytan blev för ogästvänliga.

Många arter är endemiska och finns bara i isolerade grundvattenförekomster. Detta är till exempel vanligt i karstområden med underjordiska vattensystem i södra Europa och under Australiens öknar.

I Sverige är det mest troligt att hitta endemiska arter på Öland och Gotland samt i fjällkedjan. Det postglaciala landskapet gör förhållandena likformiga i övriga Sverige och det är svårt att avgränsa de olika akvifererna från varandra.

Ogenomsläppliga jord- och bergarter saknar ofta grundvattenfauna, i motsats till grundvattenförekomster i lösa sediment och sprickiga bergarter. Den svenska berggrunden borde alltså kunna tillhandahålla en livsmiljö för grundvattendjur. Det är möjligt att förutsättningarna är bäst i kontakten mellan ytvatten och grundvatten vid ackumulationsbottnar, nära stranden och i bräckt grundvatten nära havet.

Än så länge har inga mer omfattande kartläggningar av grundvattenfaunan gjorts i Sverige. Forskare som arbetar med grundvattendjur utgår ifrån att biodiversiteten i grundvattnet är jämförbar med den i ytvatten. Då ArtDatabanken anger antalet arter till mellan 3 000 och 4 000 för ytvatten, borde det finnas goda chanser att hitta många arter av grundvattendjur i Sverige om dessa har överlevt istiden.

Man har rapporterat fynd av grundvattendjur i Finland, bland annat *Troglochaetus beranecki*. Arten har också hittats i stora delar av Nordamerika och Europa. I och med upptäckten att den också förekommer i akviferer i finska rullstensåsar försköts gränsen för artens utbredningsområde norrut. Denna uråldriga art borde gå att hitta i Sverige, eftersom åsar och andra vattendrag kan betraktas som en form av motorvägar för grundvattendjur.

Samtidigt rapporterade H Enckell i slutet av 1960-talet att fem olika slags hoppkräftor av släktet *Parastenocaris* hittats spridda över hela Norden.

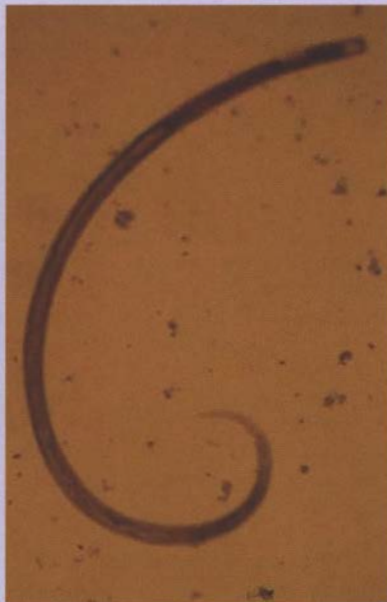
Utbredningen av en av de fem arterna, *P. phyllura* återspeglar ganska exakt högsta kustlinjen och utbredningen av en annan av de fem arterna, *P. glacilis*, återspeglar med stor precision isens utbredning.

Vår kunskap om hur grundvattendjuren lever och vilka funktioner de har i ekosystemet och i näringskedjan är ofullständig. Känt är emellertid att många arter betar biofilm, som består av bakteriebeläggningar. På så sätt har de samma funktion i det underjordiska ekosystemet som virus – de håller bakteriepopulationerna i schack och ser till att dessa inte tar överhanden. Grundvattendjur håller också porer och sprickor i berget öppna. I grundvattnet förekommer troligtvis både betande djur och något större arter som är rovdjur. Generellt vet vi väldigt lite.

Det finns tre olika typer av grundvattenfauna: stygobionta, stygofila och stygoxena arter. Djur som lever hela sin livscykel i grundvatten kallas stygobionta arter. I underjorden råder mörker. Någon fotosyntes av betydelse kan inte äga rum och därför inte heller någon primärproduktion. Nästan all näring måste alltså tillföras från ytan. Organismerna behöver både organiska och oorganiska ämnen (mat och syre) för att överleva.

Det krävs dock inte så stora mängder. Djuren är specialanpassade till den närings- och syrefattiga miljön nere i berget och tål långa perioder av närings- och syrebrist. Under kortare perioder kan de till och med överleva helt utan syre.

Ögonen är reducerade eller avskaffade och djuren saknar pigment. Den senare egenskapen leder till att djuren blir genomskinliga eller vita. Grundvattendjurens ämnesomsättning är nedsatt och reproduktionshastigheten låg. I stället för att kläcka en



Bilden till vänster: *Megacyclops virides* (till vänster) är en så kallade stygofil art som lever både i yt- och grundvatten. *Diacyclops langoides* (till höger) är en stygobiont, som bara lever i grundvatten. Foto: H J Hahn. Bilden till höger: Rundmaskar, så kallade nematoder, har lyckats anpassa sig till de hårda levnadsförhållandena i berget. De finns överallt, både i grundvattnet och i fuktig jord. Foto: A Fuchs.

mängd ägg kläcker de bara ett eller två, som de sedan släpar med sig tills äggen kläcks. Hela livscykelns är flera gånger längre än den hos närbesläktade arter.

Stygofila arter lever i både grundvatten och ytvatten, medan stygoxena arter egentligen lever i ytvattnet och endast tillfälligt kan transporteras ner i grundvattnet. De stygofila och stygoxena arterna är känsligare för brist på näring och syre, vilket även återspeglas i deras utformning. Pigment och mer eller mindre utvecklade ögon är typiska egenskaper. Reproduktionshastigheten anses vara större hos stygofila och framför allt stygoxena arter än hos stygobionta arter och livscykelns snabbare.

Om ett grundvatten får ökad kontakt med ytvatten, så att näringstillgången blir betydligt större kommer de stygofila och stygoxena arterna att konkurrera ut de stygobionta. Genom att studera fördelningen av stygobionta, stygofila och stygoxena arter i grundvattnet – och dessutom uppskatta hur många djur det finns totalt – kan man få en uppfattning om var gränsen mellan det ytliga grundvattnet och ytvattnet går samt hur dessa blandas.

Utbredningen av grundvattenfauna kan vara mycket ojämn, eftersom habitatet är så olika. Grundvattenfaunan återspeglar den lokala miljön. Ytterst är det transporten av organiskt material och syre från ytvattnet till grundvattnet som avgör vilka arter som förekommer på platsen.

Generellt kan man säga att hydrogeokemin har mindre betydelse för sammansättningen jämfört med det hydrologiska utbytet mellan yt- och grundvatten. Det senare bestämmer i första hand tillgången på näring och i andra hand syretillgången. Om stygobion-

ta arter dominerar indikerar detta att kontakten mellan grundvatten och ytvatten är liten.

Ett sätt att få en indikation på om det är troligt att man kommer att finna grundvattenfauna i borrhålet är att använda sig av en formel, vars resultat ger en antydning om vilka typer av djur som finns. Indikatorvärdet består av standardavvikelsen för temperaturen multiplicerat med roten ur syrehalten och roten ur mängden detritus (små partiklar) som hittats i ett borrhål. Detritus uppskattas och får ett siffervärde mellan 1 och 3.

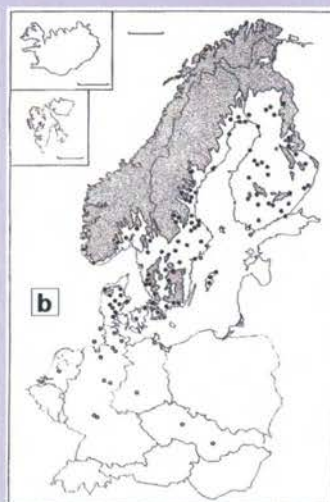
indikatoral = temp. standardavvikelse $\times \sqrt{O(\text{syrehalt}) \text{ mg/liter}} \times \sqrt{\text{andel detritus}}$

Ett lågt indikatorvärde (<2) indikerar att grundvattnet nästan inte har någon kontakt med ytvattnet, det vill säga att uppehållstiderna för grundvattnet är långa. Tillgången på näring och syre är liten. Om det alls finns några grundvattendjur är det stygobionta arter.

När indikatorvärdet ligger i intervallet 2–10 tyder detta på ett måttligt hydrologiskt utbyte mellan ytvatten och grundvatten. Syrekoncentrationerna är måttliga till höga och grundvattenfaunan domineras troligen av stygobionta arter.

Vid höga indikatorvärden (>10) är det hydrologiska utbytet stort. Syrehalterna är måttliga till höga och näringstillförseln god. Vi kan förvänta oss många arter, huvudsakligen stygofila och stygoxena sådana.

Det går att göra tillförlitliga bedömningar utifrån indikatoral. I Tyskland och Sydkorea har flera undersökningar gjorts där ekologiska undersökningar av faunan korrelerade väl med de beräknade indikatoralerna.



Bilden till vänster: *Troglodactylus beranecki* har hittats i grundvatten från bland annat södra Finlands grusåsar. Längden uppgår till 0,7 millimeter. Foto: A Fuchs. Till höger: Kartorna visar utbredning av a) *Parastenocaris glacialis* och b) *Parastenocaris phyllura*.

Grundvatten finns i många olika miljöer, särskilt om den vattenmättade zonen längs sjöar och vattendrag räknas in. Det finns därför flera metoder för att ta prover på grundvattendjur och olika provtagningsredskap har utvecklats.

