

GEOLOGISKT FORUM

Nr 93 ♦ 2017

*Ett landskap
under vatten*

*Upplev Sala
silvergruva*

**Jakten på
kratrar**

**Uppsalaåsen
i 3D**



GEOLOGISKT FORUM

Nr 93 ♦ 2017

ISSN 1104-4721

Ansvarig utgivare: Pär Weihed

Redaktör:

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

Redaktionen adress:

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

Omslagsbild: Den underliggande grå gyttjan avsattes under Ancylostrostransgressionen (för ca 10500 år sedan). När vattnet steg drunknade trädet och täcktes av den grå gyttjan. När havet sjönk igen avsattes den bruna överliggande gyttjan (för ca 9000 år sedan). Dykaren på bilden är Anton Hansson. Foto: Arne Sjöström. Läs mer på sidan 12.

Upplaga: 800 ex.

Tryckeri: Elanders Sverige.

Ordinarie lösnummerpris: 75 kr.

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

En årsprenumeration kostar 250 kr. För dig som är medlem i Geologiska Föreningen ingår tidningen i det ordinarie medlemskapet, vilket kostar från 300 kr per år. Som medlem har du också tillgång till tidningen som pdf samt ett digitalt arkiv. Läs mer på vår webbplats.

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

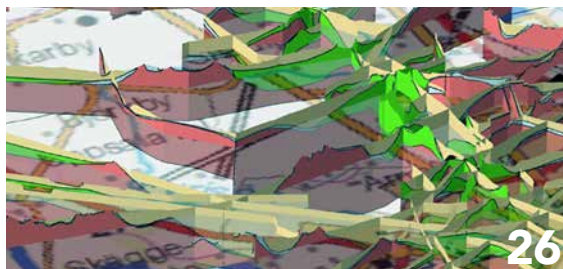
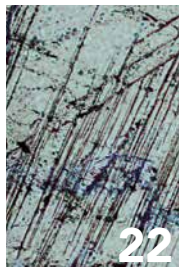
Tidningen publicerar sedan starten år 1994 populärvetenskapliga artiklar inom geovetenskapens alla områden.

Välkommen att kontakta redaktören om du vill medverka i Geologiskt forum. Författarna svarar själva för innehållet i sina artiklar. Nästa nummer av Geologiskt forum kommer i juni 2017.

Geologiska Föreningen

I DETTA NUMMER

- 3 Ordförandeskifte
- 3 Kopparbrytning i Garpenberg redan vid 375–175 f.Kr.
- 3 Sugan på brädspel?
- 4 Bland stromatoliter och urtidsvulkaner vid Sala silvergruva
- 10 Dags för comeback
- 11 Ny styrelseledamot: Kärrin Malmberg Persson
- 12 Undervattenslandskapet vid Haväng
- 18 Flerdimensionell läsning om ett gruvras och 33 överlevare
- 20 Manganmalm i anrik järnmalmsmiljö, centrala Norberg
- 21 Assar Haddings pris till Stefan Claesson och Martin J. Whitehouse
- 22 Jakten efter nedslagskratrar på Jorden
- 26 Tredimensionell jordlagermodell av Uppsalaåsen
- 28 Sista ordet: Vem kan svensk regionalgeologi?
- 31 På gång



Ordförandeskifte

Sedan slutet av januari har föreningen en ny ordförande, Pär Weiheid. Vi välkomnar honom tillbaka som ordförande och är glada att han vill axla ansvaret för föreningen. Pär presenterar sina tankar om föreningen och framtiden i detta nummer.

VID SAMMA TILLFÄLLE fick föreningen en ny styrelseledamot, Kärstin Malmberg Persson, och hon presenterar sig också i detta nummer. Paul Evins omvaldes samtidigt som ledamot.

Jag vill passa på att tacka Mark Johnson för alla år och allt arbete han lagt ner på att vara ordförande och för allt han gjort för föreningen.

När detta nummer distribueras har det redan blivit vår i stora delar av

landet. Här i Luleå väntar den bästa tiden på året med vårvinterns härliga dagar. Om man längtar ut för att titta på geologi får man dock vänta lite längre här innan snön försvunnit.

Men man kan i alla fall drömma sig bort lite genom att läsa om geologiskt intressanta platser att besöka, som Sala silvergruva. Eller varför inte någon av de nedslagskratrar som finns runtom i Sverige? Kanske har man turen att hitta

slagkäglor. Annars ser man väl inte så många makroskopiska spår efter nedslagen annat än vackra sjöar.

Kombinationen arkeologi och geologi lockar fantasin. I detta nummer kan du läsa om en spännande undersökning av havsbotten i Hanöbukten utanför Haväng. Men det kan vara lite knepigt att ordna exkursioner dit då man måste dyka för att kunna se något.

I *Sista ordet* vill Jenny Andersson skapa debatt

om vem som egentligen kan regionalgeologi idag. Ge dig gärna in i diskussionen!

Jeanette Bergman Weiheid,
redaktör



FOTO: RODNEY ALLEN.

Kopparbrytning i Garpenberg redan vid 375–175 f.Kr.

Forskare vid Umeå universitet har nyligen publicerat en artikel där man presenterar bevis för att kopparbrytningen i Garpenbergsområdet började redan flera hundra år före vår tideräkning. Det är långt tidigare än vad man tidigare trott.

Man har provtagit sedimenten i Gruvsjön med hjälp av stötlojd och kolvlojd så att man fått en nästan 5 m djup sedimentprofil. Sedimenten har sedan delats upp i sektioner och ana-

lyserats på innehåll av grundämnen och pollen. Fyra kol-14-dateringar har också gjorts på organiskt material som hittades i sedimenten.

Resultaten visar att koppar- och blyhalterna ökade signifikant i sedimenten redan under perioden 375–175 f.Kr. och att detta åtföljdes av ökning av zinkhalten, magnesiumhalten och mängden kolpartiklar samt en förändring av pollensammansättningen. Tillsammans visar detta att området vid Gruvsjön utsattes för mänsklig påverkan kopplad till malmkroppen redan under järnåldern.

En andra distinkt fas av ökade koppar- och blyhalter inträder vid 115–275 år e.Kr. Från omkring 400 e.Kr. kan man se en kontinuerlig förhöjning av koppar- och blyhalter fram till den stora ökningen från 1200-talet och framåt. Denna senare del sammanfaller med vad som observerats i andra delar av Bergslagen. ♦

Källa: Bindler m.fl. Journal of Archaeological Science Reports 12 (2017) 99–108.



Sugen på brädspel?

I slutet av förra året lanserades brädspelen *Evolution: Climate* där spelare kan skapa sina egna arter i ett dynamiskt ekosystem där födan är begränsad, hungriga rovdjur hotar och klimatet kan variera mellan stekhet och iskallt.

En lång hals kan hjälpa din art att nå mat som andra inte når, medan pansarhud och horn kan skydda mot karnivor. Eftersom det finns mer än 200 000 sätt att variera din art blir varje spel ett nytt äventyr.

Spelet har uppmärksammats av både Science och Nature. ♦



FOTO: NILS JANSSON

Bland stromatoliter och urtidsvulkaner vid Sala silvergruva

TEXT: NILS JANSSON

Sala silvergruva är ett populärt resmål som varje år lockar tiotusentals turister. Många fascinerar av gruvans rika historia och unika miljöer. Men Salaområdet bjuder även på en fascinerande tillbakablick till den miljö som Bergslagens bergarter och malmer bildades i för omkring 1,9 miljarder år sedan – en långt äldre historisk tillbakablick än den som vanligen bjuds på under en guidad tur.

DEN GEOLOGISKA MILJÖN då bergarterna i Salaområdet bildades var mycket dynamisk, och karaktäriserades av lugna perioder då cyanobakterier byggde mäktiga stromatolitrev i ett urtida grundhav, växlande med perioder då explosiva vulkanutbrott fyllde grundhavet med aska. Detta kan man lära sig mer om under en vandring i naturskön miljö mellan Silvergruvan och ett närliggande dolo-

mitbrott. En karta som visar de olika exkursionsstoppen finns på sidan 6.

1. Stromatoliter i Finntorpsbrottet

Kartering som utförts av Sveriges geologiska undersökning (SGU, t.ex. Ripa m.fl. 2002) har visat att berggrunden i Salatrakten består av ett tjockt, sammanpressat paket av

Bild 1: Metavulkanitlager i dolomitmarmor vid lokal 2. Det ursprungligen horisontella lagret är överstjälpt på grund av veckning så att dess bottenkontakt är i bildens vänstra del. Här draperar lagret stora stromatolitdomer.

Bild 2: Stora domformade stromatoliter i håll i skogen strax norr om Finntorpsbrottet (vid lokal 2). Bilden är orienterad så att den ursprungliga uppåtriktningen pekar uppåt i bilden.

dolomitmarmor som avgränsas österut av urgranit och västerut av metavulkaniter. Dolomitmarmorn har haft stor ekonomisk betydelse. Den var värdbergart åt malmerna i Sala silvergruva, men i rena partier har dolomit också brutits som industrimineral och bryts fortfarande vid Tistbrottet nära gruvan.

Finntorpsbrottet är ett nedlagt och vattenfyllt dolomitbrott som ligger inom gångavstånd från silvergruvan. Brottet innehåller välbevarade fossil av stromatoliter som kan studeras på den norra sidan av brottet. Här framträder stromatoliterna som meterstora, domformade strukturer i den vita dolomitmarmorn.

Stromatoliter är en typ av biogent bildade kalkstrukturer vars form varierar från domformade till kolonnformade. Stromatoliterna växte i grundhaven långt innan koraller och andra flercelliga organismer hade utvecklats på Jorden och de bildades av fotosyntetiserande cyanobakterier som levde i grundhaven.

Fortfarande idag bildas det stromatoliter i världen (t.ex. i Hamelin Pool, Australien), om än i betydligt mindre utsträckning. Forskning av geologerna Rodney Allen och Stuart Bull har visat att de flesta stora förekomster av marmor i Bergslagen, inklusive den i Sala, ursprungligen bildades av cyanobakterier. Dock är det sällsynt att stromatolitstrukturer likt de vid Finntorpsbrottet har överlevt de faser av omvandling, metamorfos och deformation som har påverkat Bergslagens berggrund. Detta är något som gör Salamarmorn unik i Bergslagen, och det var i Sala-trakten som de första stromatoliterna hittades i Sverige. Beskrivningen av lokal 2 och 3 är till stor del baserad på rapporten av Allen m.fl. (2003).

2. Metavulkanitlager och stromatoliter

Vid sidan om dolomitmarmor så är metavulkaniter vanliga i Salaområdet. Dessa förekommer ofta som lager i dolomitmarmorn. Metavulkaniterna var ursprungligen vulkaniskt material från vulkaner som omgärdade stromatolitreven. Förmodligen växte stromatolitreven åtminstone delvis på vulkanerna, i likhet med dagens atollrev.

En bit in i skogen från stigen finns en håll som består av ett brant metavulkanitlager, omgärdat på båda sidorna av brunvitträd dolomitmarmor med vackra stromatoliter (bild 1). Metavulkanitlagret har en egendomlig form: dess norra kontakt är spikrak medan den södra kontakten är vågig och oregelbunden. Vid närmare anblick ser man att vågigheten beror på att det vulkaniska materialet begravdes stromatolitdomer när det avsattes, dvs. uppåtriktningen i stratigrafin är här mot norr (bild 1 och 2).

Stromatoliterna växte under perioder med relativt låg vulkanisk aktivitet. I samband med explosiva vulkan-



FOTO: NILS JANSSON.

BERGSLAGEN

Bergslagen är ett geografiskt löst avgränsat område i södra Sverige där gruvsdrift har bedrivits sedan medeltiden. De flesta gruvor har brutits på järn, men sulfidmalmer med zink, bly och silver har också brutits, t.ex. i Sala och Stollberg. Än idag bryts sulfidmalm i Garpenberg, Zinkgruvan och Lovisagruvan.

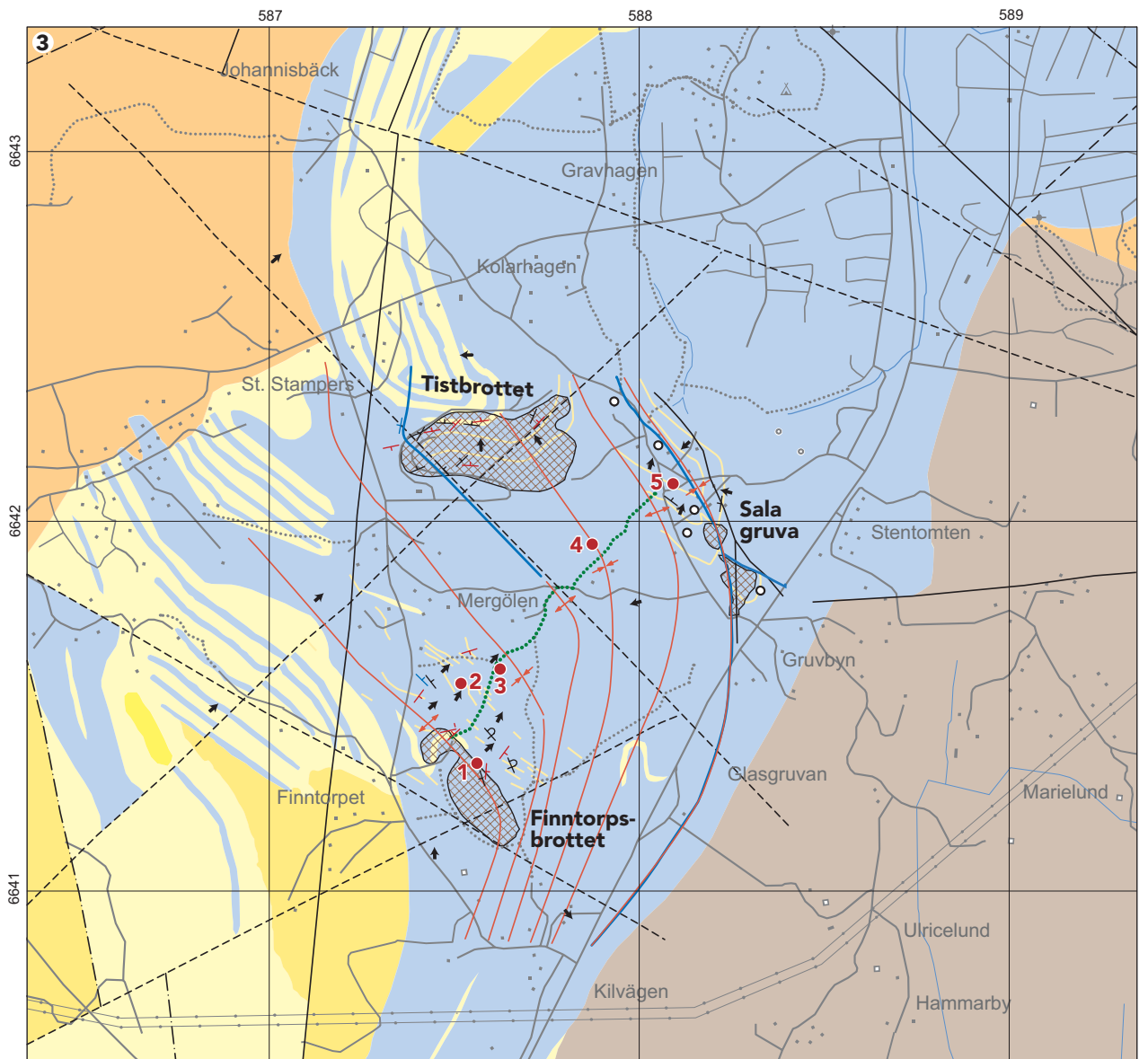
Vissa malmer (t.ex. Falun) innehåller även koppar och guld, och fyndigheter av mer exotisk karaktär (t.ex. sällsynta jordartsmetaller) förekommer lokalt.

