

GEOLOGISKT FORUM

NR 70 JUNI 2011
ÅRGÅNG 18

**Västergötlands
geologi**

Långbanshyttaniten

Kampen om kvartär



INNEHÅLL nr 70 juni 2011

NYHETER OCH REDAKTIONELLT

Föreningens årsmöte och exkursion 2011.	3
Hobameteoriten. <i>Robert Lilljequist.</i>	4-5
Geotjänster - kartor. Notiser.	6-7
Nytt mineral upptäckt!	16
Kalendarium. Notiser.	29
Boktipset: Oaxen adieu.	30
Sista ordet: En långsiktig strategi för våra geologiska resurser.	31
Stödprenumeranter 2011.	32

ARTIKLAR & REPORTAGE

Kampen om kvartär. <i>Jan Lundqvist.</i>	8-11
Varifrån härstammar cikliderna? <i>Jan Karström.</i>	12-15
Gudie till de västgötska platåbergens geologi. <i>Mikael Calner, Per Ahlberg.</i>	17-28

Ansvarig utgivare: Mikael Calner
e-post: mikael.calner@geol.lu.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
c/o Qi-Media AB, Stjärnvägen 9, 553 12 Jönköping
tel. 036-4400120
e-post: info@geologiskaforeningen.se
www.geologiskaforeningen.se

Omslagsbild: Erik Jonsson studerar mineral, läs mer på sida 16.
Foto: Anders Damberg.
Upplaga: 1 100 ex.
Tryckeri: Masala media.
Ordinarie lösnummerpris: 60 kr.

För annonser, distribution, prenumerationsärenden, adressändring,
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
ordinarie medlemskapet i Geologiska Föreningen. En helårsprenu-
meration på Geologiskt forum inklusive medlemsskap kostar 290
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 september inför Geologins Dag.

Geologiska Föreningen
18 71

Föreningens årsmöte och exkursion 2011

Den 20-21 maj gick Geologiska Föreningens årsmöte 2011 av stapeln. Jan Ove Ebbestad valdes in som ny ledamot (skattmästare) och Mark Johnsson valdes om som ledamot för åren 2012-2013.

Därefter hölls två föredrag. Salen i geovetarhuset, Lunds universitet, var fullsatt! **Olafur Ingolfsson**, professor i kvartärgeologi, Islands universitet höll föredraget: *Collapse of an Ice Sheet – new perspectives on the glacial history of Iceland*.

Föredraget handlade om nya rön kring den isländska inlandsisens avsmältning. Ingolfsson leder en forskargrupp som kan visa att avsmältningsförloppet styrdes av mer än klimatafaktorer – havsyttnivåer och isostatiska processer hade också stor betydelse.

Därefter var det dags för utdelning av Geologiska Föreningens

Petterssonpris 2011. Priset gick till **Martin Jakobsson**, professor i marin geologi och geofysik, Stockholms universitet (se förra numret av Geologiskt forum). Jakobsson höll efteråt en prisföreläsning på temat: *From the surface to the bottom of the Arctic Ocean* där han presenterade historiska kartläggningar av Arktis havsbotten, såväl som nya data från både Arktis och Antarktis.

Lunds Geologiska Fältklubb arrangerade sedan en trevlig och förträfflig middag för femtiotalet gäster.

På lördagen var det dags för exkursion. En buss, sponsrad av Geologiska institutionen, Lunds universitet, tog deltagarna till Kulla Gunnarstorp, nordväst om Helsingborg. Mikael Calner var ciceron och visade till lokaler med bergarter och spår av fossiler från juratiden.

E-post, facebook... och en ö-resa ...

Kära läsare. Troligen är du en föreningstrogen person, och du har nu fått en ny tidning i din hand från Geologiska Föreningen. Inledningsvis vill jag säga att vi jobbar för att förnya i stort och smått i föreningen. Vi bygger en ny databas som ska underlätta föreningens administration. Vi har också flyttat över webbplatsen till domännamnet www.geologiskaforeningen.se och bytt till mejladress: info@geologiskaforeningen.se istället för tidigare .nu-domän och adress. På sikt får kanske även webben sig ett ansiktslyft. Vi har också startat en sida för föreningen på facebook. Besök www.facebook.com/geologiskaforeningenisverige. Här kan alla vara med och prata och tycka till, tipsa och gilla. Välkommen!