Först och främst måste man tänka på att ha tillräckligt många borrhål att ta prover ur och att dessa är placerade på rätt ställe. Detta kan vara en svårighet, eftersom "vanliga" borrhål är placerade för att i första hand undersöka hydrologin och inte för att på bästa sätt ta prover på grundvattenfaunan.

Grundvattendjuren finns däremot främst i de ekotona zonerna, dvs i gränsområdena mellan olika ekosystem. I det här fallet handlar det om gränsområdena mellan olika akviferer och gränsområdet mellan grundvatten och ytvatten.

Det finns idag inget standardförfarande för att ta prov på grundvattenfaunan. I de undersökningar som gjorts har man använt sig av tre olika provtagningsstekniker: pumpning, nät och fällor.

Pumpning innebär att man helt enkelt pumpar upp grundvatten och filtrerar bort djuren med ett 74 mikrometer filter. Metoden har flera nackdelar. Den är tidskrävande, dyr och det är dessutom svårt att ta prov från en specifik plats.

I exempelvis ett sandsediment med 10-20 procent porvolym kan ett 500 liters prov härröra från en sfär med diametern 160 meter. Upprepade provtagningar på en och samma plats kan till och med ändra livsbetingelserna för grundvattendjuren i omgivningen.

En enkel, billig och snabb metod är att använda sig av ett specialkonstruerat nät med 74 mikrometers maskvidd. Resultatet är likvärdigt med det man får vid provtagning med hjälp av pumpning.

Fällor är lämpliga för att ta prover i den ekotona zonen mellan grundvatten och ytvatten. Anordningen består av en plastbehållare med hål i den övre delen och är tillsluten med hjälp av packningar.

För att täcka in den biodiversitet som förekommer i grundvatten krävs ett visst antal provtagningspunkter. En regional undersökning bygger till exempel på mellan 25 och 30 olika provtagningspunkter.

Grundvattendjur kan alltså fungera som bioindikatorer, eftersom de reagerar snabbt (veckor eller dagar) på hydrologiska förändringar inom ett ekosystem. Tillämpningsområdena för en ekologisk utvärdering av grundvatten är till exempel för:

- Att bestämma skyddsområde för dricksvattentäkter.
- Våtmarksskötsel.
- Miljökonsekvensbeskrivningar för gruvor och andra undermarkskonstruktioner.
- Naturskyddsbestämmelser.
- Prioritering av åtgärds mål enligt EU:s vattendirektiv.

Grundvattendjuren kan ge oss bättre förståelse för ekosystemet och artrikedomen. Det gäller också för strandzonen längs med Östersjön.

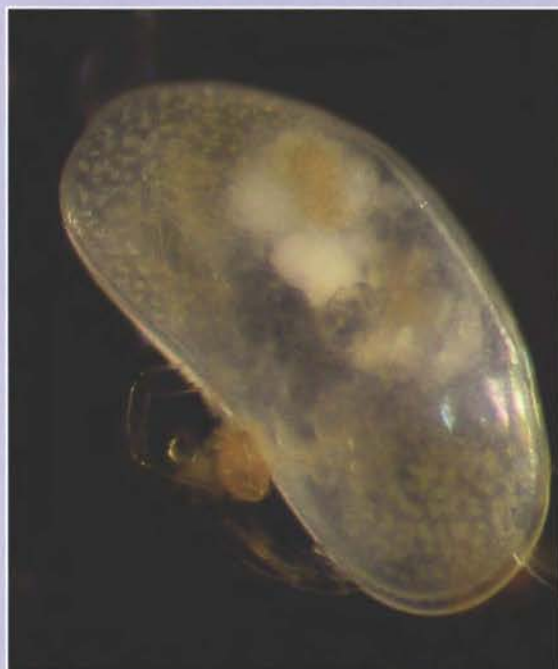
VILL DU VETA MER?

Läs Ecology and Living Conditions of Groundwater Fauna (SKB TR-08-06). Rapporten kan beställas eller laddas ner i pdf-format från SKB:s webbplats www.skb.se. Gå in under publikationer.

Du är också välkommen att kontakta Barbara Thulin, e-post barbara.thulin@geoinnova.se.

BERIT LUNDQVIST, vetenskapsinformatör,
Svensk Kärnbränslehantering AB.

BARBARA THULIN, Geo Innova AB.



Grundvattendjuren är mycket små, mindre än en millimeter. Längden hos *Mixtaconda laisi* uppgår till 0,6 millimeter. Foto: H J Hahn.



Förorenade områden – en del av miljömålsarbetet

TEXT Elin Sandström

Förorenade områden ingår i två olika delmål under miljökvalitetsmålet *Giftfri miljö*. Det är ett relativt nytt problemområde som har uppmärksamats först under de senaste tio till femton åren. I och med att miljöbalken trädde ikraft 1999 finns ett regelverk om ansvar kring förorenade områden. Sedan dess har kraven på undersökningar och saneringar ställts av tillsynsmyndigheterna på de som bedrivit förorenande verksamheter. *Sveriges geologiska undersökning, SGU*, har regeringens uppdrag att utreda och bedöma statens ansvar för förorenade områden som orsakats av tidigare statlig verksamhet.

MYNDIGHETSANSVARET

Naturvårdsverket är den myndighet som är ansvarig för delmålen om förorenade områden under miljö kvalitetsmålet Giftfri miljö. I delmålen anges att områden som innebär en akut risk eller områden som hotar värdefulla vattentäkter eller naturområden ska vara åtgärdade 2010. Dessutom ska så pass många prioriterade områden ha åtgärdats 2010 att problemet i sin helhet är löst 2050.



Sanering av en före detta impregneringsanläggning. Saneringen finansieras med hjälp av statliga bidrag. Samtliga bilder till denna artikel är från samma objekt. Foto: SGU.

Problemen med förorenade markområden idag härstammar ofta från gamla industrier, till exempel pappersmassafabriker, impregneringsanläggningar eller kemtvättar men även avfall från gruvindustrin (exempelvis varphögar) sprids som föroreningar. De kemikalier och tekniker för rening som användes förr var ofta inte i närheten av de krav och riktlinjer som finns idag. Kunskapen om effekter av kemikalier i miljön var inte heller så stor. De vanligaste föroreningarna är arsenik, metaller, dioxin samt polycykliska aromatiska och klorerade kolväten. De förorenade områdena varierar i utbredning och kan vara allt från mindre än 100 kvadratmeter till 10 hektar. Industrins storlek behöver inte heller ha någon betydelse för föroreningens utbredning. En liten kemtvätt i en källarlokal kan genom spill och olyckor ha gett upphov till en stor förorening av grundvattnet och därmed påverka ett mycket stort område.

Naturvårdsverket uppskattar att det idag finns omkring 80 000 förorenade områden, varav ca 1500 anses vara så pass förorenade att åtgärder behöver genomföras relativt snart. Ett problem är att många förorenade områden finns i städerna där tidigare industriområden som var belägna i centrala delar av staden, ofta nära vatten, har omvandlats till bostadsområden. Förutom den direkta påverkan som föroreningar kan ha på de som vistas inom ett område, kan farliga ämnen spridas och förorena grundvattnet och vattendrag. En ökad risk för översvämningar i ett föränderligt klimat kan innebära att föroreningar i vattennära områden sprids på ett sätt de inte gjort tidigare.

Ansaret för föroreningar

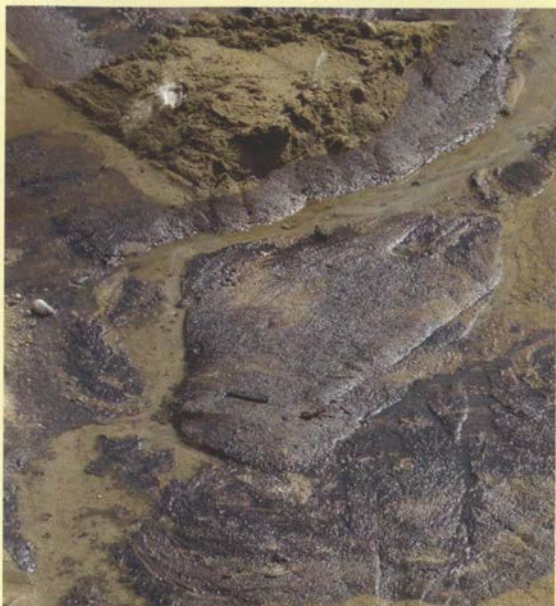
En verksamhetsutövare som gett upphov till föroreningar har ansvaret för att undersöka och efterbehandla det förorenade området. Om verksamheten upphörde

före halvårsskiftet 1969, då miljöskyddslagen trädde i kraft, kan ingen ansvarig ställas till svars enligt Miljöbalken. Dessa äldre objekt kan istället åtgärdas med hjälp av statliga bidrag. Dessa efterbehandlingsåtgärder sköts av kommunen, oftast den tekniska förvaltningen, som ansöker om bidrag hos Länsstyrelsen som i sin tur prioriterar ansökningarna och ansöker om bidrag hos Naturvårdsverket, som har omkring 500 miljoner kronor per år till arbetet med förorenade områden. Ungefär 150 personer på landets länsstyrelser arbetar med dessa frågor och tillsammans med personal på kommuner, konsulter, entreprenörer och andra aktörer är det i hela landet minst 1000 personer som är sysselsatta med arbete kring förorenade områden. Med hjälp av statliga bidrag hade till och med år 2007, åtgärder startats eller avslutats på 80 objekt. Åtgärderna är ofta omfattande och kostnaderna varierar mellan 5-150 miljoner kronor. Åtgärder som finansieras av verksamhetsutövare eller andra ansvariga pågår eller har avslutats vid fler än 1 500 områden i varierande omfattning. Här rör det sig ofta om objekt som är mindre i utbredning och åtgärderna sker ofta i samband med exploatering av markområden. Oljebolagens organisation SPIMFAB har genomfört saneringar vid ett stort antal nedlagda bensinstationer runt om i landet.