De flesta malmerna förekommer i en stratigrafisk sekvens som domineras av metavulkaniter med inslag av marmor. Dessa avsattes för omkring 1,91–1,89 miljarder år sedan i en vulkaniskt aktiv marin bassäng som bildades genom extension av kontinental jordskorpa.

Vissa malmer bildades som lager på havsbotten och förekommer som växellager i sekvensen. Andra malmer (t.ex. Sala) bildades under havsbotten när varma lösningar ersatte kalkbergarter.

Ytbergarterna och malmerna utsattes för metamorfos och deformation under den svekokarelska orogenesisen för omkring 1,9–1,8 miljarder år sedan. I samband med det bildades också stora mängder djupbergarter (t.ex. granit).

utbrott begravdes stromatolitreven av det vulkaniska materialet. I Sala var det vanligt att det vulkaniska materialet fyllde grundhavet till vågbasen, det vill säga till det djup dit vågorna når att omarbete sedimenten. Således är det vanligt med tecken på att de vulkaniska lagren har blivit omarbetade. Just här vittnar en flack korsiktning



- Dagbrott eller igenrasat gruvhål
- Schakt
- Lagring, överstjälpt, t.h.
- S1-foliation, t.v., S2-foliation, t.h.
- F1-antisklinal
- F1-synklinal
- D1-skjuvzon
- Plastisk skjuvzon
- Spröd deformationszon
- Deformationszon, ospecificerad

- Stratigrafisk uppåtriktning
- Metagranitoid (1891±6 miljoner år)
- Marmor, huvudsakligen dolomitisk
- Kvartsporfyrisk metaryolit
- Kvarts-fältspatporfyrisk metaryolit
- Sur metavulkanit

0 200 400 600 800 1000
m

i lagret om att det avsattes in en miljö med stark ström. Detta kan antingen indikera att lagret har omarbetats av stormvågor, eller att det har sköljts dit av en tsunami i samband med ett vulkanutbrott.

När utbrottet var över började återigen stromatoliter att bildas ovanpå det vulkaniska materialet, vilket är tydligt på hällens norra sida. De första stromatoliterna bildades som tunna och plana skikt, men successivt ser man



FOTO: LARRY MEINERT.

Bild 3: Kartan visar exkursionslokalerna i rött och föreslagen promenadväg i mörkgrönt. Den geologiska kartan är baserad på kartläggning av Ripa m.fl. (2002), Allen m.fl. (2003) och Jansson (2016).

Bild 4: Pisoliter (accretionary lapilli) kan liknas vid vulkaniskt hagel och bildas från askmoln.

hur de övergår uppåt i vackra domformer. Revet kunde sedan växa i lugn och ro fram till nästa vulkanutbrott, då cyklern upprepades.

Att denna cykel upprepas gång på gång betyder att sedimentationsbassängen måste ha befunnit sig i närmast konstant extension, eftersom vattendjupet i princip var konstant trots att ett över 300 meter mäktigt paket av stromatolitisk kalksten avsattes vid eller strax under vågbasen.

Under havsbotten tillfördes kalkstenen magnesium, varvid kalcit omvandlades till mineralet dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]. Metamorfos har sedan omvandlat den ursprungliga kalkstenen till marmor. På så vis uppstod den karaktäristiska växellagringen mellan marmor och metavulkanit som är vanlig i Salatrakten, inte minst i Tistebrottet väster om gruvan (bild 3).

3. Pisoliter (accretionary lapilli)

Vid en håll en bit öster om stigen förekommer egendomliga, ärtstora, vita kulor som sticker upp ur hållen

längs distinkta lager (bild 4). Med en lupp kan man se att kulorna liksom en lök är uppbyggda av tunna skikt, och att små skärvor har spjälkats av och ligger utspridda liksom små äggskal. Dessa bildningar kallas *accretionary lapilli* på engelska, eller pisoliter på svenska.

De brukar beskrivas som ett slags vulkaniskt hagel som bildas när fin aska från ett askmoln klumpar ihop sig till större bollar och faller ner på marken. Detta kan till exempel ske om det faller regn genom askmolnet, eller om elektrostatiske krafter i askmolnen får askpartiklarna att klumpa ihop sig. Bevarandegraden av dessa delikata vulkaniska texturer i så gamla bergarter är exceptionell vilket gör denna lokal till en av de bästa i Sverige för att se pisoliter.

4. Stenhavet

Varphögarna vid Stenhavet (bild 5) är det första tecken man ser av Sala silvergruva under denna promenad. Stuffer som innehåller zinkblände är vanliga på Stenhavet och känns lättast igen på den karaktäristiska spräckliga vittringshuden av vit hydrozinkit och brun järnhydroxid.

Förekomsten av zinkblände på varphögen beror inte på slarv vid utsortering av malm från gråberg. Till en början ratades zinkbländerik malm i Bergslagen då intresset för zink var lågt. Zink var svår att utvinna ur zinkblände med äldre metoder och silverhalten i denna malmtyp var



FOTO: BJÖRN CARLANDER.

5



FOTO: NILS JANSSON.

6

låg med den tidens mått (0,015–0,02 %). Den blyglansrika malmen var mer intressant, då den hade en högre silverhalt (0,15–1 %) och dessutom var mer lättsmält.

Det bly som fanns i blyglansen kunde inte tillgodogöras med 1500- till 1700-talets förädlingstekniker. Ironiskt nog behövde man tillsätta bly under smältprocesserna för att få ut silvret. Vid vissa tidpunkter rädde till och med blybrist vid hyttan. Under sent 1700-tal gjordes dock förbättringar, till exempel höjdes skorstenarna, vilket gjorde att gruvan gick från att ha ett underskott på bly till att ha ett överskott. Under 1800-talet kunde man därför börja producera och sälja blyhagel.

I slutet av 1800-talet blev zink en viktig industrimetall, och nya processer för produktion av zink eller zinkoxid från sulfidmalmer utvecklades. I samband med bolagiseringen av Sala silvergruva var därför zink i fokus, vilket märks i företagsnamn som Sala Zink AB.

Varpen på Stenhavet är kulturminnesskyddad, det är med andra ord inte tillåtet att samla sten.

5. Sala silvergruva

Vid Silvergruvan kan turen avslutas med en vandring runt gruvområdet eller ett besök under jord för att lära sig mer om gruvans historia. Det råder osäkerhet om när gruvan startade, men under tidigt 1500-tal började den utvecklas till en av Bergslagens viktigaste gruvor.

Bild 5: Stenhavet väster om Sala Silvergruva.

Bild 6: Zinkbländemalm från 155-metersnivån i Sala silvergruva, här utbildad som åderverk och breccia där zinkblände innesluter fragment av vit dolomitmarmor.

Bild 7: Drottning Christinas schakt avsänktes på 1650-talet och var gruvans huvudschakt. I bakgrunden till höger skymtar den återuppbyggda laven över Knektsschaktet.

På grund av att det fortfarande fanns zinkmalm kvar när gruvan började avvecklas 1908 tillät man aldrig att gruvan helt fylldes av grundvatten. Detta har varit en stor fördel för den nutida turistverksamheten.

Brytning i större skala ägde rum i Bronäsgruvan öster om Sala silvergruva 1945–1962, medan endast viss brytning på zinkmalm ägde rum i Sala silvergruva under 1950-talet. Därefter tog lokala entusiaster över och utvecklade gruvan till det turistmål som den är idag. Således kan man i Sala besöka öppna schakt och brytningsrum från 1600-talet och framåt.

Totalt utvanns omkring 450 ton silver, vilket är en liten mängd jämfört med moderna gruvor, men en betydande mängd med historiska mått.

Själva malmen i Sala är en polymetallisk sulfidmalm som bildades när varma och sura lösningar med metaller och svavel strömmade in i marmorn längs med krosszoner och reagerade med kalken (bild 6). Vid sidan om sulfider

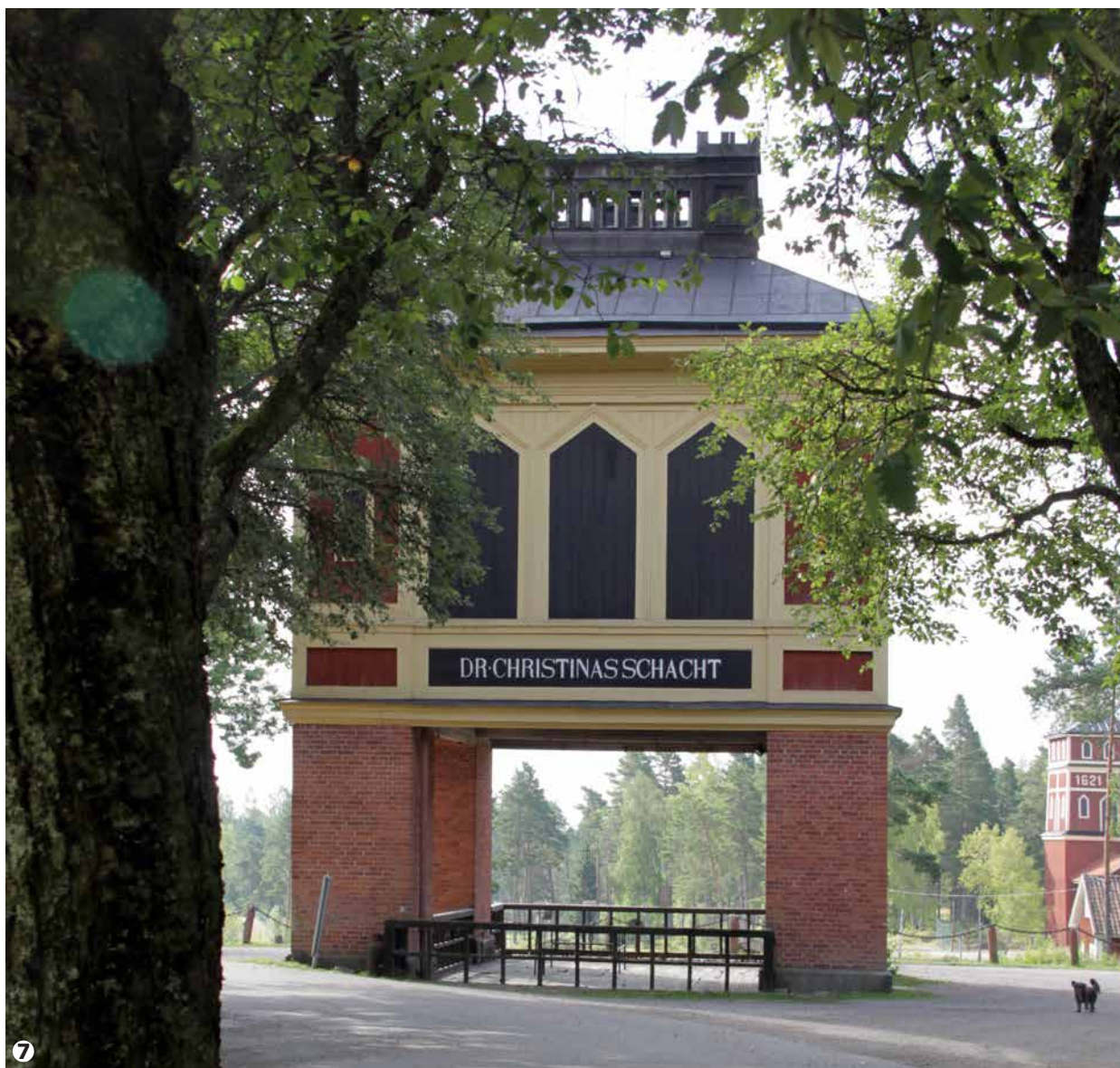


FOTO: JEANETTE BERGMAN WEIHED.

vittnar stora mängder av de gröna mineralen tremolit, serpentinit, talk och flogopit om de hur de varma lösningarna har omvandlat kalkstenen kemiskt.

Efter bildningen har malmen påverkats av veckning och skjuvning, vilket har orsakat dess nuvarande komplexa form. Den mest framträdande skjuvzonen i gruvan är så iögonfallande att den redan tidigt fick ett namn: Storgruveskölen. I brist på geofysik och borrhälsdata var skölen den mest pålitliga att utgå ifrån i berget när malmen skulle sökas på djupet. Malmen satt nämligen oftast i närheten av den. Ironiskt nog innehåller dock skölen också det sämsta berget – uppkrossat och talkrikt – och de flesta av rasen som skedde i gruvan inträffade i dess närhet. ♦

Läs mer

Allen, R.L., Bull, S., Ripa, M. & Jonsson, R. 2003. Regional stratigraphy, basin evolution, and the setting of stratabound Zn-Pb-

Cu-Ag-Au deposits in Bergslagen, Sweden. Slutrapport för SGU-projekt 03-1203/99, bekostat gemensamt av SGU och Boliden Mineral AB, 80 s.

Jansson, N. 2016. Structural evolution of the Palaeoproterozoic Sala stratabound Z-Pb-Ag carbonate-replacement deposit, Bergslagen, Sweden. GFF. <http://dx.doi.org/10.1080/11035897.2016.1196498>.

Ripa, M., Kübler, L., Persson, L. & Göransson, M. 2002. Beskrivning till berggrundskartan och bergkvalitetskartan IIG Västerås NO. Sveriges geologiska undersökning Af 217, 70 s.



Nils Jansson är forskare vid Luleå tekniska universitet

Dags för comeback

Geologiska Föreningen har sedan medlemsmötet i slutet av januari ny ordförande. Det är Pär Weihed som kommit tillbaka till posten (förra perioden var för tio år sedan) och han kommer att leda föreningen 2017–2018. Här presenterar han lite tankar om vad han skulle vilja åstadkomma.

NÄR JAG I HÖSTAS fick frågan av föreningens valberedning om jag kunde tänka mig att ställa upp som ordförande för Geologiska Föreningen var min första tanke att det har jag ju redan varit och det måste väl finns många goda kandidater utan att man behöver fråga mig igen!