Sedan går min tanke vidare till det faktum att sommaren är i antågande. Och för den geologiintresserade finns det alltid nya perspektiv. Vad ska du göra för spännande saker i sommar? Blir det några geo-äventyr? Själv har jag något som vi skulle kunna kalla för en ö-övernattnings inbokad. Det finns ett litet geoinslag i resan. Målet är nämligen ön Oaxen. Inspirationen är boken *Oaxen adieu* (läs mer på sidan 30). Vilken pärla till bok! Nu hoppas jag att upplevelsen att besöka, äta och övernatta på ön – ska bli lika intressant som läsningen av boken! Krögare Magnus Ek, tillika amatörfotograf, och hans kompanjon Agent Green, berättar i boken om hur de plötsligt "blev med krog" och hur de lyckas få denna krog (belägen på en kalkstensö i den sömrändska skärgården, dit man bara kan ta sig med båt) att bli en av världens 50 bästa restauranger.

Årets tema på restaurangen är för övrigt: Naturtroget. Passar bra tycker jag. Skön sommar!

/ Anna Kim-Andersson,
populärvetenskaplig redaktör



Övre bild: Martin Jakobsson erhöjll äran, en plakett och blomster med mera, när det var dags för utdelning av Geologiska Föreningens Petterssonpris 2011. Erika Ingvald (till vänster), sekreterare, och Vivi Vajda, ordförande, delade ut priset till Jakobsson.

Nedre bild: Mikael Calner (front, till höger) höll i exkursionen till Kulla Gunnarstorp.

Hobameteoriten



Hobameteoriten, 1920.



*Hobameteoriten, 1994.
Foto: Robert Lilljequist.*



Hobameteoriten är den största meteoritklump som hittills påträffats på jorden. Den slog ned i norra Namibia för 80 000 år sedan och utgörs av en järn-nickelmeteorit som mäter 2,95 x 2,85 m och är 0,75-1,20 m tjock. Trots sin relativt ringa storlek väger den omkring 66 ton. Den är därmed den största naturligt förekommande terrestriska järnklumpen på jordens yta.

Nedslaget skedde för nära 80 000 år sedan. Meteoriten är ovanligt flat på bägge sidor vilket gör att dess färd genom atmosfären är lite svår förklarad. Ett annat icke förklarat fenomen är varför ingen krater är bevarad. Normalt borde en 60 m stor krater ha bildats.

Järnmeteoriten påträffades år 1920 när en lantbrukare vid namn Jacobus Hermanus Brits plöjde ett fält med sin oxe. Plogen skrapade mot en sten med en metallisk klang och Brits stannade upp och grävde fram delar av meteoriten.

Meteoriten är klassad som en nickelrik ataxit tillhörande grupp IVB. Ataxit utgörs nästan enbart av mineralet taenit som inte uppvisar Widmannstatts textur när den etsas med syra. Den kemiska sammansättningen är 82,4 procent järn, 16,4 procent nickel och 0,76 procent kobolt och 0,04 procent fosfor. Dessutom förekommer spårmineral som koppar, zink, kol, svavel, krom, gallium, germanium och iridium. Hobameteoriten innehåller även spår av triolit (FeS), Daubreelit (FeCr₂S₄) och Schreibersit (Fe, Ni)₃P – mineral som enbart uppträder i meteoriter. Järnmeteoriten är täckt av en hinna av järnhydroxider som uppstått genom vittringen efter nedfallet. Omkring 500 kilo har hackats loss för vetenskapliga studier och av klåfingriga turister. Sågmärken kan observeras på flera ställen i meteoriten. Sedan 1955 har Hoba deklarerats som ett nationalmonument men vandalis-

men fortsatte fram tills Rössing Foundation 1988 lät gräva upp den helt och uppföra en liten cirkulär terrass omkring järnmeteoriten.

Det har spekulerats i att Hobameteoriten föll ned i en mycket låg vinkel mot jordskorpan och studsade som en flat sten kastad i vatten innan den nådde sitt slutliga läge. Det skulle förklara frånvaron av en krater. Åldersbestämningar har givit meteoriten en kosmisk strålningsålder på ca 400 miljoner år – som är en genomsnittlig ålder för meteoriter grupp IV – då meteoriten uppstått genom en kosmisk kollision, vilket framgår av förekomsten av högtrycksmineral.