SGUs arbete med förorenade områden

På SGUs filialkontor i Stockholm arbetar vi till största delen med förorenade områden. Verksamheten härrör från SGUs regeringsuppdrag att avveckla statens civila beredskapslager av olja och miljösäkra anläggningarna.

Arbetet består idag av två delar. Den ena är att bistå Naturvårdsverket i arbetet mot länsstyrelserna och den andra är ett regeringsuppdrag, där SGU ska utreda och bedöma statens ansvar för förorenade



Krom, arsenik och kreosot är föroreningar som ofta finns i jorden vid äldre impregneringsanläggningar.

områden som orsakats av en tidigare statlig verksamhet där den statliga verksamhetsutövaren inte längre finns kvar. I det senare fallet är staten ansvarig, men det finns ingen myndighet som kan företräda staten gentemot tillsynsmyndigheterna. I detta arbete utreds verksamheter vid exempelvis Förenade fabriksverken (FFV), Överstyrelsen för civil beredskap (ÖCB), Domänverket och Televerket. Hittills har omkring 100 objekt identifierats som förorenade och undersökningar vid anläggningar så som före detta kemtvättar har visat att föroreningssituationen i vissa fall är allvarlig. Resultaten rapporteras årligen till regeringen då även rekommendationer om åtgärder vid vissa objekt förs fram.

I de fall där staten har ansvaret för ett förorenat område finns ännu ingen lösning på hur åtgärder vid dessa objekt ska finansieras. SGU har gett ett förslag till regeringen hur ett sådan lösning kan se ut. Den går ut på att SGU företräder staten som verksamhetsutövare och agerar som huvudman när efterbehandlingsarbetet ska genomföras för objekt med statligt ansvar när ingen statlig verksamhetsutövare finns kvar. Inom staten finns idag flera organisationer och myndigheter som enligt miljöbalken har ett ansvar för förorenade områden och flera av dessa har idag ingen verksamhet som anknyter till den tidigare förorenande verksamheten. SGU har föreslagit att SGU även i dessa fall kan gå in som företrädare för staten och genomföra undersökningar och efterbehandlingsåtgärder.

Hur når vi miljömålet?

Det är ett omfattande arbete som återstår för att uppnå miljö kvalitetsmålen. Vid den senaste fördjupade utvärderingen (2008) kom man fram till att delmålen som rör efterbehandling av förorenade områden är mycket svåra att nå utifrån dagens situation.

De statliga bidragen för att efterbehandla förorenade områden administreras av Naturvårdsverket. För att bidrag ska betalas ut, krävs idag att en kommun tar på sig huvudmannaskapet för åtgärder och dessutom medfinansierar kostnaden med tio procent. Kostnaden är ofta väldigt hög, vilket har gjort att många kommuner har svårt att delta i olika saneringsprojekt, även om de är nationellt prioriterade. Det innebär att kravet på kommunalt huvudmannaskap har blivit en flaskhals i miljömålsarbetet. Dessutom blir en kommun oftast en engångsaktör, vilket innebär att kunskapsuppbyggnaden och erfarenhetsåterföringen blir begränsad utanför kommunens gränser.

För att öka effektiviteten i det statligt finansierade efterbehandlingsarbetet skulle man uppnå fördelar om uppgifterna koncentreras till ett fåtal statliga myndigheter. SGU skulle kunna vara en myndighet som sköter efterbehandlingsprojekt som är finansierade via statliga bidrag, istället för att arbetet är utspritt på många kommuner. SGU skulle kunna agera beställare och upphandla konsulttjänster och entreprenörer som utför arbetet. De direkta fördelarna är att erfarenheter från genomförda projekt kan tas tillvara och samlas inom samma organisation. Det skulle även kunna bli en effektivare organisation då en mindre grupp anställda kan sköta flera projekt parallellt.

Inför och under 2009 kommer SGU ansöka om bidrag för några objekt, för att få genomföra kompletterande undersökningar och åtgärder, dvs agera som huvudman. Detta kan göras utifrån en skrivning i Naturvårdsverkets bidragsförordning som anger att en kommun eller annan statlig myndighet kan gå in och agera som huvudman för bidragsfinansierade projekt. Kravet på medfinansiering då en statlig myndighet iklär sig rollen som huvudman bör kunna tas bort, eftersom samtliga aktörer då hanterar statliga medel. Med detta hoppas SGU kunna visa att det kan gå snabbare och effektivare att nå det miljömål som omfattar förorenade områden.

ELIN SANDSTRÖM är projektledare vid Sveriges geologiska undersökning.

Elise ville uppleva äventyret

Hon ville se mer av världen.
Uppleva en annan kultur. Vistas
i exotisk natur. Som geolog på
Schlumberger fick hon chansen.

TEXT Halfdan Carstens, texten publicerades i norska
tidskriften Geo under 2008.

ÖVERSÄTTNING Gunnel A Wallgren

FOTO Privat

Skulle jag ha valt i dag, skulle jag utan tvekan ha läst geologi. Det säger Elise Opsahl som är säker på sin sak. Och hennes egen uppfattning i den frågan är väl underbyggd efter ett antal år inom oljebranschen: Sex år hos petroleumföretaget Schlumberger, varav tre år mitt inne i det tropiska Afrika, och två år på Eni Norge (än så länge) har gett henne så mycket att hon inte kan tänka sig något annat arbete.

– Under den här tiden har jag varit med om väldigt mycket olika saker, fått många intressanta arbetsuppgifter, lärt mig oändligt mycket och – inte minst – fått inblick i främmande kulturer.

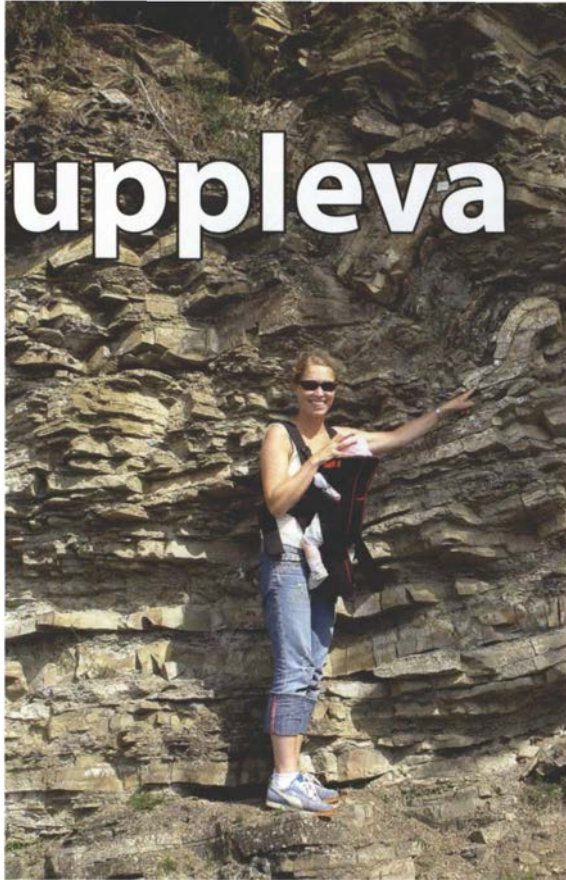
Elise ler. Det gör hon eftersom hon trivs bra på Eni men också därför att hon kan se tillbaka på flera spännande år som geolog, både hemma i Norge och i utlandet, trots att hon nätt och jämnt har hunnit fylla 30 år.

Geologi dygnet runt

Elise tyckte bäst om de naturvetenskapliga ämnena då hon gick i gymnasiet. Datakunskap gillade hon också, men hon insåg snabbt att hon hellre än att bli dataingenjör ville ha ett jobb där "data" är ett redskap. Så det var ett enkelt beslut att söka in till NTH (Norges Tekniske Høyskole; numera NTNU, Norges Tekniske naturvitenskapelige Universitet, i Trondheim).

– Att gå på NTH var det jag helst ville. Jag blev överlycklig när jag fick beskedet att jag hade kommit in.

– Jag trivdes bra under de åren, minns hon. Trondheim är en härlig studentstad, det är en bra miljö, och som aktiv både i idrottsföreningen och studentkåren fick jag ut väldigt mycket av min tid där. Men det absolut smartaste jag gjorde var att tacka ja till erbjudandet om att gå ett år på UNIS på Svalbard.



– Jag är privilegerad som får jobba som geolog, säger Elise Opsahl.