Visserligen vet jag att det som präglar föreningslivet i dagens samhälle är en kamp med minskat antal medlemmar, svårigheter att få medlemmar att ta på sig förtroendeuppdrag och en kamp att få ekonomin att gå ihop. Geologiska Föreningen utgör inte något undantag och denna anrika förening, som samlar svenska geovetare för att diskutera geovetenskapen ur både ett vetenskapligt och samhällsrelaterat perspektiv, kämpar med samma utmaningar.

Eftersom jag tillhör dem som bestämt tror att geologi i bred bemärkelse bör spela en väsentligt större roll än den gör idag för att tackla det moderna samhällets utmaningar bestämde jag mig för att tacka ja till att återigen kandidera som Geologiska Föreningens ordförande.

Under år 2014 blev jag ombedd av Vetenskapsrådet att skriva en så kallad ämnesöversikt för området geologi och geofysik. (Hela rapporten som heter *Forskningens framtid! Ämnesöversikt 2014 Naturvetenskap och Teknikvetenskap* finns att ladda ned på Vetenskapsrådets webbplats.)

Ambitionen var att genomlysas ämnets ställning i Sverige ur ett internationellt perspektiv.

När jag fick frågan om ordförandeskapet kom jag att tänka på det jag skrev där om geologiämnets ställning i Sverige och internationellt: Ämnet saknas i läroplanen på grundskola och gymnasium och har inte alls den forskningsvolym som dess samhällsrelevans motiverar. Så är det, och det är en utmärkt utgångspunkt för en nationell geologisk förening när det gäller att ta en aktiv del i samhällsdebatten. Så självklart ville jag axla ordförandeskapet och anta utmaningen!

Geologins betydelse för samhällsutvecklingen

Jag rekommenderar er alla att läsa denna ämnesöversikt i sin helhet. Där står bland annat under rubriken *Trender, utvecklingstendenser och utvecklingspotential* följande:

”Endogena och exogena geologiska processer utgör grunden för förståelsen av hur klimatet utvecklats över tid (paleovetenskaperna). Förnybara energisystem använder i allt högre grad s.k. kritiska metaller och en tryggt försörjning av dessa skapar förutsättningar för gröna energilösningar (malmgeologi, tillämpad geofysik m.fl.). En allt mer urbaniserad värld är naturresurskrävande och kräver i allt större utsträckning planering av

markanvändning (berggrunds-, kvartär- och miljögeologi) och en hållbar utveckling inom naturresursområdet kräver en holistisk systemsyn där de flesta geovetenskaper kommer att få en större betydelse” och ”Starka globala trender inom geovetenskap är att undersökningar, mätningar och forskning avseende geologiska processer sker i alltmer extrema miljöer som t.ex. djupare i jordskorpan och på havsbottenarna. En annan tydlig trend är att många av ämnets delområden alltmer gör mätningar och modelleringar i tre och fyra dimensioner vilket kräver avancerade beräkningsmodeller, visualisering och datorkraft.”

Geologiska Föreningens verksamhet framöver

Med dessa ord i tanken bör en geologisk förening ha en stor roll att spela i samhällsdebatten och det kommer att bli min ledstjärna i ordförandeskapet. En nationell geologisk förening ska göra skillnad. Det är framför allt två områden jag vill prioritera framöver:

Ökat medlemsantal. Föreningen måste ha som mål att alla geovetare som är aktiva ska känna att det är angeläget att vara medlem. Tillsammans kan vi åstadkomma förändringar, tillsammans kan vi få



en livaktig vetenskaplig debatt och tillsammans kan vi ändra ämnets attraktionskraft. Jag vill jobba framför allt med att rekrytera de studenter som läser geovetenskap, och öka och stimulera utbytet mellan studenter på olika lärosäten. Jag hoppas vi kan sätta igång ett sådant arbete under 2017.

Göra föreningen hörd i samhällsdebatten. Om vi tror på det som sägs ovan i Vetenskapsrådets ämnesöversikt är det självklart att föreningens röst ska höras. Vi måste tillsammans med andra organisationer, t.ex. Geosektionen, Geologins dag, Nationalkommittén under KVA, jobba för att geologin får den plats i samhällsdebatten som den förtjänar.

När snart sagt varje samhällsutmaning på ett eller annat sätt har en lösning i förståelse för geologiska processer måste vi ut i både traditionella och sociala medier och höras. För detta behöver vi medlemmarnas hjälp. Gör vi geologins röst hörd så gör vi skillnad.

Det ska vara en självklarhet att vara medlem i Geologiska Föreningen och det ska vara självklart att uppfatta Geologiska Föreningen som ett nationellt organ för kunskap och klokhet avseende våra samhällsutmaningar.

Något ambitiöst kan man väl säga att vi ska dra vårt strå till stacken för att göra världen bättre i en tid när inte allt i vår omgivning pekar åt rätt håll.

FAKTA PÅR WEIHED

Ålder: 57 år.

Bor: Reveln, Luleå.

Familj: Hustru Jeanette.

Arbete: Professor i malmgeologi vid Luleå tekniska universitet. Verksamhetsledare för CAMM (Centre of Advanced Mining and Metallurgy) vid samma lärosäte.

Fritid: Har inte så mycket, så därför gör jag helst så lite som möjligt. Men när inte det funkar så är det just nu uppskalning av jaktintresset. Resor till exotiska platser är aldrig fel, eller en trevlig operaföreställning någonstans i världen.

NY STYRELSELEDAMOT

Kärstin Malmberg Persson

När Geologiska Föreningen sökte en ny styrelsemedlem hade man några önskemål för att komplettera resten av styrelsen. Man ville ha en kvinnlig kvartärgeolog från Lund och det är ju jag i ett nötskal.

JAG HAR INTE TIDIGARE varit medlem i föreningen men läst Geologiskt Forum med stort intresse och naturligtvis GFF när den någon gång haft kvartärgeologiskt innehåll. Det ska bli spännande att nu sent omsider ta del av föreningens verksamhet. Jag ska försöka bidra från en sydlig och kvartär horisont.

Jag började läsa geologi i Lund fast jag är född och uppvuxen i Norrköping. Och det var en lyckträff eftersom jag hamnade på avdelningen för kvartärgeologi under en period då både avdelningen och glacialgeologisk forskning internationellt hade en blomstringsperiod. Min avhandling behandlade glaciala sediment i delar

av sydvästra Skåne och sedan följde några år med forskning i Skåne, Polen och nordöstra Tyskland. Några år som biträdande redaktör för tidskriften Boreas blev det också.

Den akademiska tillvaron kändes efterhand något osäker och jag sökte mig till SGU där jag varit anställd som statsgeolog sedan 1994. Här har jag framför allt ägnat mig åt att kartlägga jordarter, mest i södra Sverige. Under senare år har jag arbetat mycket med stranderosion längs Skånes kust, ett problem som kommer att bli värre och där ett bra geologiskt underlag krävs för att bedöma vilka kuststräckor som är mest utsatta.



FAKTA KÄRSTIN MALMBERG PERSSON

Ålder: 64 år.

Bor: Limhamn.

Familj: Vuxna barn och små barnbarn.

Arbete: Statsgeolog vid Sveriges geologiska undersökning, kontoret i Lund.

Fritid: Inte så mycket, men gärna trädgårdsarbete och resor.



Undervattenslandskapet vid Haväng

TEXT: ANTON HANSSON

När man idag står på stranden vid Haväng och blickar ut över Hanöbukten är det fascinerande att tänka sig att bara några meter under vattenytan gömmer sig resterna av ett uråldrigt kustlandskap där stenåldersmänniskor fiskade och jagade. Det landskap som växte fram utanför Haväng kring den förlängda Verkeåns dalgång för nästan 10000 år sedan var en attraktiv plats för både människa och djur och platsen är en viktig pusselbit i de tidiga Sydsandinavernas historia. För att förstå hur detta landskap såg ut och hur människan levde där måste vi lämna stranden och dyka ner under ytan.

PÅ HAVSBOTTNEN utanför Haväng i Hanöbukten finns gyttjeavlagringar med välbevarade arkeologiska artefakter och rester av träd som vittnar om att vattennivån i Östersjön varit betydligt lägre än idag. För omkring

11700 år sedan sjönk vattennivån i Östersjösänkan med ungefär 25 m på bara några få år, och den sötvattensjö som kallas Baltiska issjön övergick i det bräckta Yoldiahavet. I de södra delarna av Östersjön innebar det att

stora landområden blev torrlagda. Öresund blev en landbrygga som möjliggjorde invandring av ett flertal däggdjur, och en landtunga mellan Bornholm och norra Tyskland uppstod.



FOTO: ARNE SJÖSTRÖM.

FOTO: ANTON HANSSON.

FOTO: ARNE SJÖSTRÖM.

Tallskog etableras och drunknar

Vattennivån sjönk ytterligare under cirka 1000 år efter tappningen, och i Hanöbukten var vattennivån som lägst cirka 25 m under dagens nivå. På dessa torrlagda områden etablerades en tallskog där djur och stenåldersmänniskor levde.

För cirka 10 700 år sedan började Yoldiahavet tippas söderut på grund av att landhöjningen var större i norr än i söder. Detta gjorde att vattennivån på bara några hundra år steg kraftigt och att Yoldiahavet övergick i det vi idag kallar för Ancylussjön. Den tallskog som tidigare etablerats i området dränktes, och idag finns dessa träd bevarade på havsbotten.

När Ancylussjön fick ett sydligt utlopp genom Stora Bält och övergick till det tidiga Littorinahavet för omkring 10 000 år sedan sänktes vattennivån en andra gång. Återigen blev delar av havsbotten vid Haväng torrlagd och skogen återetablerade sig.

För cirka 8 500 år sedan började så den globala havsnivån stiga snabbare

än den lokala landhöjningen, och den vattennivåhöjning som kallas Littorinatrangressjonen dränkte åter landskapet, som sedan dess har legat under ytan.

Landskapet under ytan

För folk längs Hanöbuktens kust har det länge varit känt att det finns ett dolt landskap under ytan genom att stubbar fastnat i fiskares nät och man har hittat uppspolade stammar och gyttjeklumpar på stranden vid Verkeåns mynning.

På 1960-talet blev några av de uppfiskade stubbarna daterade med den då nya kol-14-metoden och Tage Nilsson, en av pionjärerna inom pollenanalysen och verksam vid kvartärgeologiska avdelningen i Lund under många år, analyserade polleninnehållet från en av gyttjeavlagringarna och kunde visa på att en sötvattensmiljö rådde under *ekblandskogstiden*. På 1980-talet undersöktes Havängsområdet med hjälp av sportdykare under ledning av Lars Hansen på Institutet för kulturforskning.

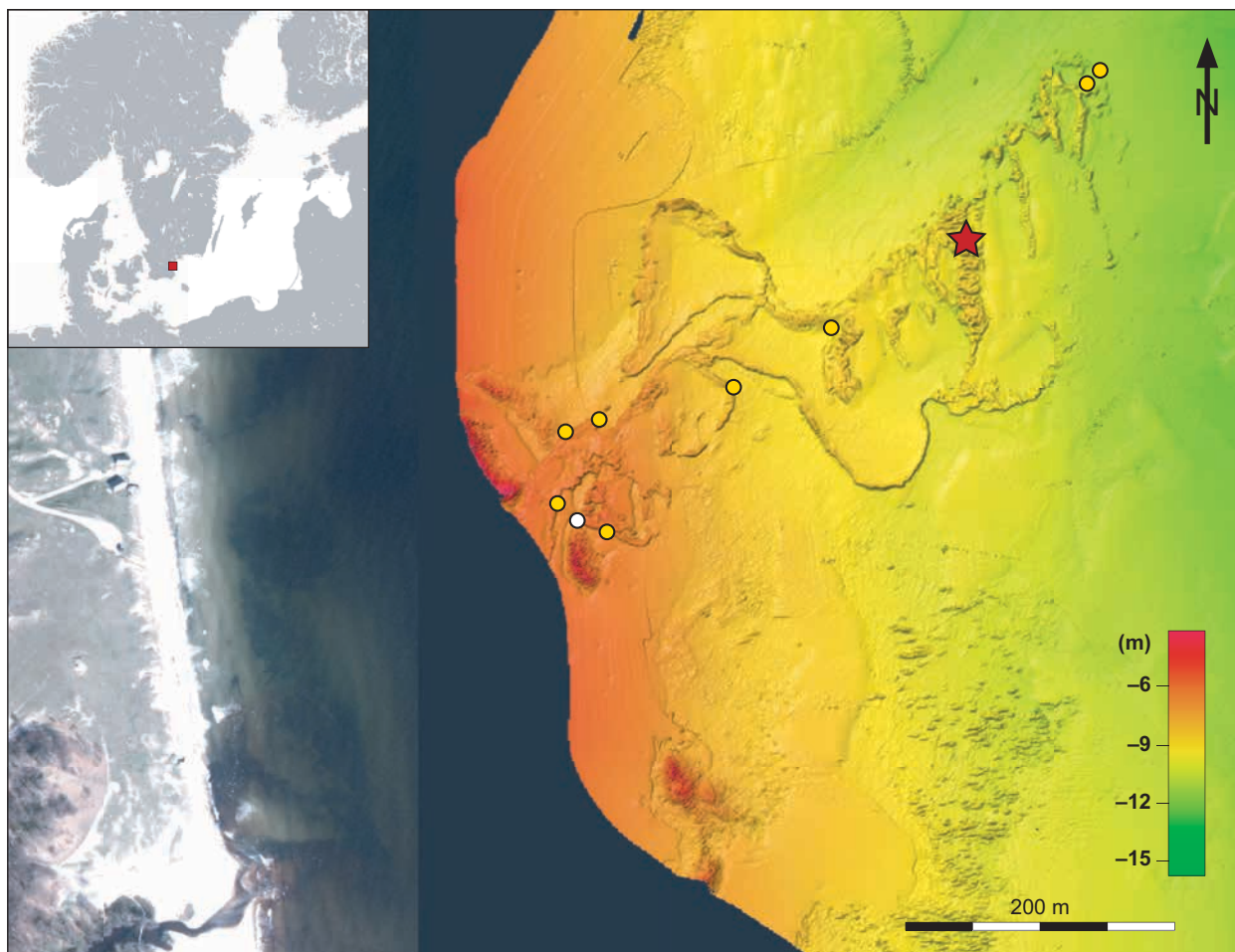
Motstående sida: Artikelförfattaren sågar i en fallen tallstam. Till vänster om trädet syns en sedimentbank med några decimeters höjd.

Ovan till vänster: Dykteamet vid 2014 års fältarbete. Från vänster: Beesham Soogrim (dykare), Krister Jeppson (båtförare), Björn Nilsson (arkeolog), Arne Sjöström (arkeolog).

Överst till höger: En ca 10 500 år gammal stubbe som står halvt inbäddad i en sedimentbank (ca 9 000 år gammal). Nederst i bild syns block från den underliggande moränen. Bilden visar att många tidsytor finns bevarade i Haväng och bidrar till komplexiteten. Dykaren i bild är Anton Hansson.

Ovan till höger: Fiskfälla av flätade hasselkäppar som bevarats i toppen på en sedimentbank. Tumstocken är 1 m lång på båda sidor.