Det var först omkring år 1800 som vetenskapsmän i Europa accepterade tanken på att stenar kunde falla ned från himlen. En bidragande händelse var det stenregn som den 26 april 1803 föll över L'Aigle nära Paris. Meteoriterna undersöktes för övrigt av Jean-Baptiste Biot (1816 undersökte han glimmermineralens optiska egenskaper och ärades senare med mineralnamnet biotit. En av månens kratrar har även getts namnet Biot. Kratern är 13 km i diameter och 1,5 km djup och är prototyp för BIO-kratrar – skålformade med flat botten). Men mänskligheten har tidigare anat att järn ramlat ned från himlen. I egyptiska gravar från 3 100 f.Kr. har man funnit meteorjärn och en hieroglyf vars tecken tolkats som "järn som fallit från himlen".



Hobameteoriten och Magnus Ericsson. Foto: Robert Lilljequist.

P.S I nästa nummer av Geologiskt forum kommer en fortsättning om meteoriter – Vad är skillnaden mellan fall och fynd? Vi får också med en lista över de tio största järnmeteoriterna. D.S

Projekt äldre bergtäkter i Umeå

Västerbottens amatörgelogiska förening driver ett projekt där man försöker att lokalisera de äldre bergtäkter som bidragit med material till återuppbyggnaden av staden – efter den stora branden år 1888 där staden i princip brann ner till grunden och en stor andel av stadens invånare blev hemlösa. Samtal med byåldermän och med berggrundskartan som underlag resulterade i att ett dussintal bergtäkter blivit uppmärksatta, rapporterar tidskriften Litofilen, som är Västerbottens amatörgelogers egen skrift. Kartan kommer senare i år att finnas utställd på Västerbottens museum tillsammans med bland annat en beskrivning till kartan.

Geovetenskap på webben

Geovetenskap.se är en svensk sajt som sedan 2009 förmedlar geonyheter från när och fjärran. Sajten drivs av göteborgsgeologen Fredrik Schenholm.



I Norge finns nylanserade *Geofreaks.no* drivs av två stentokiga herrar: Stig Larsen och Morten Bilet. På denna sajt kan alla som är intresserade av geologi hitta något att roa sig med.



Geotjänster – kartor

Var finns det källor i Sverige? Hur varierar magnetfältet över Sverige? Var finns det kända mineralfyndigheter? Det och många andra frågor får du svar på med hjälp av Sveriges geologiska undersöknings karttjänster.

– Karttjänsterna är ett sätt att göra den stora mängden geologisk information som finns vid Sveriges geologiska undersökning, SGU, tillgänglig. Här får du snabbt en överblick över vilka typer av information vi har, vilken eller vilka informationsslag som finns för olika områden och hur detaljerad och omfångsrik den är, säger Kerstin Johansson, biträdande enhetschef på SGU och en av dem som arbetar med att förvalta och utveckla SGUs data.

Tidigt ute med karttjänster

– Vi var genom vårt digitala brunnarkiv tidigt ute med karttjänster. Sedan lanseringen av brunnarkivet för drygt tio år sedan har vi arbetat vidare för att både förbättra tjänsterna som sådana och utöka dem. Vi har i snitt 200-300 besökare per dag på karttjänsterna, så det är klart att vi vill att de ska fungera så bra som möjligt.

– Nu arbetar vi med att göra informationen än mer anpassad. Bland annat strävar vi efter att man ska kunna få fram mer information när man zoomar in på ett visst område, men också slippa sådan information som inte är relevant för det aktuella området. Det kan låta som en självklar sak, men det är det inte. Våra karttjänster, liksom många andras, använder sig av färdiga teckenförklaringar. Med andra ord, man får fram en standardiserad teckenförklaring som i regel gäller för hela Sverige. Vi skulle vilja begränsa den mängden information så att den bättre passar till den bild som visas på skärmen.

– En förbättring som vi redan har gjort, är att man numera kan söka på kommuner och länsstyrelser.

Ballast på nätet

En av de senast lanserade karttjänsterna handlar om ballast och materialförsörjning. Den vänder sig främst till handläggare på kommuner och länsstyrelser. I karttjänsten ges en överblick över var täkter, grusåsar och grundvattenförekomster finns samtidigt som bergets tekniska egenskaper för byggande visas i ett eget kartsnitt. Det finns även detaljerad information från enskilda täkter och resultat från tekniska analyser.