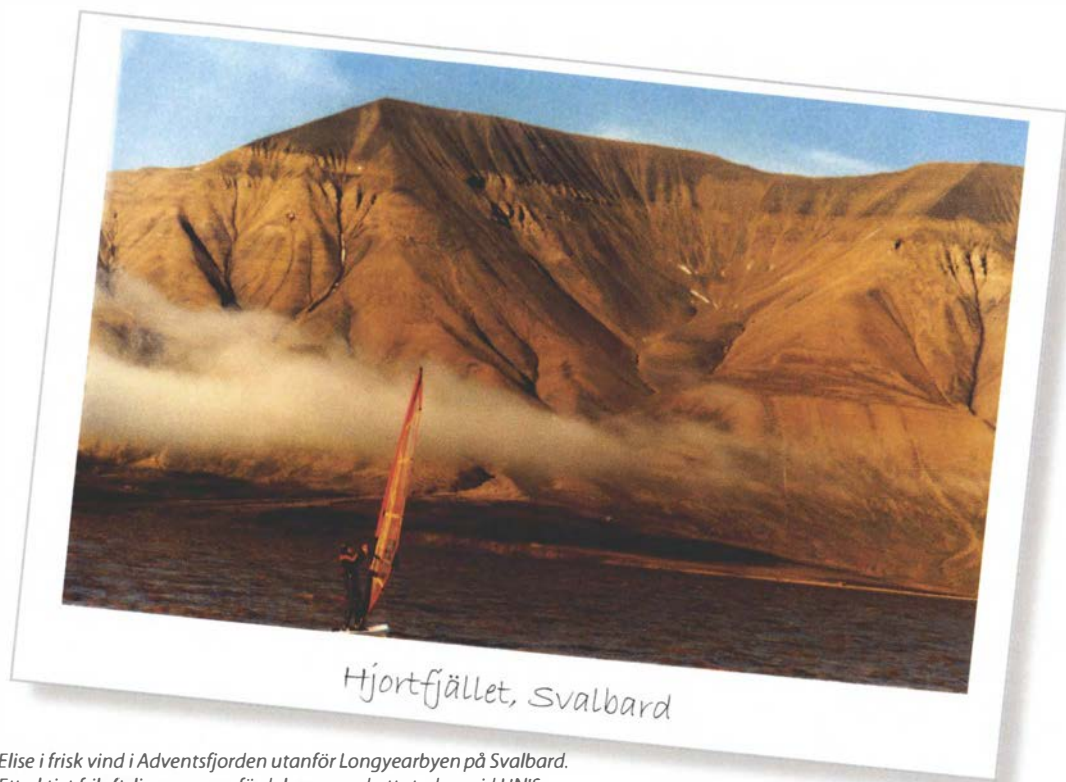
– Svalbard var utan tvekan det viktigaste året för mig. Det allra bästa året under studietiden. Helt maxat!

UNIS står för Universitetscenteret på Svalbard. Här, på 78 grader nordlig bredd, erbjuds studenter från andra universitet att läsa ett år inom ämnesområdena arktisk biologi, arktisk geologi, arktisk geofysik och arktisk teknologi. Det ges också kurser på masters- och doktorandnivå.

– På Svalbard upplevde jag ett helt annat sätt att studera. Böckerna var bara en del av en större helhet. Väl så viktiga var fältkurserna som tog oss till alla de viktiga geologiska lokalerna. På en av exkursionerna såg jag för första gången en stor antiklinal. Det lärde mig något om geologins dimensioner.

– Vi bodde och studerade mitt inne i geologin. I Longyearbyen är den närvarande varenda dag. Du kan inte undgå att se den. Till på köpet hade vi hela 40 dagar i fält. Vi var också ute med en seismisk båt, där vi lärde oss hur man samlar in och bearbetar seismiska data.

– Det var kul att komma ut och se processer och sammanhang, tillägger hon med ett stort leende. Kroppsspråket avslöjar henne också. Det är ingen tvekan om att vistelsen på Svalbard var en stor upplevelse för en ung student. Men övergången från studier till arbete blev mycket tuffare än Elise hade kunnat föreställa sig. I slutet av 1990-talet sjönk oljepriset till under tio dollar per fat, och ingen behövde geologer,



Elise i frisk vind i Adventsfjorden utanför Longyearbyen på Svalbard. Ett aktivt friluftsliv var en av fördelarna med att studera vid UNIS, tillgången till fina berggrundsblottningar en annan. Hjortfjellet syns i bakgrunden. Foto: Privat

så i stället för oljejobb blev det arbete inom skolbarns-omsorgen och på kafé. Inte direkt några drömjobb, för den som ville så oändligt mycket mer efter en lång och krävande studietid.

Varför just Nigeria?

Lyckligtvis tog det inte så lång tid innan Elise fick jobb som geolog på Schlumberger i Stavanger, ett oljeservicebolag med verksamhet världen över och tiotusentals anställda. Medarbetarna kommer från alla världens hörn, och genom sitt arbete har de varit ute och fått se världens mest undagömda platser. Utan tvekan en spännande arbetsplats för en ung person med äventyrlustan i behåll.

– De som hade varit utstationerade tidigare hade massor att berätta. Jag insåg att det var här jag kunde få uppleva äventyret. Så efter ett par år i Stavanger gav jag ledningen en vink om att jag var intresserad av att pröva på utlandsjobb. Det dröjde inte länge förrän chefen kom och frågade om jag var redo att ge mig iväg till Nigeria. Svaret var ett tveklöst "ja", och eftersom min pojkvän, som också hade utbildat sig till geolog, kunde få jobb både på Schlumberger och i Nigeria, så låg vägen öppen.

– Nigeria? Men varför åka till Nigeria? Det finns ju mer exotiska och trygga ställen att åka till, undrar vi.

För de oinvigda kan vi tillägga att Nigeria ligger tämligen långt ned på listan över de ställen världens

oljegeologer vill bege sig till. Och skälet är uppenbart. Nigeria har en annan infrastruktur än den vi är vana vid i Skandinavien. Nigeria är dessutom vida känt för kriminalitet och oroligheter. Och gränslös korruption. Även om Nigeria inte är något semesterparadis, så är Elise ändå väldigt glad över att ha fått lära känna landet bättre, och mestadels har hon positiva upplevelser att minnas.

– Nigeria är trots allt ett härligt land där jag fick många goda vänner. Det är ett land med skarpa kontraster, och det är ett land rikt på naturresurser, underbara stränder, tropisk djungel, stor gästfrihet, vänliga människor och massor av sol. När jag tänker tillbaka på Nigeria tänker jag också på färger, musik, frukter, dans och många glada människor, säger Elise, och det är uppenbart att hon menar det.

– Jag hade tre skäl till att tacka ja till erbjudandet om att flytta till Nigeria för en tid, förklarar Elise.

– Äventyr, erfarenhet och pengar. Mest av allt var det äventyret som lockade.

Och nog blev det äventyr alltid. Många äventyr. Och massor av erfarenhet. Inte minst utmaningar. Klirr i kassan blev det också. För här var det bara att stå på.

– De första fem månaderna arbetade jag varje dag. Med undantag för en enda söndag. Och det var inte något "nio-till-fyra-jobb". Dagar och nätter gick i ett. Min man var en gång offshore sju veckor i sträck. En av mina turer offshore skulle vara i upp till tre dagar, i stället blev det nästan tre veckor.

– Vi fick naturligtvis ett helt annat förhållande till tiden, och jobbet blev en livsstil. Det var tufft. Men jättekul eftersom vi fick möjlighet att lära känna ett vackert land, vi fick många goda vänner från Nigeria, och jag skulle inte vilja vara utan den tiden.

– Jag hade också sådan "tur" att jag fick komma ut i deltat där många av oljefälten ligger. Men det var något av det sorgligaste jag har varit med om. Oändlig fattigdom. Så det är lätt att förstå varför de infödda gör uppror.

Levnadsförhållandena i Nigeria är faktiskt så svåra att alla utlandsstationerade som arbetar för Schlumberger där får resa ut ur landet var tredje månad för att andas frisk luft. Därför har Elise längre vistelser både på Bali och i Östafrika på sin skrytlista. Hon tycker det är fantastiskt att minnas dykning vid korallrev i varmt vatten när hon tar en av sina många löprundor på vinterväglag i Stavanger.

Elise berättar att jobbet med borrstyrning var intensivt, intressant och lärorikt. Hon fick snabbt ansvaret för brunnar, där hon tolkade loggar, gjorde geomodeller och placerade horisontella brunnar i 3–4 meter tjocka sandstenslager ett par tusen meter under jorden.

– Det var hektiskt medan vi borrade, och otroligt kul att kunna bidra med geologisk kunskap för att uppnå optimal brunnsplacering.

En del av erfarenheterna från den här tiden har bevarats åt eftervärlden. Elise är medförfattare till en artikel i *World Oil* (juni 2005, sid. 25–33) som handlar om teknologi som gör det möjligt att styra brunnar genom tunna sandstenslager. Sådant ser också bra ut i meritförteckningen. Det roliga med den artikeln är att alla de fyra författarna kommer från olika länder (Nigeria, Pakistan, USA och Norge).

Också positivt

Minnena från Nigeria är många. Och det är inte så lätt att glömma ett samhälle som saknar det mesta och där allt tycks vara kaos.