Sedan 2009 har arkeologer och geologer från Lunds universitet dykt utanför Haväng för att kartlägga och provta sediment och trädrester, och för att leta efter arkeologiska lämningar. Genom att kombinera arkeologi och geologi försöker vi ta reda på hur detta forntida landskap såg ut,



Ovan: Ortofoto över Haväng där Verkeån syns i nedre vänstra delen av bilden. När vattennivån var lägre fortsatte Verkeån österut vilket syns på den batymetriska kartan, som visar på ett landskap med bågformade sedimentbankar som höjer sig över botten. Symbolerna är desamma som i kartan på motstående sida.

BATYMETRISK KARTA

Den batymetriska kartan är uppbyggd med hjälp av ett flerstråligt ekolod (MBES) som kan göra uppmätningar av havsbotten med en osäkerhet på endast några centimeter. Tekniken bygger på att ett ekolod skickar ut flera, synkroniserade ljudpulser som studsar på botten och tillbaka till en akustisk mottagare. Efter behandlingen av rådata framträder en detaljerad karta där bankar, sandröplar och till och med enskilda träd syns. Uppmätningarna är gjorda i omgångar av Sjöfartsverket, Marin Mätteknik och SGU.

hur vattennivån förändrades och hur de stenåldersmänniskor som uppehöll sig här levde och nyttjade landskapet under tidig holocen (11 700–8 000 år sedan). I den här artikeln sammanfattar jag forskningen kring lågvattenperioden i det tidiga Littorinahavet, för cirka 9 000 år sedan.

Undersökningsområdet

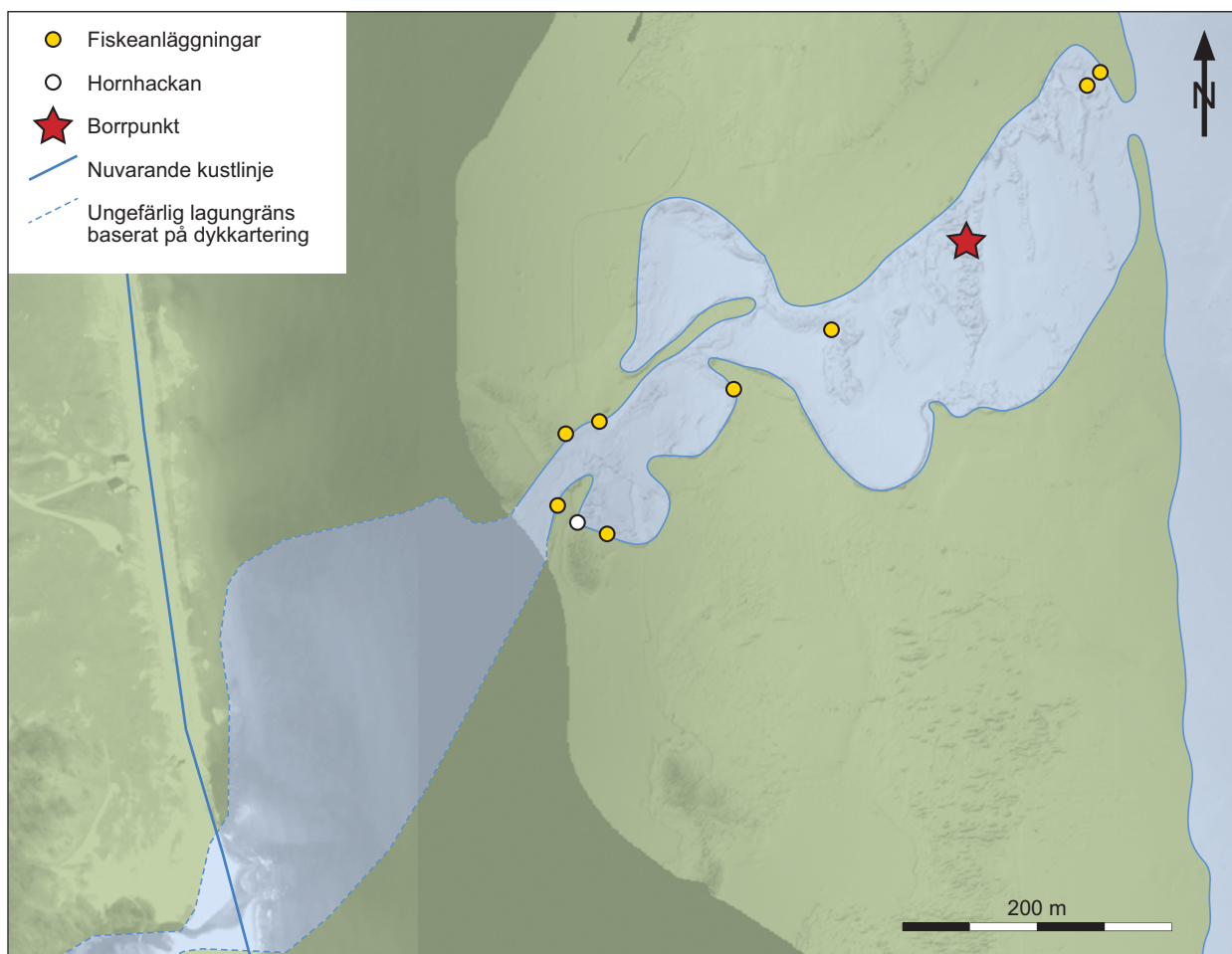
Området som undersökts är ungefär 1,5 km² stort och sträcker sig nästan 3 km utanför dagens kust. Nere på botten breder ett landskap med stående stubbar och välta trädstammar, halvt begravda i gyttja, ut sig. Gytjan bildar stora bågformade bankar, som reser sig någon meter över den kringliggande havsbotten och som går att följa hundratals meter. Träden är otroligt välbevarade. Att såga ut ett prov kan ta upp till 45 minuter, och lukten av ved sitter i även efter mer än 10 000 år under ytan.

Med oss ner har vi som dyker allt från såg och provtagningsutrustning till undervattensskotrar för att kunna transportera oss längre sträckor då tiden under ytan är begränsad. Vi är fastkopplade med en GPS-försedd boj som flyter rakt ovanför oss så att positionen för de prover som insamlas kan fastställas så exakt som möjligt. Före provtagning dokumenteras varje provpunkt med omfattande fotografering som ligger till grund för en 3D-modell.

Lite tur för att hitta föremål

Träden på botten kan räknas i hundratal och är relativt lätta att hitta längs gyttjebankarna. För att finna arkeologiska föremål som ligger inbäddade i gyttja krävs det både öppna ögon och en del tur.

På våren 2014, vid ett dyk där vi var på jakt efter träd, simmade vi förbi en gyttjebank där kanten nyligen brutits



loss vilket exponerade en färsk yta. Stenar låg inbäddade i banken och när vi tittade närmare stack någonting upp ur gyttjan. Vi började rensa ytan runt föremålet med fingrar och spatel, och ut ur gyttjan kom en drygt 20 cm lång hacka, utsågad ur basen av ett älghorn, med en bruten spets.

När vi kommit upp på land och började betrakta fyndet noggrant såg vi inristade inskriptioner på ovansidan. Hackan kastades i vattnet för nästan 9 000 år sedan då en spricka vid skaftfästet gjort den obrukbar.

Ekolod avbildar landskapet

För att få en överblick över landskapsformerna har havsbotten mätts upp med ett flerstråligt ekolod som ger en mycket detaljerad bild av vattendjupet. Denna relativt nya teknik är oumbärlig för att förstå landskapet och den nuvarande bilden

skiljer sig markant från de tidigare dykkarteringarna.

Den batymetriska kartan används som underlag vid provtagning och tolkningar av det forna landskapet. En 3,5 m lång borrkärna som togs upp av SGU:s fartyg Ocean Surveyor, på 8 m djup, utgör tillsammans med den batymetriska kartan grunden för en miljörekonstruktion av området.

Sedimenten består av en kompakt, brun gyttja som har avsatts väldigt snabbt, för ungefär 9 000–8 600 år sedan. Kol-14-dateringarna från kärnans topp och botten skiljer sig knappt åt och tyder på en sedimentationshastighet på ungefär 1 cm per år.

Polleninnehållet domineras av tall, hassel, alm, al och björk. Pollendiagrammet karaktäriseras av lindens invandring i området – en meter från borrkärnans topp etablerar sig halten

Ovan: Rekonstruktion av hur lagunen vid Haväng såg ut för omkring 9 000 år sedan. Havsnivån var då 12 m lägre än idag.

av lindpollen på en konstant nivå över en procent av polleninnehållet.

Kiselalgsfloran domineras av färskvattenarter, men en liten, konstant närvaro av brackvattenarter visar på ett visst inflöde av saltvatten till Östersjön redan för 9 000 år sedan, långt innan Öresund öppnades och stora mängder saltvatten flödade in i Östersjönsänkan.

Rekonstruktion av miljön

Det undervattenslandskap vi ser idag på havsbotten är ett resultat av både deposition och erosion då strandlinjen har rört sig över området fyra gånger under tidig holocen. De landskapsformer vi ser idag motsvarar därför inte nödvändigtvis hur det



FOTO: ARNE SJÖSTRÖM.



FOTO: ARNE SJÖSTRÖM.



FOTO: ARNE SJÖSTRÖM.

såg ut på platsen när den bildades för 9 000 år sedan. Resultaten visar på en lagunmiljö med ett långsamt rinnande, delvis stillastående vatten där gyttja kunnat sedimentera.

Närvaron av gräs- och buskpolen tyder på en öppen skogsmiljö där al och björk företrädesvis växte i den blötare miljön närmast lagunstranden medan tall, hassel och alm växte på de torrare markerna. Att lagunen var näringsrik vittnar den snabbt avsatta gyttjan och kiselalger om.

Miljön förändras

En statistisk analys visar att grundämnessammansättningen i den översta metern skiljer sig markant från resten av borrhärnan. Denna förändring går också att spåra i artsamammansättningen i kiselalgsfloran och en markant minskning av pollenkoncentrationen vilket tyder på en markant miljöförändring i lagunen.

För att förstå utvecklingen i lagunen måste vi diskutera de vattennivåförändringar som skedde i Östersjön under tidig holocen. Den högsta nivån för Ancylussjön, för omkring 10 200 år sedan, finns inte bevarad i Haväng, men baserat på en interpolation mellan nivåerna i Mecklenburgbukten (i Tyskland) och Olsäng i östra Blekinge, beräknas den högsta nivån vid Haväng ligga på 2 m under dagens nivå. Den påföljande vattennivåsenkningen nådde sitt minimum för ungefär 9 000 år sedan och lagunen vid Haväng var då etablerad.

Den bruna, kompakta gyttjan som är karaktäristisk för den här lågvattenperioden upphör under 12 m djup, varför denna nivå tolkas som den lägsta nivån i det tidiga Littorinahavet vid Haväng.

För cirka 8 500 år sedan började vattennivån vid Haväng stiga då isavsmältningen i de stora isarna på norra halvklotet var större än den lokala landhöjningen. I och med vattennivåhöjningen närmade sig kust-

Överst: Hornhackan hittades i en sedimentbank med ett färskt brott som blotade ett utkastlager med sten och hackan.

Mitten: Närbild på hornhackan, där spetsen är avbruten.

Nederst: Närbild på inskriptionerna.

linjen borrhypunkten och störde miljön inne i lagunen vilket, som nämnts ovan, påverkade kiselalgsfloran, grundämnesinnehållet och pollenkoncentrationen. Dessutom sjunker den organiska halten, och kvartskorn börjar uppträda i toppen av borrhypkärnan vilket tyder på ett större inflöde av suspenderat och eventuellt vindtransporterat material från den annalkande kustlinjen.

För cirka 6 500 år sedan, då inlandsisarna slutligen smält bort, nådde Littorinahavet sin högsta nivå. Denna har uppmätts till 4 m över havet i *Ravlundafältets geologi* av Tage Nilsson.

Välbevarade organiska fynd

Det mest intressanta med de arkeologiska fynden som gjorts vid Haväng är att det i stor utsträckning handlar om organiska lämningar, men väldigt få fynd av stenmaterial. Detta är tvärtom vad som är vanligt på landbacken, där organiska fynd sällan bevaras. Undervattenslandskapen har därför potential att ge en delvis ny bild av stenåldersmänniskorna och deras resursutnyttjande.

Fynden består till exempel av törvedsfacklor av tall, slaktrester (ben och horn) från kronhjort och ansamlingar av hasselnötsskal. De mest häpnadsväckande fynden är den omkring 8 700 år gamla älghornshackan och åtta stycken stationära fiskfällor av flätade hasselstavar (de äldsta i norra Europa) som hittats inbäddade i gyttnan runt om i undervattenslandskapet. Fiskfällorna dateras till 9 200–8 400 år sedan.

De arkeologiska fynden visar tydligt att människorna som bodde vid Hanöbukten för cirka 9 000 år sedan föredrog fiske i lagun- och åmiljöer, i motsats till samtida människor på västkusten som var specialiserade på jakt av marina fiskar och däggdjur. Fiskfällorna är utspridda längs den forna lagunstranden och visar på ett relativt storskaligt fiske.

Hornhackan är den enda i sitt slag och vi vet idag inte exakt vad den användes till. Spetsen på hackan var trubbig och det är inte otänkbart att hackan har använts till att gräva med, till exempel för att fästa fiskfällorna i gyttnan.



FOTO: ARNE SJÖSTRÖM.

I samband med tidigare undersökningar vid Haväng har fiskfällor från laxfisk och abborre påträffats tillsammans med ett ben från gråsäl som visar på en kuststräcka med rika resurser. I Sunnansund på Listerlandet har det i samband med E22:ans utbyggnad gjorts en stor arkeologisk undersökning som visar på att stora mängder fångad fisk har konserverats i jäsningsgropar.

Tillsammans reser fynden från Haväng och Sunnansund frågor om massfångst och masskonsumtion av fisk, och i förlängningen att dessa stenåldersmänniskor kanske var både fler till antalet och mer bofasta än vad man tidigare har antagit. Yngre fyndplatser längs kusten av Hanöbukten visar att även efter etableringen av en marin miljö i Östersjön var det fortsatt söt- och brackvattensfiskar som stenåldersmänniskorna föredrog framför marina arter.

Undersökningarna fortsätter

Forskningsresultaten vid Haväng tydliggör den exceptionella bevarandegraden hos undervattenslandskap, och visar tydligt vad arkeologer och geologer kan åstadkomma tillsammans. Forskningen om undervattenslandskap är fortfarande ung och mycket tid har gått till att optimera insamlandet av data vilket vi nu kan utnyttja då projektet *Blå arkeologi*, under ledning av Björn Nilsson vid

Ovan: En sedimentbank på 18 m djup som vittnar om en gammal strandkant där träd växte för nästan 11 000 år sedan.

arkeologiska institutionen vid Lunds universitet, har fått ett stort anslag från Vetenskapsrådet för fortsatta detaljerade utgrävningar av Haväng samt en möjlighet att expandera undersökningarna till fler högintressanta områden längs kusten i Skåne och Blekinge. ♦

Läs mer

- Boethius, A. 2016. Something rotten in Scandinavia: The world's earliest evidence of fermentation. *Journal of Archaeological Science* 66, 169–180.
- Hansson, A., Nilsson, B., Sjöström, A., Björck, S., Holmgren, S., Linderson, H., Magnell, O., Rundgren, M. & Hammarlund, D. 2016. A submerged Mesolithic lagoonal landscape in the Baltic Sea, southeastern Sweden – Early Holocene environmental reconstruction and shore-level displacement based on a multiproxy approach. *Quaternary International*, 1–14.
- Nilsson, T. 1961. *Ravlundafältets geologi*. Skånes Natur 1961, 73–106.