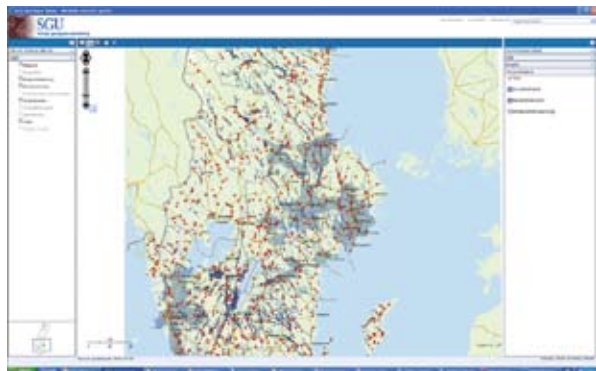
– Tanken är att detta ska vara ett lättåtkomligt planeringsunderlag för handläggarna. Men det finns säkert fler tillämpningar av tjänsten.

Nyfiken på SGUs karttjänster?

Du hittar karttjänsterna på SGUs webbplats www.sgu.se. Här finns information om berggrunden och bergets ålder, riksintressen för mineralutvinning, källor, jordarter, geofysik och mycket mer. Den information som du når via SGUs kartvisare finns även som WMS (Web Map Service). Det innebär att du kan använda dessa data tillsammans med annan geografisk information. Du kan också ladda hem egna kartor över valfritt område med hjälp av SGU:s Kartgenerator.

/ Kaarina Ringstad, informatör, SGU

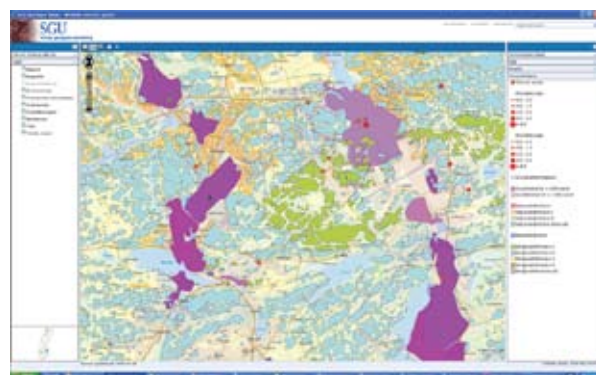
Utsnitt ur SGUs karttjänst Ballast och materialförsörjning (www.sgu.se). I den första inzoomningsnivå över hela Sverige (ej på bild här) syns grusförekomster och moränförekomster enbart som färgade ytor. Ju mer du zoomar in, desto mer information får du fram...



... Bilden ovan visar en mer inzoomad bild. Här får du även fram var det finns information om bergkvalitet samt tillståndsgivna täkter...



... Går du ytterligare ett steg, får du fram olika symboler för de olika typerna av täkterna...



... och efter ytterligare inzoomningar får du fram bland annat grusförekomsternas naturvärdesklasser i olika färger, grundvattenmagasin som ytor och tekniska analyser som punkter.

Djupborrning med egen borrhäls

Verkstadsföretaget Atlas Copco har fått ett ovanligt uppdrag: att tillverka forskar-Sveriges första egna "superborr". Den beräknas bli klar efter sommaren och kunna tas i drift i början av nästa år.

Utrustningen klassas som nationell resurs och finansieras med ett forskningsanslag från Vetenskapsrådet på 25,8 miljoner kronor. Lunds Tekniska Högskola har det tekniska och operativa ansvaret.

Vad borrar, som kan nå 2,5 km djupt, ska användas till är upp till svenska forskare att komma med förslag till och söka medel för.

Ett projekt har redan fått klartecken. Det handlar om att borra i fjällkedjans bergmassiv för att ta reda på hur bergskedjor bildats. Uppsala universitet är vetenskapliga ledare medan LTH har teknikansvaret som utförare.

I övrigt finns långt framskridna planer på att utforska möjligheter till CO₂-lagring, nya sätt att lagra energi och hur man bör förvara kärnavfall. Andra ämnen handlar om grundvattnets kvalitet och hur länge det räcker. Därtill finns ambitioner såsom att kartlägga meteoritnedslag och ta reda på hur långt ner det finns liv.

– Sådana här borrar används annars mest av gruvnäringen, säger Leif Bjelm, professor i teknisk geologi vid LTH och en av de drivande i projektet.