– Lagos är en av Afrikas storstäder, med cirka 15 miljoner invånare och en något sporadisk kollektivtrafik, mildt uttryckt. Trafiken kunde vara helt osannolik, speciellt i samband med större helger. Då jag på påskdagen 2002 skulle direkt hem från jobbet tog det tio timmar, en resa som brukar ta 15 minuter. Jag påbörjade hemfärden klockan fyra på eftermiddagen och kom fram klockan två på natten. Man får ett lite annorlunda perspektiv på problemen med rusningstrafik här hemma när man har upplevt något sådant.

Men. Och det är ett viktigt "men". Elise framhåller att hon i Nigeria också upplevde mycket positivt. Allt var inte bara elände.

– Jag har starka minnen från ett traditionellt nigerianskt bröllop. Jag var inbjuden i egenskap av väninna till en väninna till bruden. Det var så tjugigt att se alla nigerianerna, klädda i färggranna dräkter, dansa hela dagen och natten till afrikanska rytmer.

– En annan mycket positiv upplevelse var att besöka universitetet i Benin, där jag skulle hålla en föreläsning för studenterna. Jag togs emot av fakultetsdirektören och behandlades som en prominent person. Studenterna

var intresserade och ställde många frågor så snart direktören hade gett klartecken till att det var fritt fram.

Löprundorna på stranden och i djungeln minns hon också med glädje. För Elise gillar att springa. Antingen det är längs gatorna i Tromsø, när hon är på konferens i ishavsstaden, eller under lunchrasten på stigen runt golfbanan som kontoret gränsar till.

Ville leta efter olja

Efter tre år i Nigeria kom Elise tillbaka till Norge, nu med bred erfarenhet från många oljefält och med expertkunskaper om styrd oljeborrning. Hon kände lust att lära sig mer om oljebranschen, att läsa mer geologi och bli bättre insatt i hur geologerna letar efter olja. Suget efter mer kunskap och nya utmaningar blev så stort att hon ville prova på att arbeta för ett oljebolag.

Eni Norge blev lösningen. De behövde folk, och Elise började jobba i Snorre Olaussens grupp. Snorre har lång erfarenhet både från Oslofältet och norsk sockel. Elise insåg att det kunde ligga en intressant framtid här. Det är viktigt att ha bra mentorer.

På Eni trivs hon alldeles utmärkt. Karriären har tagit ytterligare ett skutt. Förra året var hon med på den norska licensrundan (TFO-rundan), fick delta i alla led, från A till Ö, inklusive presentation och kvalitetskontroll för de höga cheferna i Milano, och nu är det fullt ös inför den 20:e koncessionsrundan.

Elise valde att bli geolog. Det är hon väldigt glad för i dag. Och får hon som hon vill blir det fler utlandsplaceringar. Och fler äventyr.

HALFDAN CARSTENS är geolog och journalist och redaktör för den populärvetenskapliga tidskriften Geo i Norge.

MERA FAKTA STYRD OLJEBORRNING

Många olje- och gasreservoarer producerar från "horisontella" brunnar. Det innebär att man borrar parallellt med lagren. På så sätt är det möjligt att producera mycket mer olja än om hålen borrar vinkelrätt mot lagren.

Många reservoarer är bara några få meter tjocka (tunna). Då är det nödvändigt att styra brunnarna genom lagren och undvika att man borrar för djupt eller för grunt. Det är viktigt att hela brunnen ligger innanför det intervall där kolväten kan produceras.

Tekniken som används för detta ändamål kallas styrd oljeborrning. Bakom borrkronan ligger olika mätinstrument (loggar), och det är geologens uppgift att tolka data från dessa så att borrkronan kan styras i rätt riktning. Det blir som att sitta i en helikopter och kunna se både över och under på samma gång.

Schlumberger utvecklar kontinuerligt sådan utrustning och är ett av flera företag som erbjuder oljebolagen denna tjänst.

Skelleftefältet i fyra dimensioner

Sedan 2008 pågår ett omfattande forskningsprojekt där Skelleftefältets geologiska utveckling undersöks i fyra dimensioner. Den fjärde dimensionen utgörs av den geologiska tiden.

TEXT Pietari Skyttä et al.

Att modellera Skelleftefältet i fyra dimensioner är ett multidisciplinärt projekt och flera olika typer av geologiska och geofysiska undersökningar genomförs. Det främsta målet med de geologiska undersökningarna är att analysera geologiska strukturer först och främst baserat på observationer från hållar, men också från borrhälsar och under jord i befintliga gruvor. Strukturgeologisk kartering påbörjades under sommaren 2008 och kommer att fortsätta i år. Geofysiska studier som reflektionsseismik, magnetotellurik och potentialfältmätningar är också viktiga komponenter i projektet. Under hösten 2008 gjordes reflektionsseismiska undersökningar längs två profiler inom Kristinebergområdet i västra delen av Skelleftefältet. Magnetotelluriska undersökningar gjordes längs samma profiler. Totalt cirka sex kilometer i nord-sydlig riktning, och 13 kilometer i öst-västlig riktning.

Nya mineraliseringar i ett område som Skelleftefältet kommer inte i någon större utsträckning att påträffas i ytan utan på större djup. Det blir därför allt viktigare att förstå sig på hur geologin uppträder i tre dimensioner mot djupet. Målsättningen med projektet är därför att försöka ta fram en geologiskt verifierad tredimensionell modell för delar av Skelleftefältet som kan utgöra ett hjälpmedel för prospekteringsbolagen i deras

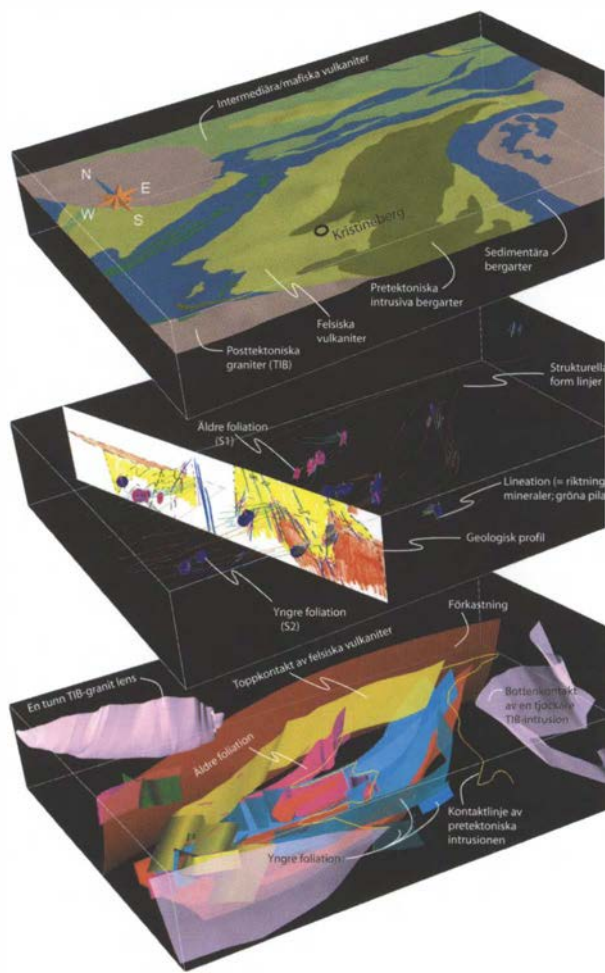
Modeller från GoCad. Överst: Berggrundgeologisk karta draperad över topografiska ytan (data från SGU).

Mitten: Strukturella formlinjer (= strukturgeologiska tolkningar importerad från ArcGIS), profiler och strukturgeologiska mätningar som ytor och pilar i tre dimensioner. Nederst: En färdig 3D-modell med utvalda geologiska objekt som förskiffrings- och lagringsytor samt förkastningar. Bilderna i mitten och nederst täcker samma område som den översta bilden. Vy mot nordöst.

letande efter nya mineraliseringar på djupet.

Strukturgeologin

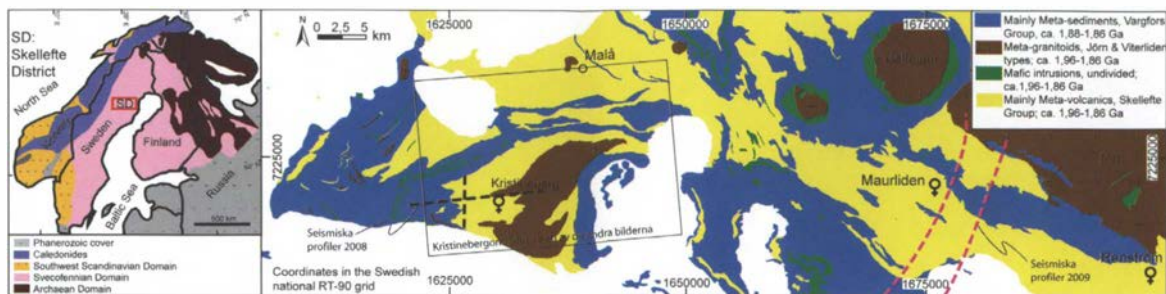
Trots över hundra år av geologiska undersökningar i Skelleftefältet, har få omfattande strukturgeologiska studier gjorts i området, trots att just strukturer är bland de viktigaste bitarna i det geologiska pusslet som kontrollerar var malmkroppar finns. Med den här bristen i åtanke började vi en strukturgeologisk kartering i Kristinebergområdet i den västra delen av Skelleftefältet. Bland våra främsta mål var att definiera vari-



SKELLEFTEFÄLTET I 4-D

Projektet är ett samarbete mellan forskare från Luleå tekniska universitet (struktur- och malmgeologi, geofysik), Uppsala universitet (geofysik), Boliden Mineral AB, Lundin Mining och Geovista (geofysik).