Anton Hansson är doktorand i kvartärgeologi vid Geologiska institutionen, Lunds universitet.

Flerdimensionell läsning om ett gruvras och 33 överlevare

TEXT: ANNA KIM-ANDERSSON

Så hamnar den till slut på mitt nattduksbord. Sju år efter gruvraset, katastrofen, miraklet. Boken om vad som hände den närmsta tiden efter att koppar- och guldgruvan San José i Chile rasade ihop den 5 augusti 2010.

RECENSION

För den geologiintresserade måste det väl finnas något matnyttigt att läsa i den omtalade boken *Djupt nere i mörkret*? Kanske även för den som vill läsa om gruvbrytning, räddningsinsatser, krishantering, kriskommunikation eller mediarelaterade frågor? Eller för den som funderar över människans förmåga att fysiskt och psykiskt klara av stor och långvarig press, grupp-dynamik, ledarskapsfrågor? Listan på intresseområden kan göras oändligt lång. Ja, var och en kan nog hitta sin infallsvinkel. Det är bara att plocka upp boken och börja läsa.

Det visar sig dock vara en dålig idé att läsa denna bok på kvällstid. För jag fångas snart. Dras med in i boken. Ner i djupet, ett hisnande djup. Sida efter sida vänds och timmarna går. Kvällen blir till natt, jag kommer inte att få så många timmars sömn.

Är mörkret som omsluter mig lika svart som mörkret i tilltåppta gruvgångar nära 700 meter under jord? Hur känns det att ha vetskap om

att det är hundratals meter upp till markytan, när omgivande gruvmiljö rasar in?

Det var 34 anställda som fanns inne i gruvan när raset skedde. Ett dioritblock lika stort som ett 45 våningar högt hus lossnade från omgivande berg. Blocket föll nedåt i gruvan och slog ut hela partier av rampen, den stora transportväg som användes för att köra arbetsfordon från gruvgångarna och upp till ytan.

Gruvmiljön var instabil. Fanns det risk för att hela strukturen skulle kollapsa? 33 män blev kvar på djupet, nedanför de av raset stängda gångarna, och en person, som befann sig ovanför, lyckades ta sig upp och ut. Av de som blev fast där nere: blev någon skadad? Överlevde någon? Kommer

det att gå att ordna en räddningsinsats? På markytan är det ingen som har överblick över läget. Ingen vet.

De 33 där nere samlar sig, de har tillgång till vatten och ett nödförråd med mat. Fungerande arbetsfordon finns i de nedre gångarna och det går att ordna med batteridrivna punktbelysning. Men kontakten med omvärlden är bruten. Alla ledningar (el, ventilation, kommunikation) som går vertikalt är kapade.

De 33 känner inte till omfattningen av raset, de vet inte om de kommer att kunna ta sig ut ur gruvan. De vet inte om de är saknade, de vet inte om någon söker efter dem. Och maten kommer inte att räcka särskilt länge.

Den amerikanske författaren Héctor Tobar, med rötter från Gua-

Djupt nere i mörkret handlar om vad som hände i San Joségruvan 2010. San José var en relativt liten privatägd gruva i norra delen av Chile, belägen i Atacamaöknen, fem mil nordväst om staden Copiapó (200 000 invånare). Här hade brutits koppar och guld sedan gruvan öppnades 1889. Arbetsvillkoren och säkerheten var undermåliga, med ägarnas goda minne. Bland annat hade gruvan vertikala utrymningsvägar som inte kunde användas i ett nödläge eftersom gruvledningen inte hade investerat i tillräckligt långa stegar.



FOTO: DIEGO GREZ, CC-BY-SA 2.0
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11152133>

temala, fick uppdraget att i efterhand återge vad som hände nere i San José-gruvan. Det är de överlevande människors egna berättelser (alla klarade sig som bekant) som utgör själva grunden och det är de 33 som tillsammans bestämt att deras historia ska presenteras unisont.

Ingen enskild överlevare ska kunna tjäna pengar på de övrigas bekostnad. Det är ett gemensamt beslut, taget de sista dagarna innan räddningen. Totalt var gruvarbetarna instängda i gruvan i 69 dagar, de första 17 dagarna helt utan möjlighet att kommunicera med omvärlden.

Héctor Tobar bygger boken på sina intryck efter att ha intervjuat överlevarna och deras familjer. Han har läst dagboksanteckningarna som en av gruvarbetarna skrev under jord. Han har sett filmer och fotografier från överlevarnas kameror som skickades ner efter att det första räddningschaktet öppnades efter 17 dagar.

Han har även tagit del av medias rapportering och exempelvis den rapport som en undersökningskommission lade fram till den chilenska kongressen, samt gjort intervjuer med NASA-experter från räddningsinsatsen, osv.

Författaren skriver med fingertoppskänsla. Han gör *Djupt nere i mörkret* till något mer än en återberättelse eller sammanställning av fakta. Geografin, geologin, öknen,

det chilenska samhället, den undermåligt skötta gruvan, gruvarbetarnas arbetsförhållanden, raset, de överlevandes mod och hopp, dödssträck och ångest, de anhörigas vånda, räddningsarbetarnas insatser.

Héctor Tobar klarar balansgången att levandegöra miljöer och sammanhang både ovan och under jord utan att fastna i alltför storvulna eller ensidiga bilder av hjältar, vinnare, förlorare, fiender, feghet, offer, skuld eller skam.

Det som fascinerar mest är hur han flåtar ihop delarna till en helhet som fungera, inte minst genom att han låter ett medkännande mänskligt filter bakas in i berättelsen som vrider sig som en karusell, i ett alltmer ökande tempo. Jag lägger slutligen ifrån mig boken och släcker läslampan.

Förutom att jag har fått en utdragen dos av spänning har jag också fått del av en läsvärd samtidsskildring. En gruva, 33 överlevare och deras anhöriga har haft huvudrollerna under min nattliga sejour. Räddningsarbetet, politik och makt, PR och media har också varit centrala ingredienser. ♦



Anna Kim-Andersson är kommunikativ och konsult, tidigare redaktör för Geologiskt forum.



DJUPT NERE I MÖRKRET
Den sanna berättelsen om 33 män instängda i en gruva i Chile – och miraklet som räddade dem

Författare: Héctor Tobar

Översättare: Ingallil Bergensten

Förlag: Libris förlag

Utgiven 2016

Pocket, 383 sidor

ISBN 9789173874793

Finns också inbunden.

Olyckor kan alltid inträffa



Det måste finnas en beredskap och en fungerande myndighetstillsyn, anser Pär Weihed, professor i malmgeologi vid Luleå tekniska universitet, apropå frågan om hur man kan höja säkerheten i gruvor.

Under sensommaren och hösten 2010 blev Pär intervjuad flera gånger av svensk media i samband med händelserna vid San Joségruvan – vid raset, under räddningsinsatsen och efteråt.

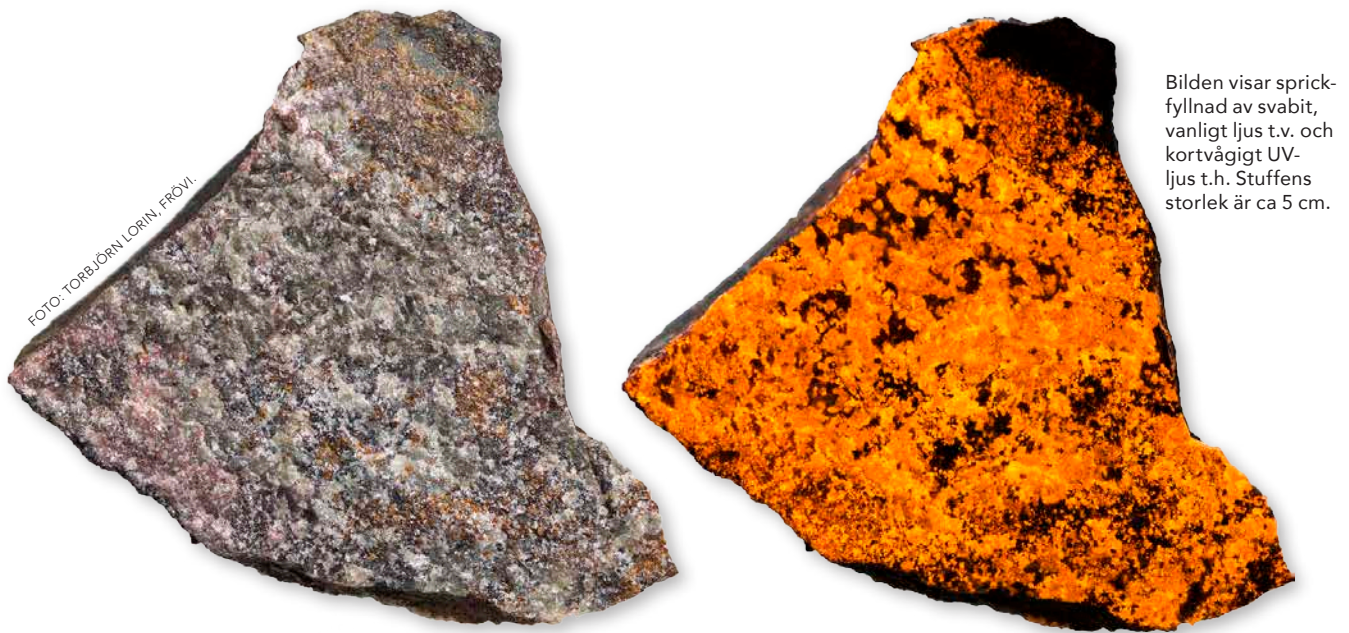
– Det mediala intresset var stort globalt sett. Även i Sverige fanns ett mediafokus, inte minst genom att svensk teknik användes i samband med räddningsinsatsen. Det svenska borrhöretaget Bergteamet flög in i expertis till Chile och bidrog även med en bormaskin och rör. Frågorna från media handlade om allt från vilken teknik som var bäst att använda till hur det ser ut i en gruva under jord. Efteråt

intervjuades jag bland annat om säkerhet och lärdomar från olyckan, minns Pär.

Chile är en stor gruvnation med fler än 800 gruvor. Det är allt från små gruvor där det bara arbetar enstaka personer och där säkerheten för den enskilde kanske inte är så hög, till det stora statliga Codelcolbolaget som arbetar med grus säkerhet i världsklass.

– Raset i San Joségruvan hade kanske kunnat undvikas genom normal bergförstärkning med bultar eller betongsprutning med armering. Men viktigast av allt är att man har en bra lagstiftning med fungerande tillsyn av säkerheten i gruvor. Ländernas myndigheter måste ut och inspektera och ställa krav, även på mindre gruvor. Olyckor kan dock alltid inträffa. Händelserna i San Joségruvan är i slutändan ändå en framgångshistoria. Chiles regering klev in relativt tidigt i räddningsinsatsen, tog ansvar och lyckades mobilisera både nationell och internationell expertis, säger Pär Weihed. ♦

FOTO: TORBJÖRN LORIN, FRÖVI.



Bilden visar sprickfyllnad av svabitt, vanligt ljus t.v. och kortvågigt UV-ljus t.h. Stuffens storlek är ca 5 cm.

Manganmalm i anrik järnmalmsmiljö, centrala Norberg

Norberg i Västmanland är känt som järnmalmproducent sedan medeltiden. Vad som är mindre känt är att de vackert bandade hematitmalmerna på flera ställen åtföljs av mangananrikade partier som har en exotisk mineralogi som starkt påminner om den berömda Långbanfyndigheten i Värmland.

TEXT: PER NYSTEN & TORBJÖRN LORIN

De manganrika malmerna i Norberg bildar en lång ledhorisont i ryolitiska vulkaniska bergarter. Horisonten är flera kilometer lång och sträcker sig från fyndigheten Assessorskan i sydväst via Fredriksgruvan till Hästefältet i nordöst. De två förstnämnda fyndigheterna har undersökts av oss under det senaste året och en fullständig rapport presenteras i nästkommande nummer av Långbanssällskapets tidskrift Långbansnytt.

Gemensamt för båda lokalerna är förekomsten av mangansilikater såsom gul granat, brun pyroxen och röd rodonit. Dessutom finns det förhöjda halter av arsenik, antimon och barium, där det förstnämnda grundämnet bildar ett flertal olika arsenatmineral.

Speciellt vanligt förekommande är svabitt, ett fluorhaltigt kalciumarsenat som fått namn efter bergmästaren Anton Svab. Mineralen ingår i

apatitgruppen och är därmed både kemiskt och strukturellt relaterat till apatit. Svabiten bildar glasglänsande vita till grå ådror och sprickfyllnader i mangansilikater och den avslöjar sig direkt under kortvågigt UV-ljus med en gulorange respons (bilden).

Hedyfan är ytterligare ett exempel på arsenatmineral som finns både här och i Långban. Hedyfan innehåller kalcium, bly och klor och är likaledes en medlem av apatitgruppen. Hedyfan från Norberg finns dock framför allt som sprickfyllnader i manganskarnet. Färgen är blekt gulgrå och UV-responsen saknas.

Som mer exotiska medlemmar av arsenatfamiljen har vi funnit brunrosa sprickfyllnader av sarkinit och vita nålar av manganhörnosit i Assessorskan. Fredriksgruvan utmärker sig däremot som fyndort för antimonmineralet romeit. Mineralen bildar vackra brunorange kristaller invuxna

i kalcit tillsammans med rodonit, fältspat och hematit. Förekomsten av romeit visar ytterligare en mineralogisk koppling till Långban. Slutligen kan nämnas att grundämnet barium finns bundet till baryt och bariumfältspat. ♦

Läs mer

Geijer, P. 1936. Norbergs berggrund och malmfyndigheter. Sveriges geologiska undersökning Ca 24, 162 s.

Nysten, P. 2014. Det magnifika manganet. Geologiskt forum 82, 20–23.

Långbanssällskapet bildades 1983 och är en intresseförening inriktad på mineralogi, geologi och kulturhistoria för några gruvor i östra Värmland. Läs mer om föreningens syfte och verksamhet på sällskapets webbplats: www.geonord.se/langban/LBS_web/LBS_start.html.