Finansiering kommer från VINNOVA, Boliden Mineral AB och Lundin Mining och projektet pågår till slutet av 2011.



Berggrundgeologisk karta över de västra delarna av Skelleftefältet. Skelleftefältets geologi från SGU.

ationer i deformationens intensitet tvärs över hela fältet. Tanken är att kartlägga vilka delar som är kraftigt veckade och förkastade, samt vilka som bara tagit upp mindre deformation och istället karakteriseras av öppna veckstrukturer. Först efter att detta är gjort blir det möjligt att "backa tiden" och försöka förstå hur geologin såg ut före alla skjuvzoner, förkastningar och veck bildades. Förutom den nuvarande strukturella geometrin spelar skjuvzonernas och förkastningarnas rörelser en stor roll. Längs dessa zoner av intensiv deformation har stora block av jordskorpan blivit flyttade i förhållande till varandra. Om dessa typer av rörelsezoner är aktiva i ett tidigt skede, samtidigt med vulkanism och sedimentation, blir resultatet stora variationer i den stratigrafiska lagerföljden mellan olika områden. När denna lagerföljd senare pressas samman och deformeras, och skjuvzoner och förkastningar reaktiveras, sker detta ofta med varierande intensitet över ett så stort område som Skelleftefältet. Slutresultatet, det vi ser idag, är en mycket komplicerad geologi, som inte alltid är helt lätt att reda ut.

Traditionellt har geologer byggt sina geologiska tolkningar från kartor, planritningar och profiler men med hjälp av utvecklingen av digitala programvaror och datorernas allt bättre förmåga att hantera stora datamängder har det blivit möjligt att hantera all information samtidigt i tre dimensionella GIS-program. Fördelar med de nya metoderna är att vi kan samla all data i ett och samma program, och på ett smidigt sätt kombinera våra egna tolkningar,

baserade på strukturgeologisk information insamlad i fält, med data från borrhål, seismiska profiler och andra typer av geofysisk data. Problem som ofta uppstår, som när man ska försöka korrelera två olika geologiska formationer eller strukturer från tvådimensionell kartor är att det sällan blir mer överskådliga när man lägger till den tredje dimensionen. Bilden på föregående sida ger ett exempel på hur 3D-modelleringsmjukvaran GoCAD, med det tillhörande programtillägget SPARSE, kan användas för att konstruera en 3D-modell med en 2D-karta som utgångspunkt. Programtillägget SPARSE har visat sig vara särskilt användbart eftersom man med dess hjälp kan visualisera strukturgeologiska mätningar i 3D. Man kan alltså plotta en mätning, som en yta eller en pil, med rätt geografiskt läge och orientering. Det går även att "dra" mätningar till en linje på kartnivå och därefter skapa en yta med samma stupning som återfinns i den närmaste omgivningen. En annan viktig funktion som finns i SPARSE är möjligheten att modifiera redan skapade ytor från ny data, till exempel från nya geologiska profiler.

Trots högteknologin och snygga visualiseringar, är det ändå geologernas kunskaper att tolka geologin och geologiska strukturer som spelar den största rollen i hur användbara våra färdiga modeller blir som ett hjälpmedel för framtida prospektering efter malm i Skelleftefältet.

Reflektionsseismiska studier

Reflektionsseismiska studier har till syfte att definiera geologiska struk-

turer mot djupet. Två nya profiler mättes därför i Kristinebergområdet i hösten 2008. Resultat från de nya profiler tillsammans med de seismiska profiler som redan finns från området, samt data från potentialfält, magnetotellurik, och geologiska modeller kommer sedan att användas för att bygga en omfattande och detaljerad bild av jordskorpan strukturer i tre dimensioner.

Reflektionsseismiska mätningar går till på följande sätt: En hydraulisk hammare, VIBSIST, används för att generera seismiska signaler. De seismiska signalerna reflekteras tillbaka mot ytan från litologiska kontakter, veckstrukturer och förkastningar i djupet, och blir registrerade med hjälp av geofoner som placeras med jämna mellanrum (10/25 meter) längs profilen på ytan. Uppsala universitets "state-of-the-art" reflektionsinspelningssystem har använts för datainsamling och kontrollering av den seismiska signalens kvalitet. Två ytterligare profiler i den centrala delen av Skelleftefältet har planerats under sommaren 2009.

Magnetotelluriska undersökningar

Med magnetotellurik kan jordskorpan resistivitetstruktur definieras från ett par meters djup ända ner till flera kilometers djup. Den resulterande tvådimensionella resistivitetmodellen kan integreras med resultat från andra geofysiska och geologiska metoder så att bättre och mer detaljerade modeller av jordskorpan, även i 3D, kan konstrueras.

Magnetotellurik är en djuppenetrerande geofysisk metod,



Till vänster: Polymikt konglomerat som visar en medel/hög deformationsnivå. Höger i samma bild: Öppna veckstrukturer (synform) indikerar låg deformationsintensitet i en sedimentär bergart vid Skellefteälven. Foton: Pietari Skyttä. Till höger: Doktorand Mahdiah (Azita) Dehghannejad från Uppsala universitet håller koll på inspelning av reflektionseismiska signaler och kontroll över deras kvalitet under datainsamlingen. Foto: Artem Kashubin.

som utnyttjar elektromagnetiska vågor alstrade i jonosfären när solvinden växelverkar med jordens magnetfält. På jordytan mäter man samtidigt elektrisk och magnetfält och förhållandet emellanfälten avspeglar i sin tur hur jordens elektriska ledningsförmåga varierar på djupet och i sidled. Den elektriska ledningsförmågan är en fysikalisk storhet som tillsammans med andra parametrar bildar utgångspunkten för de geofysiska metoderna. Ledningsförmåga är hög i metalliska ledare som sulfidmalmer och grafitiskiffrar, men mycket lägre i vanliga bergarter vars ledningsförmåga huvudsakligen bestäms av deras innehåll av flytande faser, såsom saltvatten och smältor. Mätningar sker utan större ingrepp i naturen; magnetometrar och elektriska sensorerna sätts upp och kopplas till en datainsamlingsenhet.

Potentialfältstudier

Tolkningar av jordens tyngd- och magnetfält används tillsammans med de andra geofysiska metoderna för att definiera tredimensionella kroppars, exempelvis intrusioner, utbredning, mot djupet. Eftersom kombinationen av magnet- och tyngdfältsdata gör det möjligt att göra nästan hur många tolkningar som helst, är det särskilt viktigt att få så verklighetstroga indata som möjligt. Genom att fysikaliska data från insamlade bergundsprover, så kallad petrofysisk data, används kan man begränsa tolkningarna så att de blir så bra som möjligt. I början av projektet ska tolkningar

göras längs de seismiska linjerna i Kristinebergsområdet där det finns en möjlighet att kombinera resultat från olika metoder och samtidigt ha bra kontroll på petrofysik och geologi från de många borrhål som finns i området. Magnetiska data kommer från SGUs databas där det finns i både vektorformat samt som data över magnetiska anomalier från flygundersökningar. Tyngdfältsdata är tillgängliga från både SGU och Boliden.

Sammanfattning

Projektets målsättning är att sammanställa en geologisk modell över delar av Skelleftefältet i fyra dimensioner. En del av de preliminära resultaten i projektet syns i bilden, mitten och nederst, på sid 25. Behovet av att arbeta med geologin i tre och fyra dimensioner ökar allt mer. I områden där det finns god tillgång till geologisk information i tre dimensioner från borrhål, gruvor eller tunnlar är det idag möjligt att gå från den traditionella tvådimensionella geologiska kartan, det vill säga ytinformation, till tredimensionella kartor över berggrunden, det vill säga volyminformation. Parallellt med detta pilotprojekt i Skelleftefältet planeras ett europeiskt projekt där flera större malmfält ska undersökas på samma sätt som Skelleftefältet. Vi tror att detta sätt att arbeta med geologi som volym och inte yta kommer att vara det sätt som vi i den nära framtiden har som standard för visualisering av vår berggrund.



VIBISIST-system som genererar seismiska signaler under datainsamlingen. Foto: Mahdiah Dehghannejad



Lars Dynesius and María García jobbar på magnetotelluriska fältmätningar med EnviroMT systemet i Kristinebergsområdet under hösten 2008. Foto: Tobias Bauer

RODNEY ALLEN, TOBIAS HERMANSSON från Boliden Mineral AB.

HANS THUNEHED från Geovista.

TOBIAS BAUER, STEN-ÅKE ELMING, PIETARI SKYTÄ, SAMAN TAVAKOLI, PÄR WEIHED från Luleå tekniska universitet.

ALAIN CHEVALIER från Lundin Mining.

MAHDIEH DEGHANNEJAD, MARÍA GARCÍA, JULIANE HÜBERT, CHRIS JUHLIN, ALIREZA MALEHMIR, ARI TRYGGVASON från Uppsala universitet.

Geologiskt forums stödprenumeranter 2009



Emmaboda Granit

Emmaboda Granit AB är ett av Sveriges och Skandinavien ledande stenföretag med 100 års erfarenhet inom blocksten, stenprodukter och gravvårdar.
www.emmabodagranit.se

GEOSIGMA

MARK BERG VATTEN

Anlita Geosigmas nyfikna, engagerade och jordnära konsulter! Geosigma erbjuder konsulttjänster och vägleder alla som i sin verksamhet planerar och bygger morgondagens samhälle.
www.geosigma.se



Föreningen för Geologins Dag.
www.geologinsdag.nu

URS

Världens ledande miljökonsult.
www.ursnordic.com/www.urscorp.com



GeoPro

Täktkonsulter verksamma inom täkt, mark, miljö, vatten.
www.geopro.se

BOLIDEN

Boliden producerar metaller som får det moderna samhället att fungera.
www.boliden.se



Svensk Kärnbränslehantering AB

SKB:s uppdrag är att ta hand om det radioaktiva avfallet från de svenska kärnkraftverken. Varken människa eller miljö ska påverkas negativt – i dag eller i framtiden.
Webbplats: www.skb.se



MMT AB

Marin Mätteknik AB

Marin Mätteknik AB utför kartläggning med hög detaljrikedom i hav och sjömiljö. Vi erbjuder ett brett utbud av geologiska, geofysiska och batymetriska tjänster. Mer att läsa på: www.mmtab.se

4–5 april 19:e mineral- och smyckestensmässan i Göteborg. Plats: Friidrottens hus vid Slottsskogsvallen. Öppettider: lördag 10-17 och söndag 10-16. Arrangör är Göteborgs geologiska förening. Tel: 031-421073. E-mail: ggf_365@hotmail.com
Hemsida: www.geonord.org/ggf

19–20 maj Lär dig mer om Darwins evolutionsteori och hur teorin i sig själv har utvecklats under de 150 år som gått sedan den först publicerades! Under två dagar deltar de duktigaste forskarna från hela världen i detta tvådagarssymposium. Vård är Naturhistoriska riksmuseet. Symposiet är kostnadsfritt. Språket är engelska. Vetenskapliga förkunskaper rekommenderas. Mer att läsa på www.nrm.se klicka dig vidare under länken Forskning och samlingar.



20–21 maj Välkommen till Geologiska Föreningens årsmöte som i år hålls vid Uppsala universitet. I samband med årsmötet som startar kl 17.30 delas föreningens Tilas-pris ut för första gången. Den 21 maj blir det exkursion. Mer information i separat utskick till föreningens medlemmar och på vår hemsida www.geologiskaforeningen.se

Äldsta spåret av liv kritiseras

På Grönland finns en klippa vilken det har hittats kol som bär spår av liv. Amerikanska forskare har daterat klippans ålder till minst 3,8 miljarder år och därmed skulle detta vara det äldsta spåret av liv på jorden.

Nu menar Naturhistoriska riksmuseets forskare Martin Whitehouse att de har fel. Han har gjort en ny tolkning av bergets utseende och dessutom en ny datering. Resultatet blev inte samma som i den amerikanska studien. Istället

visar han att om klipporna i Akilia på Grönland överhuvudtaget innehåller spår av liv så är det högst 3,67 miljarder år gammalt. Den nya studien publicerades i *Journal of Geological Society* i februari.

Om Martin Whitehouse har rätt så är det äldsta spåret av liv på jorden istället kemiska fossiler på Grönland daterade till 3,75 miljarder år, samt stromatoliter (spår av bakterier) i Australien, 3,5 miljarder år gamla.

★ Forskare i radio. I Kanada sänds ett 12-timmars direktsänt radioprogram den 30 mars, som webbstreamas och därmed kan komma åt även i efterhand, från guldgrävarstaden Yellowknife. Forskare svarar på frågor om kusterosion och atomsfärs kemi. Programmet är en del av satsningen på Internationella Polaråret. Följ sändningen via www.ncsnwt.com

★ En ny ö är på väg att skapas utanför ögruppen Tonga i Stilla havet. Det är en underjordisk vulkan som sedan i mitten av mars haft ett kraftigt utbrott. Pyroklastiska sediment har sprutat tusentals meter upp i luften. Vulkanen övervakas noga. Hittills har de boende på öar i närheten inte behövt evakueras.

★ Design för naturen. I år pågår en tävling som handlar om att skapa en gemensam identitet för Sveriges nationalparker.

– Vi vill skilja ut och skapa en tydlig igenkännlig identitet för Sveriges finaste natur. En tävling gör det möjligt att få fram förslag av så hög kvalitet som möjligt, säger Per Wallsten, nationalparkschef Tyresta nationalpark och projektledare för en Gemensam identitet för de svenska nationalparkerna. Tävlingen avgörs i november.

★ Sveriges geologiska undersökning har släppt ny information i sina kartvisare på webben. Det finns täckningskartor som visar tillgången till yt-täckande geologisk information. En annan nyhet är en kartvisare med detaljerad jordartsinformation samt lanseringen av information om borrhälsarna i det Nationella borrhälsarkivet i Malå och i SGUs huvudsamling i Uppsala.



Museum vann Bästa Barnsemesterpriset 2009

Stort grattis till Naturhistoriska riksmuseet som vann Stora barnsemesterpriset 2009 i kategorin Bästa museum för barnfamiljer. Priset delades ut av familjesajten Barnsemester.se, en semesterguide för familjer med barn i åldern 0-17 år. Museet har alltid många fina utställningar, här finns Cosmonova, Sveriges enda IMAX-biograf, och ett fantastiskt arkiv med mer än tio miljoner föremål.

Ett 151-årigt arkiv

OSCAR, med GUDS
Sveriges, Norges,
Gotas och Mendes Konung.

Sveriges geologiska undersökning har ett rikligt och intressant arkiv som består av äldre dokument som korrespondens, protokoll, fältdagböcker, kartor och ritningar. Arkivet används flitigt av geologer, historiker och prospektörer och i dess skattkammare finns många guldgrubbar.

Ar 1858 inrättade Oscar I en ny institution, Sveriges geologiska undersökning, SGU, som fick i uppdrag att göra en allmän geologisk kartläggning av landet. Till chef för SGU utsågs geologen Axel Erdmann. Åtta biträden fick han till sin hjälp. Dessa påbörjade undersökningen (att arbetet fortfarande skulle pågå 151 år senare anade man nog inte då) och det dröjde inte länge innan arbetet genererade material som skulle sparas – och därmed inrättades ett arkiv som sedan har fyllts på kontinuerligt.

Under de första årtiondena var det konungen som bestämde hur mycket pengar som skulle anslås till undersökningarna, vilket avspeglas i rapporternas titlar. I SGU-arkivet hittar man åtskilliga rapporter som utförts "underdånigt" etc. Ett exempel är Otto Torells rapport från år 1877 vars titel lyder *Underdånig berättelse om en på nådig befallning år 1875 företagen undersökning af malmfyndigheter inom Gellivare och Jukkasjärvi socknar af Norrbottens län, afgifven af Chefen för SGU.*

SGUs geologer har i alla tider fört dagbok över sin verksamhet i fält och många av dessa dagböcker återfinns idag i SGUs arkiv i Uppsala (och även vid SGU-kontoret i Malå). I dagböckerna kan man i detalj följa hur arbetet gick

till och hur man beskrev det man såg, men också ta del av anteckningar om hur man färdades, vad hotellrummen kostade och vad restaurangnotan gick på. Här finns framför allt en mängd bakgrundsmaterial till de arbeten som publicerats i form av kartor och publikationer av olika slag inom berggrundsgeologi, jordartsgeologi, hydrogeologi, maringeologi, geofysik och geokemi. Mycket av det material som samlats i arkivet under 150 år är användbart även för dagens geologer. Några av de "gamla" geologerna har blivit mer eller mindre legendariska och deras verk står sig väl än idag, såsom Tegengrens *Sveriges ädlare malmer och bergverk* från 1924 som också kallas "Järnmalmssibeln".

Förutom det material som kommer från SGUs eget arbete finns en hel del annat, till exempel dokumentation från en lång rad geomagne-tiska mätningar som tillförts SGU från Kungliga Nautisk-Meteorologiska byrån från 1880-talet och fram till 1920-talet. Även dokumentationen från en landsomfattande

Nådiga brev. Ovan syns brevhuvudet i ett brev som är undertecknat Oscar. Kungen, det vill säga Oscar II, skriver år 1873 att han beviljar ytterligare 50 000 riksdaler för den fortsatta kartläggningen av landet. Foto: Karl-Erik Alnavik.

inventering av tillgångarna på torv som gjordes 1917–1923 finns i arkivet. Där finns också dokumentation från andra torvundersökningar utförda från 1930-talet och fram till 1970-talet.

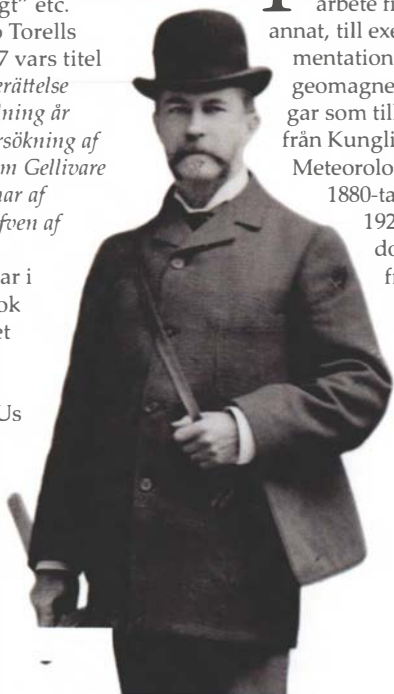
I SGUs arkiv finns även all information om det fyrtiotal berggrum som byggdes på 1950–1970-talen för att användas av staten för beredskapslagring av petroleumprodukter. Vidare finns i arkivet fotografier, från slutet av 1800-talet och fram till våra dagar. De äldsta fotografierna består av glasplåtar.