Assar Haddings pris till Stefan Claesson och Martin J. Whitehouse

Det prestigefyllda Assar Haddings pris har tilldelats professorerna Stefan Claesson och Martin J. Whitehouse, Stockholm. Priset delades ut första gången 1959 och har därefter utdelats vart tredje år av Kungliga Fysiografiska Sällskapet i Lund. Prissumman på 360 000 kronor delades mellan pristagarna.

Professor Claesson tilldelas priset som initiativtagare till det nordiska samarbetsprojekt som ledde till upprättandet av Nordens första mikrosondlaboratorium (the NORDSIM laboratory) vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm. Laboratoriet togs i drift 1993 och utvecklades snabbt till det viktigaste instrumentet för isotopanalyser av olika typer av geologiska material.

Professor Whitehouse tilldelas priset för att ha utvecklat NORDSIM-instrumentets kapacitet inom en rad olika tillämpningar vilket gjort laboratoriet till ett av de mest erkända i världen. Data från NORDSIM-laboratoriet har under ledning av professor Whitehouse lett till ett antal större genombrott inom en rad olika forskningsområden.

Stefan Claesson erhöll sin filosofie doktorsexamen 1981 vid Stockholms universitet. Han blev professor 1990 och har tjänstgjort i olika befattningar vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm. Stefan har haft ett stort antal förtröendeuppdrag i olika internationella forskningsprogram liksom inom Kungliga Vetenskapsakademien. Hans inledande forskning omfattade den geologiska utvecklingen av Kaledoniderna (Skandinaviska fjällkedjan) där han var en pionjär inom olika dateringstekniker. Senare forskning har varit inriktad på prekambrisk geologi där han med isotopgeologiska och radiometrisk studier bidragit till en bättre förståelse av jordskorpans bildning.

Martin Whitehouse erhöll sin kandidatexamen 1983 vid universitetet i Cambridge och blev filosofie doktor 1987 vid universitetet i Oxford, England. Han har haft en rad olika tjänster vid olika universitet utomlands, och har ett stort internationellt kontaktnät. År 2001 blev han chef för mikrosondlaboratoriet vid Naturhistoriska riksmuseet och har sedan dess innehaft denna tjänst. Trots sin relativt unga ålder är Whitehouse en av de mest citerade geologerna i världen med ca 300 publikationer. Hans forskningsintressen domineras av isotopgeologiska och mikrokemiska analyser inom en rad olika discipliner inom geovetenskapen. ♦

Ulf Söderlund, Geologiska institutionen, Lunds universitet.



FOTO: ULF SÖDERLUND.



Jakten efter nedslagskratrar på Jorden

TEXT OCH BILD: SANNA ALWMARK

I dagsläget finns ungefär 190 bekräftade nedslagskratrar på Jorden lagrade i *Earth Impact Database*. Vad är det som gör att vi vill fortsätta att leta efter fler?

EFTER MER ÄN 50 ÅR av resor (bemannade och obemannade) i Jordens närområde i rymden, och studier av ett växande antal nedslagskratrar på Jorden så har processen *impact cratering* (nedslagskraterbildning) utvecklats från att anses vara en perifer geologisk process till en fundamental del av både Jordens och solsystemets historia. Nedslagskratrar är en av de vanligaste landformerna på alla himlakroppar i inre solsystemet (förutom Jorden), på de flesta av gasgiganternas månar, och på de isiga kropparna som utgör Kuiperbältet.

För Jorden som planet har bildandet av nedslagskratrar haft väsentlig betydelse. Den ledande teorin för hur månen bildades involverar en kollision mellan Jorden och en

himlakropp med en storlek motsvarande planeten Mars. Senare i Jordens historia har nedslag resulterat i tvingande omställningar för ekosystemet, och åtminstone vid ett tillfälle har en kollision resulterat i globalt massutdöende, i slutet på Kritaperioden.

Idag skördar vi frukterna av himlakroppskollisioner i form av kolvätefyndigheter och några av världens största malmtillgångar. Ett exempel är den ungefär 200 km stora Sudburykratern i Kanada, vilken bildades i samband med ett nedslag för 1,85 miljarder år. Nedslaget orsakade att en stor mineralisering med nickel, koppar och platinagrups metaller (PGE) bildades. Sudbury är en metalltillgång i världsklass.



Ett annat exempel är guld- och urantillgångar associerade med den ungefär 2 miljarder år gamla Vredefortstrukturen i Sydafrika. Den ursprungliga kratern var 225–300 km i diameter och trots att 47 000 ton guld producerats sedan 1886 så har man uppskattat att mineraliseringen i dagsläget innehåller 45 % av kända globala guldtilgångar.

Efter den första kataklysmiska delen av Jordens historia så har den nedslagsbildande processen fått ge vika som dominerande geologisk process till fördel för andra processer såsom vulkanism och kontinentkollisioner. Det här betyder dock inte att nedslagsprocessen inte har fortsatt att vara aktuell för Jorden och vårt solsystem, något som till exempel kan illustreras av kollisionen mellan kometen Shoemaker-Levy 9 och Jupiter i juli 1994.

På Jorden försvåras studier av nedslagskratrar av destruktiva geologiska processer som vulkanism, sedimentavsättning och erosion. Dessa processer leder till att själva nedslagskratern bevaras dåligt, men detsamma gäller också de produkter som bildas i samband med nedslaget, till exempel ejektalager. Ofta finns ingen, eller bara en dåligt bevarad morfologisk signatur av nedslagskratern kvar på jordytan. Därför är nedslagsstruktur en mer korrekt term på det som finns kvar. Ett exempel på detta är vår svenska kronjuvel Siljan, Europas största kända nedslagsstruktur, som är så djupt eroderad att hela den ursprungliga kratermorfologin är borta. Nedslagsstrukturer finns beskrivna från stora delar av Jorden. De är dock inte jämnt fördelade över densamma (se kartan ovan).

En nedslagskrater kan bara identifieras med hjälp av karaktäristiska så kallade chockmetamorfa strukturer som bildas under de extrema tryck och temperaturer som

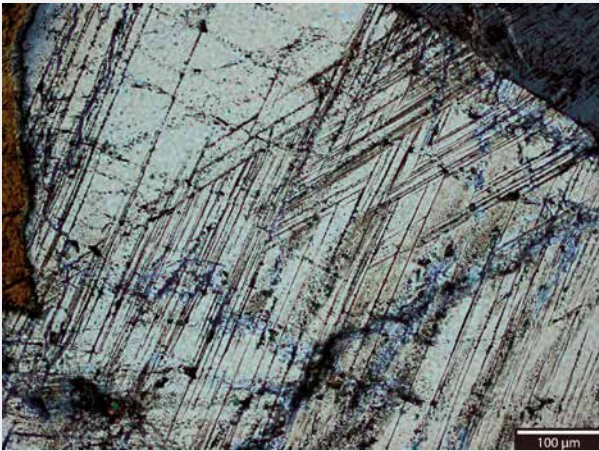
Ovan: Karta över nedslagskratrar på jorden. Koncentrationen av nedslagsstrukturer i vissa områden beror bland annat på att markytan inte täcks av is, vatten eller tät skog, och att målberggrunden i området är av en viss ålder. En äldre berggrund har utsatts för kraterbildning under längre tid än en ung berggrund.
Motstående sida: Vacker natur vid nedslagsstrukturen Målingen i Jämtland.

råder vid en himlakroppskollision, eller genom att en del av själva projektilen identifieras. Detta kan vara antingen fysiska bitar av projektilen, eller en extraterrestrisk geokemisk signal.

Den främmande geokemiska signalen inkorporeras i de bergarter som bildas vid nedslaget i form av små mängder meteoritiskt material. Signalen kan utläsas genom antingen förhöjda halter av vissa siderofila ("järnålskande") grundämnen eller genom isotopförhållanden som inte är typiska för jordskorpan. Anledningen är att en stor del av meteoritiskt material innehåller högre halter av många siderofila grundämnen jämfört med de halter som finns i jordskorpan av dessa grundämnen. Många känner kanske till begreppet *iridiumanomaly* som ett exempel på detta.

Chockmetamorfa strukturer bildas genom chockmetamorfos. Denna process skiljer sig väsentligt från normal metamorfos och magmatisk bildning av bergarter genom de extrema fysiska förhållanden som råder vad gäller energiutsläpp, tryck, temperatur och deformationshastighet.

Ett nedslag kan frigöra mer energi än vad alla andra geologiska processer på jorden gör under ett helt år. Därför uppstår permanenta förändringar i mineral och bergarter som inte kan uppstå på något annat (naturligt) sätt,



CHOCKMETAMORFOS OCH CHOCKAD KVARTS

När en större himlakropp kolliderar med Jorden bildas en nedslagskrater. Extremt höga tryck och temperaturer uppstår vid nedslaget, vilket leder till bildandet av unika så kallade chockmetamorfa strukturer i målberggrunden, genom chockmetamorfos.

Olika chockmetamorfa strukturer bildas beroende på vilket tryck som målaterialet utsätts för. Man kan därför följa tryckutvecklingen i chockat material från sprickbildning (som är omöjlig att skilja från tektoniskt orsakad sprickbildning), till högtryckspolymorfer av material som man inte förväntar sig att hitta i bergarter i jordskorpan, och totalt uppsmält material som inte visar några tecken på jämviktssuppmältning.

Chockad kvarts är ett begrepp som beskriver kvarts som innehåller tecken på chockmetamorfos. Vanligen menar man att kristallerna innehåller planar deformation features, PDF:er. PDF:er är lameller som består av glas som bildats när en chockvåg passerat kornet. Lamellerna är orienterade i specifika kristallografiska riktningar i kvartskristallen. I naturen kan PDF:er bara bildas genom chockmetamorfos, och därför är de ett otvivelaktigt bevis på att ett nedslag ägt rum.

Kvarts är det mineral som hittills studerats mest intensivt när det gäller chockmetamorfa strukturer. Detta beror på att det i kvarts utbildas väl beskrivna chockmetamorfa strukturer över ett brett tryckintervall och att kvarts är ett beständigt mineral som inte omvandlas och som är vanligt förekommande i jordskorpan. Kvarts är också relativt enkelt att studera i mikroskop tack vare dess optiska egenskaper.

till exempel slagkäglor och *planar deformation features*, PDF:er, i kvarts (en sorts chocklameller).

Slagkäglor är det enda makroskopiska helt unika beviset för att ett nedslag har ägt rum. Chocklameller i kvarts förekommer ofta tillsammans med andra mikroskopiska chockeffekter (t.ex. *planar fractures* och *feather features*). Chockmetamorfos påverkar naturligtvis alla mineral i målberggrunden, och chocklameller finns beskrivna också i till exempel plagioklas, kalifältspat och amfibol. De här strukturerna kan bildas så djupt ner i målberggrunden att de finns kvar trots att den morfologiska kratern är helt eller delvis borteroderad. På Jorden handlar alltså sökandet efter nya nedslagskratrar ofta om att hitta chockmetamorfa strukturer i helt eller delvis borteroderade nedslagskratrar.

Jakten på nya nedslagskratrar

– en inte helt okomplicerad process

Jakten på en ny nedslagsstruktur börjar ofta med att man letat rätt på någon intressant struktur som redan finns beskriven i vetenskapliga tidskrifter som något av en anomali, kanske så långt tillbaka i tiden som på 1800-talet. I vissa fall kanske man får tips från flygbilder, satellitbilder eller geofysiska kartor. En geofysisk anomali kan till exempel uppstå till följd av att densiteten hos målberggrunden i centrum av en nedslagskrater minskar på grund av brecciering och uppsprickning.

Kanske har strukturen en cirkulär form, eller så har man hittat vad man misstänker vara slagkäglor i fält. Sedan besöks strukturen och fältarbete görs. Prover tas och förs tillbaka till labbet, och förbereds för analyser av olika slag. Därefter skickas sågade bergartsprover på tunnslipstillverkning, och när de kommer tillbaka börjar jakten på chockad kvarts eller andra otvetydiga bevis på att ett nedslag ägt rum.

Processen kan vara lång och tidskrävande, med tiotals, kanske hundratals, tunnslip som går igenom på högsta förstoring, korn för korn. Om det behövs görs även analyser med svepelektronmikroskop eller transmissionselektronmikroskop. Med ett universalbord monterat på ett polarisationsmikroskop görs analyser av PDF:er, som sedan kopplas till specifika kristallografiska riktningar i kvartskristallerna där de ligger. Grundligt arbete är nödvändigt för att det inte ska kunna finnas någon misstanke om att bevisen man hittat representerar något annat än just chockmetamorfa strukturer.

Som tur är belönas man med att helt säkert ha bekräftat en ny nedslagsstruktur om arbetet görs grundligt och rätt, och strukturerna man identifierat inte kan ha uppstått på något annat sätt än genom ett nedslag.

De nyligen bekräftade svenska nedslagsstrukturerna Målingen (Jämtland) och Hummeln (Småland) besöktes efter att förarbete gjorts av svenska kollegor som undersökt strukturerna, men inte lyckats hitta bevis för ett ursprung genom nedslag. Chockad kvarts hittades i målberggrund från båda strukturerna efter noggrant sökande i prover dels från en borrhäla (Målingen), dels från block belägna runt strukturen (Hummeln). Resultaten presenterades i tidskrifterna *Meteoritics & Planetary Science*, respektive *Geology*.

Målingen är ungefär 700 m i diameter och bildades under sen ordovicium, samtidigt som den närbelägna 7,5 km stora nedslagsstrukturen Lockne. Hummeln bildades under mellanordovicium och är 1,2 km i diameter.

Nedslagskratrar och Jordens historia

Identifikationen av nya nedslagsstrukturer hjälper oss att förstå hur Jorden bombarderats av projektiler under dess historia, och om bombardemanget varit konstant eller om det varierat i intensitet. Genom att ytterligare en mellanordovicisk krater (Hummeln) bekräftats så stärks teorin om att inflödet av kraterbildande kroppar till Jorden ökade under den här tiden (se referenser). Anledningen tros vara att en stor asteroid, en så kallad föräldrakropp, bröts upp i asteroidbältet mellan Mars och Jupiter. Vi kan alltså på det



sättet direkt koppla händelser ute i solsystemet till konsekvenser för Jorden.

Intresset från allmänheten, media och även forskarsamhället är stort för nedslag, speciellt stora nedslag. Om det också finns en potentiell koppling till en påverkan på Jordens ekosystem blir intresset ännu större. För 66 miljoner år sedan orsakades ett av de fem stora massutdöendena i Jordens historia av just ett nedslag.

Nedslagskratern som orsakade den katastrofen ligger begravd under ungefär en kilometer sediment under och utanför Yucatanhalvön i Mexiko. Nedslagets klimat- och miljöeffekter var både lokala och regionala och varade från några sekunder till tiotusentals år. På lokal och regional nivå orsakade själva nedslagsexplosionen hetta och en tryckvåg, samt tsunamier och jordskalv. Globala effekter var skogsbränder som uppstod då nedslagsejekta återinträdde i Jordens atmosfär, spridning av stora mängder damm och partiklar i atmosfären, och produktion av enorma mängder växthusgaser.