På SGUs filialkontor i Malå finns ett stort arkiv med närmare 8 000 prospekteringsrapporter och cirka 300 000–350 000 sidor med loggar, mätprotokoll och analyser från borrhål och borrhärnor (som främst förvaras i SGUs borrhärnearkiv i Malå). Här finns också omkring 70 000 ej tryckta kartor och en stor mängd information från uranprospekteringen som bedrevs på 1970- och 1980-talen samt omkring 300 fältdagböcker. Ett stort digitaliseringsprojekt som påbörjades 2008 har som mål att allt ska scannas in och därmed bli digitalt tillgängligt.

Materialet i SGUs arkiv är tillgängligt för alla. Om man besöker arkivet får man studera det önskade materialet på plats eller så kan man, i de flesta fall, beställa kopior av det man är intresserad av.

/ Agneta Ek, chef för bibliotek och arkiv vid SGU.

Fältrastad.
Geologen
Edvard
Erdmann år
1898, son
till SGUs
grundare
Axel
Erdmann.



Läs mer på om SGU på www.sgu.se

APROPÅ Darwinåret 2009

Det ska vara en geolog som gör det

I den stora allmänhetens ögon är nog namnet Charles Darwin förknippat med utvecklingsläran och boken *Om arternas uppkomst* – och det med rätta! Men i sin ungdom var Darwin dock mest känd som geolog. Och i februari 1859 tilldelade Geological Society of London sin högsta utmärkelse, Wollaston-medaljen, till Darwin för hans bidrag inom detta forskningsfält. Charles Lyell (som överlämnade medaljen) poängterade Darwins studier av korallers tillväxt, landhöjningsstudier i Anderna, blockstudier i England och studier av fossila havstulpaner. Darwin hade onekligen ett brett spektra inom geologin!

Under den numera världsberömda femåriga seglatsen med Beagle tycks det också ha varit geologin som fångade Darwin. Med sig i sitt bagage hade han för övrigt just första delen av Charles Lyells berömda *Principles of Geology*. Lyell var den som förfäktade den så kallade uniformitarismen inom geologin. Den innebär att jordytan har förändrats gradvis under en mycket lång tid enligt de naturlagar och de processer som är i gång även nu: alltså vittring, erosion, sedimentering, men naturligtvis även vulkanutbrott och jordbävningar. Den annars vanliga uppfattningen var att jorden genomgått ett antal stora katastrofer (varav en var nämnd i bibeln som Syndafloden) då allt liv utsläckts och nya djurarter skapats. Georges Cuvier, en jämförande

zoolog och paleontolog som var skicklig på att rekonstruera utdöda djurs utseende utifrån fossilfynden, trodde att jorden bara var omkring sextusen år gammal. Men Darwin blev en anhängare av Lyells uniformitarism. I sina anteckningsböcker berättar han själv om hur han tänkte när han såg och hörde flodernas brus och tänkte på hur stora mängder sand och grus som ständigt forslades med vattnet och vilka stora verkningar detta får om det pågår under flera hundra miljoner år.

Snart efter hemkomsten från resan med Beagle lanserade han en teori om korallrevens bildande. Han menade att atollerna, dessa cirkel- eller halvcirkelformade korallrev, tidigare omgärdat öar som sedermera sjunkit men korallerna fortsatt växa, en teori som håller än idag.

Ungefär samtidigt förklarade Darwin existensen av de parallella flata avsatserna i den skotska ravinen Glen Roy som resultatet av en gradvis landhöjning. I själva verket är de intimt förknippade med senaste istiden och dess glaciärer, avsatserna är i själva verket strandlinjer efter isdämda sjöar vilket han senare tvingades erkänna efter att ha läst ett inlägg av Louis Agassiz i tidningen Scotsman 1840.

Utöver detta så får man nog erkänna att Darwin hade flera idéer och teorier som vi idag vet inte är riktiga. Han ansåg bland annat att "kolväxterna" som under årmil-

joner byggt upp våra stenkolslager var marina växter. Darwins nära vän, Joseph Hooker, lär ha blivit bestört över sin vän för att han hasplat ur sig sådant obildat nonsens.

Så här i början av Darwinåret 2009 kan man inte annat än att förundras över Darwin och hans livsgärning och över hur mycket han betytt för vår tids tänkande och vetenskap. Intressant är att han i mångt och mycket beskrev sig själv som geolog, inte biolog. Detta för tankarna tillbaka till förra årets jubilar – Carl von Linné – det taxonomiska systemets fader som under hela sitt liv betraktade sig som mineralog. Under sina resor kom han att göra många skarpsinniga iakttagelser, som nedteknades under rubriken "fysiskt" eller "rörande stenriket" eftersom geologin ännu inte existerade som en särskild vetenskap.



/ Otto Hermelin är Geologiska Föreningens ordförande 2009–2010.

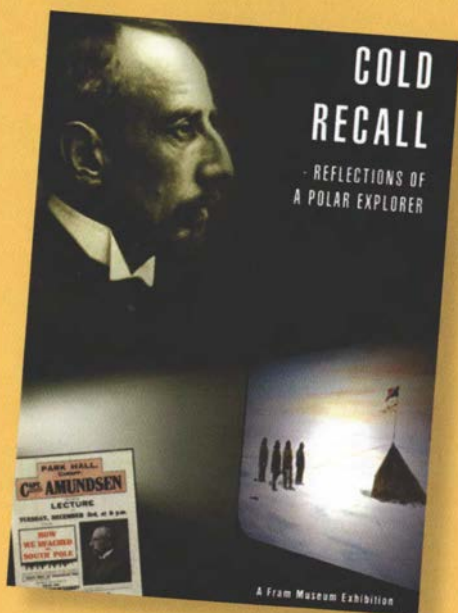
Bakgrundsbilden är taget av författaren i Skottland: Utsikt över Glen Roy, "Parallel Roads".

POSTTIDNING

Geologiska Föreningen c/o
Institutionen för geologi och geokemi
Stockholms universitet
106 91 Stockholm

GEONYTT

På denna sida upplåter Geologiskt forum kostnadsfritt plats för information som är relevant för föreningens medlemmar eller en geointresserad allmänhet. Har du något du vill tipsa om – hör av dig till redaktionen senast 15 maj. Nästa nummer av tidningen kommer ut i juni 2009. Kontakta redaktör Anna Kim-Andersson, tel 036-440 01 20, anna@qi-media.se



FRAM-MUSEET... är museet ute på halvön Bygdø i Oslo där det berömda polarfartyget Fram finns bevarat. Fram byggdes för Fridtjof Nansen och sjösattes 1892 för att klara de tuffa förhållandena i havet på vägen mot Nordpolen. Senare kom även Roald Amundsen att göra turer med skeppet – till Sydpolen. Utställningen COLD RECALL visar ett nytt och unikt material om hur Roald Amundsen själv berättade om sina resor med Fram och Gjøa på sina föredragsturnéer.

www.geologiskaforeningen.nu

... är webbplatsen för Dig som vill läsa geologinyheter samt veta mer om Geologiska Föreningen, våra tidskrifter, arrangemang, prisutnämningar, med mera!

BLI STÖDPRENUMERANT

Från och med i år erbjuder Geologiska Föreningen företag och organisationer en möjlighet att vara med och stötta utgivningen av Geologiskt forum. Stödprenumeranter får exponering i tidskriften varje nummer samt syns på föreningens hemsida. I prenumerationen ingår tre exemplar av tidningen varje nummer. Priset är 3 500 kronor per år. Är ditt företag intresserat? Hör av dig till Anna Kim-Andersson, tel 0708-205010, e-post anna@qi-media.se eller info@geologiskaforeningen.nu

Geologiska Föreningens styrelse 2009

Otto Hermelin, ordförande, Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, tel. 070-747 06 03, otto.hermelin@geo.su.se

Vivi Vajda, sekreterare, Geobiosfärscentrum, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, tel. 046-2224635, vivi.vajda@geol.lu.se

Christina Lund mark, skattmästare, SGU, Skolgatan 4, 930 70 Malå, tel. 0953-34609, christina.lundmark@sgu.se

Joakim Mansfeld, redaktör, Institutionen för geologi och geokemi, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm, tel. 08-6747727, gff@geo.su.se

Patrik Nilsson, ledamot, USR Nordic AB, Hannerbergsatan 33, 171 68 Solna, tel. 08-553 93 508, e-post: Patrik_Nilsson@URScorp.com

Mark Johnson, ledamot, Geovetarcentrum, Göteborgs universitet, Box 460, 405 30 Göteborg, tel. 031-77302808, markj@gvc.gu.se

Erik Ogenhall, ledamot, Institutionen för geovetenskaper, Villavägen 16, 752 36 Uppsala, tel. 018-471 25 52, erik.ogenhall@geo.uu.se