Jakten fortsätter efter fler nedslagskratrar med hopp om att få en ökad förståelse för solsystemets historia, den kraterbildande processen och Jordens utveckling. Studier av nedslagskratrar och relaterade produkter från andra himlakroppar i solsystemet har stor potential att resultera i spännande vetenskapliga upptäckter, speciellt i kombination med resultat av studier från nedslagskratrar på Jorden. Det är än så länge bara här vi kan studera nedslagskratrar i tre dimensioner, tack vare erosion och genom borrhänsprojekt, och med tillgång till mer än bara enstaka prover. Framtiden får utvisa om det finns fler nedslagskratrar som kan kopplas till händelser när det gäller livets utveckling. ♦

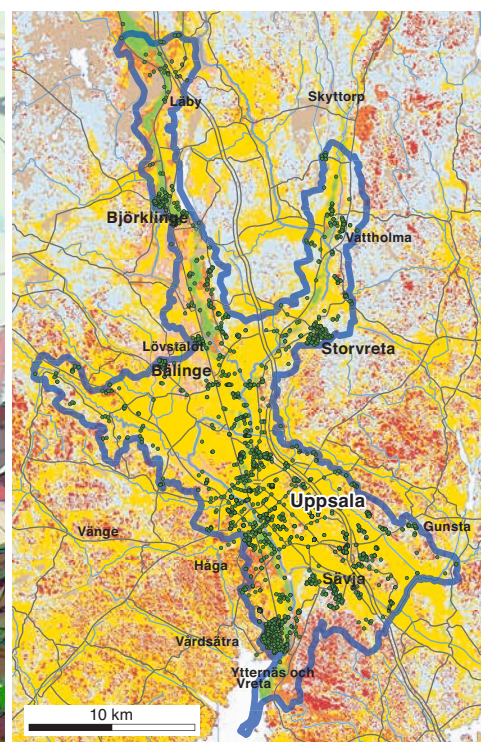
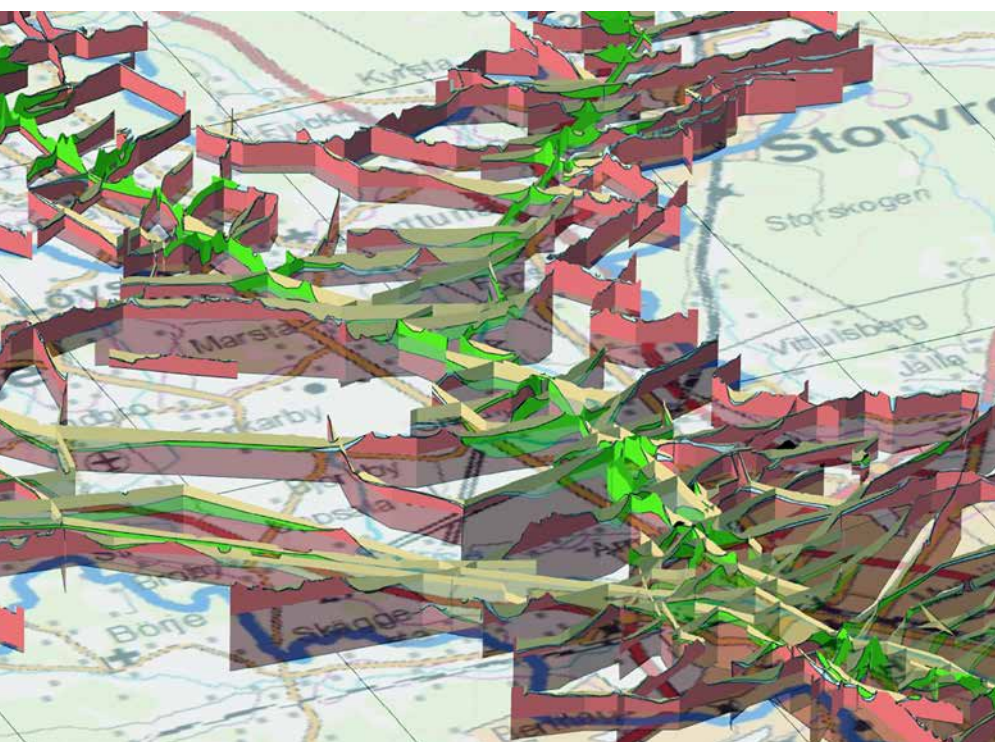
Ovan till vänster: Breccierad berggrund vid Hummelns sjökant.
Ovan till höger: Slagkägla i grovkornig granit från Siljan.

Källor

- Alwmark, C., Holm-Alwmark, S., Ormö, J. & Sturkell, E. 2014. Shocked quartz grains from the Målingen structure, Sweden – Evidence for a twin crater of the Lockne impact structure. *Meteoritics & Planetary Science* 49:1076–1082.
- Alwmark, C., Ferrière, L., Holm-Alwmark, S., Ormö, J., Leroux, H. & Sturkell, E. 2015. Impact origin for the Hummel structure (Sweden) and its link to the Ordovician disruption of the L chondrite parent body. *Geology* 43:279–282.
- Earth Impact Database. <http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/>
- French, B.M. 1998. *Traces of catastrophe: A handbook of shock-metamorphic effects in terrestrial meteorite impact structures*. LPI Contribution No. 954. Houston: Lunar and Planetary Institute. 120 s.
- Grieve, R.A.F. 2012. Economic deposits at terrestrial impact structures. I G.R. Osinski & E. Pierazzo (red.): *Impact cratering: Processes and products*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK. doi: 10.1002/9781118447307.ch12.



Sanna Alwmark är doktorand i berggrundsgeologi vid Geologiska institutionen, Lunds universitet. Foto: Ludovic Ferrière.



Tredimensionell jordlagermodell av Uppsalaåsen

TEXT: EVA JIRNER, LARS RODHE & DUNCAN McCONNACHIE

På uppdrag av Uppsala Vatten har Sveriges geologiska undersökning (SGU), tillsammans med Artesia Grundvattenkonsult, WSP och Uppsala Vatten, tagit fram en 3D-modell som beskriver den del av Uppsalaåsen som idag används för Uppsalas vattenförsörjning.

MED HJÄLP AV MODELLEN kan vi visualisera hur geologin är uppbyggd. Det blir lättare att förstå var grundvattnet finns, hur det rör sig och hur sårbart det är för föroreningar. Kort sagt handlar det om att trygga Uppsalas vattenförsörjning på lång sikt.

Förutom att 3D-modellen ökar förståelsen för grundvattnet generellt, används den som underlag i en grundvattenmodell för att simulera grundvattenflöden, grundvattenuttag, konstgjord grundvattenbildning m.m. Den matematiska grundvattenmodellen ställer specifika krav på 3D-modellen, bland annat att jordlagren ska vara kontinuerliga.

Varför just Uppsalaåsen?

Åsen innehåller en av Sveriges viktigaste dricksvattenförekomster som försörjer fler än 100 000 personer med vatten. Den är genom sitt läge under Uppsalas centrala delar och nära flygfält, vägar och järnväg med intensiv trafik mycket sårbar för föroreningar. Åsen är komplext uppbyggd och delvis täckt av lerlager med mycket varierande tjocklek.

Så går det till

För att ta fram modellen gäller det att samla in så mycket information som möjligt från olika håll om åsens uppbyggnad. Och det finns mycket infor-

mation, men den är spridd och kan vara svår att få tag på. Vi har använt följande information:

- Jordartskarta som visar jordarten i och nära markytan (SGU).
- Karta som visar grundvattenmagasinets utbredning i Uppsalaåsen (SGU).
- Jorddjupskarta som ger berggrundsytns nivå, baserat på uppgifter från ett stort antal borrhningar. Denna karta ger botten på 3D-modellen (SGU och Sven Ahlgren, Uppsala Vatten).

Längst till vänster: Här ser man några av de ritade profilerna i tre dimensioner och projicerade på den topografiska kartan.

Till vänster: Kartan visar lägena för de borrhningar med lagerföljder som har ingått i modellen. I bakgrunden ligger en jordartskarta.

Till höger: Den utskrivna 3D-modellen i plast innehåller bara tre klasser för att göra det enkelt. Grått är berg, grönt är isälvssediment och gult är den täckande leran.

- Höjdmodell av markytan, ger ovanytan på 3D-modellen (Lantmäteriet).
- Uppgifter om jordlagren från ca 1200 borrhningar och ett antal seismiska undersökningar (SGU, Uppsala Vatten och Uppsala kommun).

All denna information läggs in i vårt modelleringsverktyg, Subsurface viewer MX. Informationen kombineras, analyseras och värderas av geologer och hydrogeologer.

Modellen skapas sedan stegvis.

Först ritas ett stort antal profiler, där geologen bedömer jordlagerföljden mellan borrhningarna. Profilerna granskas efter hand av arbetsgruppen. Är de geologiskt rimliga? Stämmer de med tillgängliga data, såväl borrhningar som grundvattenobservationer?

I nästa steg beräknas modellen genom interpolering mellan profilerna. Resultatet kontrolleras av geologerna och vid behov ritas nya profiler och modellen görs om tills resultatet blir bra. Tvärprofiler genom åsen upprättades med ungefär 500 m avstånd. Därutöver skapades profiler också i åsens längdriktning för att säkerställa att modellen visar åsens kontinuitet på ett riktigt sätt. Totalt har ungefär 150 profiler skapats.

Förenklad lagerföljd

Den mest arbetskrävande delen av arbetet har varit att ställa samman och strukturera alla indata från olika källor så att de kan användas som underlag i modelleringen. Ett viktigt moment i detta var att definiera en generell stratigrafi, dvs. lagerföljd, för området. Vi bestämde oss för att

följande lagerföljd skulle gälla för modellen:

- Ospecificerad (fyllning)
- Organisk jord (torv)
- Svallsediment
- Lera-silt
- Isälvssediment
- Morän
- Berg

Även om denna lagerföljd är en förenkling av verkligheten visade den sig passa bra för syftet med modelleringen. Vidare måste all ingående information också ges ett höjdvärde, vilket gjordes med hjälp av Lantmäteriets höjddata.

Och hur blev resultatet?

Resultatet av modelleringen är lite svårt att visualisera i två dimensioner. Modellen kan studeras närmare på SGU:s webbplats med hjälp av visualiseringsverktyget CityPlanner (<http://apps.sgu.se/sgu3d/>). Där är det också möjligt att ladda ner 3D-pdf:er.

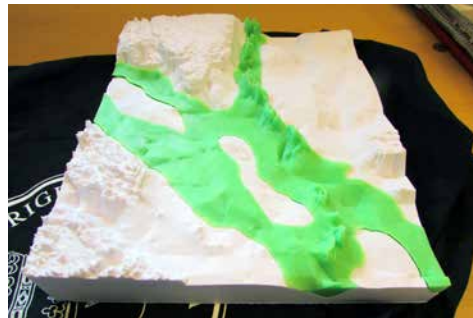
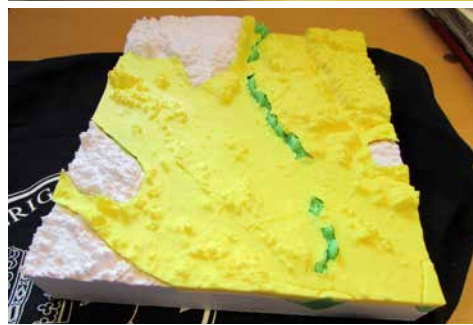
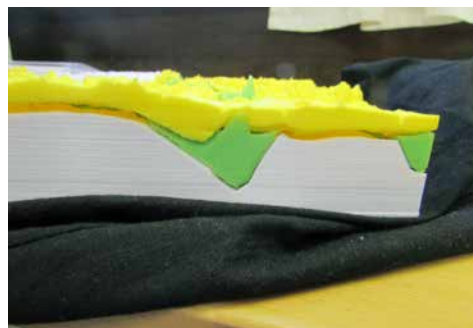
Därutöver har SGU med hjälp av en 3D-skrivare tagit fram stapelbara förenklade modeller av varje jordlager. Detta gör det möjligt att förstå och handgripligt bygga upp åsandskapet med dess grundvattenmagasin!

Ett stort värde med den färdiga modellen är att den tydligt visar de vattenförande lagrens verkliga utbredning, även där de täcks av lerlager. För många blir detta en aha-upplevelse, inte minst för stadsplanerare och beslutsfattare. Denna vetenskap är till stor nytta vid planering och konsekvensbedömning av olika markarbeten, byggverksamhet m.m.

Vad kommer sedan?

Vi tror att det inom en ganska nära framtid kommer att vara en självklarhet att presentera geologisk information i tre dimensioner – inte bara för att beskriva grundvattenmagasin utan också för många andra användningsområden. Framtagandet av modellen av Uppsalaåsen är ett steg i SGU:s arbete i den riktningen.

Parallellt arbetar vi med att ta fram modeller av grundvattentillgångar på Öland och Gotland, samt



över malmkroppar och förekomster av kvicklera. Vi är också i slutfasen av ett arbete med en mycket översiktlig modell över Sveriges berggrund.

I vår plan ingår bl.a. att fortsätta med att ta fram modeller över de viktigaste grundvattenförekomsterna i Sverige. ♦

Läs mer

Jirner, E., Johansson, P.-O., McConnachie, D., Djurberg, H., McCleaf, P., Hummel, A., Ahlgren, S., Rodhe, L. & Mikko, H. 2016. Jordlagermodellering i 3D – exempel från Uppsalaåsen med hydrogeologisk tillämpning. SGU-rapport 2016:19, 31 s.



Eva Jirner och Lars Rodhe är statsgeologer på SGU. Duncan McConnachie är miljöplanerare på WSP.



Vem kan svensk regionalgeologi?

TEXT: JENNY ANDERSSON

Svensk regionalgeologi omfattar kunskap om de svenska berg- och jordarternas utbredning, bildning och beskaffenhet. Vårt samhälle är beroende av denna kunskap. Det är de lokala geologiska förhållandena som sätter ramarna för vår livsmiljö och vår råvaruförsörjning, det gällde under stenåldern och det gäller idag.

SISTA ORDET

är en förutsättning för god vattenförsörjning, hållbar brytning av ballast, malm, mineral och natursten, odling av skog och livsmedel, byggande av bostäder och infrastruktur, för förståelsen av klimatförändringar osv. Som en följd av regionalgeologins viktiga roll i samhället diskuteras lokala geologiska förhållanden ofta på riksnivå, t.ex. vid slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark, brytning av kalksten i Bunge, järnmalm i Kallak, spårelement i Norra Kärr, tunneldrivning genom Hallandsås och under Stockholm. Därför är regionalgeologisk kunskap betydelsefull också i politiska sammanhang och viktig för demokratin.

Kunskapen om den svenska geologin

Den kunskap om svensk regionalgeologi som vi idag förlitar oss på har tagit många generationers arbete att bygga upp. Det har kostat långa fältarbetsperioder i otillgängliga områden, ofta under obekväma förhållanden, långt från hem och familj. Det har krävt idogt klassificerings- och analysarbete, vetenskapliga tolkningar av skarpa hjärnor i skrivbordslampans sken, långt utanför den avtalade arbetsdagens timmar. Målet med detta arbete har varit entydigt – att utveckla kunskapen om svenska geologiska förhållanden.

Regionalgeologi på undantag

Men scenen har förändrats. Trots stadigt ökande efterfrågan av geologisk information i samhället har den svenska regionalgeologin satts

på undantag och befinner sig idag i limbo – ett ingenmansland. Detta beror framför allt på att universiteten och Sveriges geologiska undersökning (SGU) förändrat verksamhetsfokus i en riktning som successivt försvagat kunskapsläget. Den universitetsbaserade forskningen har i takt med globaliseringen ökat kraven på internationellt fokus. Allmängiltiga, generella studier belönas på bekostnad av det lokala och detaljerade.

Forskningsrådets snåla budget och krav på snabb avkastning och förnyelse av forskningsfokus ("novelty") styr forskningen bort från dyra och tidsödande fältarbeten och långsiktig regional kunskapsuppbyggnad. Allt fokus hamnar på det storskaliga och sensationella. "Think big!" För den som vill ha grundforskningsmedel är

publikationer i tidskrifter som Science och Nature ett måste medan regionalgeologiska studier publicerade i GFF snarare verkar ses som en belastning. Regionalgeologiska studier har låg status och kan ibland omtalas i mindre smickrande ordalag som "frimärksgeologi" eller "bakgårdsgeologi".

Fram till 1980-talet kunde en universitetsforskare bygga en framgångsrik internationell karriär på att utforska den svenska geologin. Idag är detta inte möjligt. Hur många forskare har idag anslag för grundforskning om svensk geologi? Om svaret på den frågan är några få eller kanske till och med ingen (?) – hur ser då kunskapsläget för den svenska regionalgeologin ut på universiteten? Och hur utbildas morgondagens geologer i svensk regionalgeologi?



**David Hume
(1711-1776):
Erfarenhet är
nödvändig för
att inhämta kunskap.**

För att få forskningsmedel måste man självklart följa den internationella utvecklingen, det är helt nödvändigt för att den svenska forskningen ska hålla hög internationell standard. Problemet är att globaliseringen har haft en önskad, kanske till och med samhällsfarlig bieffekt: kunskapen om den svenska regionalgeologin försvinner från universiteten.

Avprofessionalisering

SGU har också haft en central roll för förvaltning och utveckling av regionalgeologisk kunskap. Här hade man långt in på 1990-talet ett hundratal jordarts- och berggrundsgeologer som aktivt arbetade för att utforska och dokumentera landets geologiska beskaffenhet. Man producerade specialiserade kartor, beskrivningar, periodika och andra publikationer som förmedlade den för landet så viktiga regionalgeologiska kunskapen. Man finansierade regionalgeologiska forskningsstudier och man hade geologistudenter som extra-personal vid fältarbeten.

Men SGU har genomgått samma utveckling som svensk offentlig sektor i stort där myndigheternas verksamheter alltmer fokuserats på politiska strategier, kommunikation, administrativa processer och ekonomistyrning, med krav på kort-siktiga resultat och omedelbar nytta. Myndigheternas stödfunktioner har expanderat för att möta samhällets krav på styrning, dokumentation och uppföljning, medan antalet ämnesspecialister med kunskap om kärnverksamheten och förmåga att producera information, upprätthålla och utveckla kunskap har minskat (så kallad avprofessionalisering).

Nyttofokus dominerar

Ensidigt fokus på omedelbar nytta i omvärldsanalysen gör även att geologiska undersökningar tenderar att koncentreras till de i sammanhanget välkända storstadsregionerna Stockholm, Göteborg och Malmö och till kända malmfyndigheter, medan resten av landet, och därmed undersökning av utanförliggande geologi och råvaruresurser, förbises.

Samhället har också förändrats på andra sätt. Geologisk informationsförsörjning har styrts in på utveckling av databaser och nättjänster, och förenkling och popularisering av geologisk information. Syftet har varit gott – att göra den lättillgänglig för samhället, inte minst för icke-professionella användare. Men omstyrningen av verksamheten har visat sig ha en förödande bieffekt: kunskap om den svenska regionalgeologin försvinner i rask takt från SGU.

De senaste decenniernas samhällsutveckling har orsakat en omfattande regionalgeologisk "brain drain" från de institutioner som varit bärande för att ta fram kunskap om Sveriges geologi (universiteten, Naturhistoriska riksmuseet, SGU). Den största kunskapsbanken för svensk regionalgeologi finns kanske redan idag bland pensionerade geologer. Hur många känner längre till skillnaden i kontext mellan begreppen gnejsgranit och granitisk gnejs? En Stockholmsgranit och en Växjögranit? Vad avses egentligen med termen det Transkandinaviska magmatiska bältet? Är det samma sak som Småland-

Värmlandbältet? Är Graversfors- och Finnsångsmassiven relaterade?

Hur många icke pensionerade svenska geologer kan redogöra för begreppen Svekofennisk respektive Svekokarelsk bergskedjebildning, och skillnaden mellan dessa? Befintliga kartor och publikationer är fullmättade med dessa termer, så det finns all anledning att förstå vad de betyder. Detta är exempel på kontextuell information, till skillnad från databasernas "granit, röd, finkornig". De närmaste fem årens pensionsavgångar kommer ytterligare att utarma kunskapen om den svenska geologin på universiteten och SGU, kunskap som det kommer att ta generationer att återerövra!

Kunskap kräver erfarenhet

Hur har vi hamnat här? Beror det på att vi har tagit kunskapen om Sveriges geologi för given? När den egna verksamheten byter fokus, förlitar man sig då på att någon annan tar ansvar för kunskapsutvecklingen? Så kallad "nånannanism"? Eller tror vi att kunskapen är säkrad i databaser och bibliotek? Kan vem som helst vara expert på svensk regionalgeologi om denna person bara har tillgång till en databas och ett bibliotek? Eller räcker det kanske med Google och Wikipedia?

Svaret är nej, och orsaken till detta ligger i kunskapens natur. Kunskap kräver erfarenhet som tar lång tid att bygga upp. Kunskapen om Sveriges geologi är inte säkrad i databaser och bibliotek därför att den måste förvaltas och ständigt kompletteras, utvecklas och föras vidare av skickliga geologer med en gedigen erfarenhet av regionalgeologi som det tar ett helt yrkesliv att bygga upp.

Kunskap är också en färskvara. Det finns inget absolut, slutgiltigt kunskapsläge. Kunskap är provisorisk och måste hela tiden vidareutvecklas, omtolkas och korrigeras. Människor har förvisso i alla tider visat tendenser att uppfatta sig själva och sin tid som något slutgiltigt upphöjt. Man ser på kunskapsutveckling som något ändligt och att alla stora upptäckter och kunskapsmässiga landvinningar är gjorda.

Man agerar enligt devisen: vi har lärt oss det som finns att veta och

upprätthåller denna kunskapsnivå, världen är utforskad och inget väsentligt nytt finns att lära eller uppfinna! (Detta var för övrigt en vanlig inställning under senare delen av 1800-talet!) Man kanske till och med går så långt att man säger att Sveriges geologi är väl känd och regionalgeologiska undersökningar är ett avslutat kapitel. Det är inget för det moderna samhället, nu siktar vi framåt! Sådana resonemang gör att kunskapen om den svenska regionalgeologin tynar bort och går förlorad.

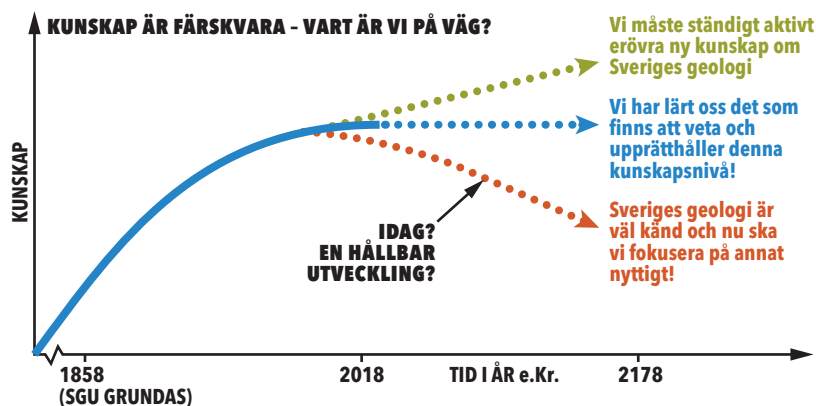
Kunskap om regionalgeologi viktigare än någonsin

Forskningsfinansiärernas och myndigheternas krav på snabba resultat får även andra effekter. Fältstudier och provtagning kräver ingående kunskap om lokala geologiska förhållanden och om hur olika geologiska material uppträder i fält. I takt med att fältbaserade studier ersätts med snabba och generella laboratorieundersökningar, experimentella studier och numerisk modellering försvinner viktig fältkompetens. Vi kommer att hamna i ett läge (är vi redan där?), där vi kan analysera geologiska material in i minsta detalj, men vet vi vad det är vi provtar? Och hur ska vi då kunna tolka resultaten av våra högteknologiska analyser i ett geologiskt sammanhang?



Friedrich Hegel (1770–1831):
Kunskapen är provisorisk och vidareutvecklas och korrigeras i en ständigt fortskridande process.

En nedmontering av regionalgeologisk kunskap är ofrånkomlig. En nedmontering av kunskapen om naturen vi både lever i och lever av. Därför är det särskilt oroande att den sammanfaller med en samhällsutveckling där kunskap om den regionala geologins beskaffenhet är viktigare än någonsin. Tom Heldal, avdelningsdirektör vid Norges geologiska undersökning, påpekade



nyligen i en blogg (december 2016) att det har blivit trängre på jorden eftersom det råder brist på både orörd natur och exploaterbar natur. Det är en ekvation som inte går ihop. Heldal framhåller att vi inte med trovärdighet kan prata om hållbarhet om vi inte samtidigt värnar om den regionalgeologiska kunskapen.

En annan oroande bieffekt av nedmonteringen av regionalgeologisk undersökning är att en viktig brygga mellan universitetens grundforskning och myndigheternas och näringslivets användning av geologisk information försvinner. Implementering av den akademiska grundforskningen i samhället går genom tillämpningen av nya forskningsrön i undersökningar av den lokala geologin.

Vad ska vi då göra?

Hur kan vi då stärka den svenska regionalgeologin? Det finns ingen enkel lösning på problemet och inte någon ensam bov i dramat. Samtliga institutioner och deras aktiva geologer måste ta ansvar för utbildning och kunskapsutveckling. Statusen för ämnet regionalgeologi måste höjas och vi måste sluta att ta den regionalgeologiska kunskapen för given.

Det finns ett passande talesätt om pengar och förmögenhet som handlar om väraren, ärvaren och fördärvaren. Väraren är mannen som skapar en förmögenhet, ärvaren hans son som förvaltar förmögenheten och sonsonen, fördärvaren, är en playboy som tar förmögenheten för given och därmed föröder den. Vilken roll spelar dagens geovetenskapliga institutioner och deras aktiva geologer när det gäller att ta vara på det regional-

geologiska kunskapsarvet? Är vi värare, ärvare eller fördärvare?

Resurser måste avsättas och öronmärkas för undersökning av, och forskning om, svenska geologiska förhållanden. Arbetet måste vara fortlöpande och långsiktigt och utföras på hög vetenskaplig nivå. Det är också ytterst viktigt att regionalgeologisk kunskapsutveckling inte förväxlas med teknisk produktutveckling av geologiska material eller utvinning och förädling av dessa i industriella processer (s.k. innovation) – här finns det resurser.

Tid och resurser måste nu avsättas för exkursioner, studentarbeten, och undervisning och praktik i fält för kommande generationers geologer. Kanske behöver vi starta en svensk regionalgeologisk förening? En förening som organiserar exkursioner, möten och publikationsforum för upprätthållande och utveckling av svensk regionalgeologi? Eller kan Geologiska Föreningen fylla denna funktion?



Jenny Andersson är statsgeolog på Sveriges geologiska undersökning.

Vad tycker du? Hur och vad ska vi göra för att stärka kunskapen om regionalgeologi? Behövs det? Hör gärna av dig till redaktören (jeanette@tellurit.se) om du vill kommentera detta debattinlägg.

På gång

30 mars. Geologins Dags årsmöte med seminarium på Tekniska museet i Stockholm. Läs mer och anmäl dig på www.geologinsdag.nu

8–9 april. 27:e Mineral- och smyckestensmässan i Göteborg. Läs mer på www.geologerna.se

25–28 april. Konferensen From star and planet formation to early Life. Vilnius, Litauen. Läs mer på www.vilnius2016.eu

30–31 maj. Miljömålsdagarna arrangeras i Östersund. Läs mer på miljomal.se

31 maj till 1 juni. Bergforskdagarna i Luleå. Läs mer på www.bergforsk.se

30 juni till 2 juli. Ädelstens- och mineralmässa i Ylämaa, Finland. Läs mer på www.jalokivimessut.fi/pa-svenska/hemsida/

2–7 juli. 28th International Cartographic Conference. Washington DC, USA. Läs mer på icc2017.org

5–6 augusti. Sten- & mineralmässa på Falkängen, Kinnekulle. Läs mer på www.skaraborgsgeologiska.se

20–23 augusti. SGA: Mineral Resources to Discover. Québec City, Canada. Läs mer på sga2017.ca

Boka in redan nu!

I år infaller **GEOLOGINS DAG** den 9 september. Boka in datumet redan nu så att du inte missar evenemanget.

Du kan lite längre fram under året hitta information om olika aktiviteter i din del av landet på www.geologinsdag.nu.



FOTO: CARL-ERIK ALNAVIG, SGU.



Geologins Dags årsmöte & Seminarium om Gruvor Den 30 mars på Tekniska museet i Stockholm

Program:

14:00 – 14:45

Lars Paulsson guidar i "Gruvan"

14:45 – 15:00

Fika

15:00 – 15:45

Årsmöte

15:45 – 15:50

Bensträckare

15:50 – 16:50

Seminarium:

Erik Jonsson (SGU & Uppsala universitet)

En historia om Sveriges malmprovinser

Christina Wanhainen (Luleå tekniska universitet)

Metaller och mineral i vårt samhälle

Carl-Olof Bernsand (Dalarnas universitet)

Bilder av gruvarbetaryrket

16:50 – 18:00

"After Årsmöte" mingel

Det är begränsade platser, anmäl dig senast den 24 mars på www.geologinsdag.nu

Välkommen!

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

Geologiska Föreningen tackar sina sponsorer för 2017

Platinasponsorer

BOLIDEN

L
LULEÅ
TEKNISKA
UNIVERSITET

Guld sponsorer



Stockholms
universitet



UPPSALA
UNIVERSITET



LUNDS
UNIVERSITET



GÖTEBORGS UNIVERSITET



Utsikt mot väster
från Bårggå, norr
om Ballastviken,
Arjeplogs kommun.
Februari 2017.