Liksom de flesta svenska universitet och högskolor ingår Lunds Tekniska Högskola i Svenska djupborrningsprogrammet, SDDP. Det är en sammanslutning för vetenskaplig borrhäls och provtagning som länkar samman svenska och utländska universitet och forskare. Uppsala universitet är koordinator för SDDP och Uppsala universitet var en av medsökandena i Lunds universitets ansökan till VR. Läs mer på www.sddp.se.

För mer information, kontakta Leif Bjelm, professor teknisk geologi vid Lunds Tekniska Högskola, 046-222 89 83.



Under kvartärtiden har inlandsisar både växt och krympt. På bilden syns så kallad Veikimorän i Lappland, som är avlagringar från den senaste istidens tidigare del. De smala, branta ryggarna har överlevt flera framryckningar av isen. Foto: Robert Lagerbäck.

Kampen om kvartär

I Geologiskt forum nr 63 (september 2009) informerades om att en ny definition av kvartärperioden antagits av Internationella geologunionen, IUGS. Frågan har vållat betydande problem och häftiga diskussioner. Här berättar kvartärgeologen, professor emeritus Jan Lundqvist mer om hur definitionen växt fram.

TEXT Jan Lundqvist

Kuartär är ett ungt begrepp i geologin – som faktiskt inte fick formell status förrän 2009. I det första stratigrafiska schemat, presenterat år 1760 av den italienska geologins fader, Giovanni Arduino (1714–1795), fanns bara de tre erorna primitiv, sekundär och tertiär. Arduino lär visserligen ha kallat nutida bildningar kvartära (ordino quarto) men termen fanns

inte i hans schema och den föll snart i glömska.

Det var först 1829 vid arbeten i Parisbäcken som Jules Desnoyers (1800–1887) återupplivade termen kvartär för de bildningar som låg ovanpå områdets praktiskt viktiga kretaceiska och tertiära (numera paleogena) kalkstenar. Underjordiska arbeten i staden Paris hade bedrivits sedan 1400-talet och

lagerföljden där var väl känd. Det var för övrigt där som Georges Cuvier (1769–1832) och Alexandre Brogniart (1770–1847) i början av 1800-talet gjorde några av de första geologiska kartorna.

De kvartära lagren var där väl definierade genom sitt fossilinnehåll men någon allmängiltig definition av kvartärperioden gavs inte. Det var inte förrän vid den interna-

tionella geologkongressen i London 1948 som en rekommendation gavs att som början av kvartär skulle användas ett visst lager i den väl blottade lagerföljden på östkusten av Kalabrien i södra Italien. Lagret markerade botten av de så kallade calabriumlagren och låg strax ovanför en paleomagnetisk nivå med normal polaritet (*Olduvai event*, då den magnetiska nordpolen låg nära den geografiska en kort tid inom Matuyama-epoken med omvänd polaritet) daterad till 1,67 Ma (miljoner år före nu). Calabriumbasens ålder uppskattades till 1,64 Ma.

Motivet för att denna nivå var en lämplig gräns var att där ersattes det äldre livet i Medelhavet av mer kallbetonade arter, de så kallade nordiska gästerna. Orsaken här till var att ett kallnande klimat hade förskjutit polarfronten i Atlanten till Gibraltar sund, vilket tillät kallpräglade arter från norr att invadera Medelhavet och tränga ut den äldre faunan. Detta var en nivå som var lämplig som gräns mellan epokerna pliocen (yngsta tertiär, numera neogen) och pleistocen (kvartär). Den exakta tiden för calabriums början var dock oklar, bland annat beroende på problem med korrelationen mellan marina och terrestra sediment. Under flera år debatterades frågan livligt och olika gränser och typlokaler (stratotyper) föreslogs. Inte förrän 1980 ratificerade IUGS ett förslag att förlägga början av pleistocen till 1,64 Ma med lokalen Vrica som stratotyp. Åldern har senare justerats till 1,8 Ma.

Valet av denna nivå som bas för kvartären baserades på att den var skarpt markerad och dessutom kunde identifieras i oceansedimenten på många håll i världen. Nackdelen var att den visserligen utgjorde ett viktigt miljöomslag i Medelhavet men var yngre än den globala miljöförändring som var motiv för att överhuvudtaget definiera en kvartärtid skild från neogen.

Det stora globala omslaget

skedde cirka 2,5 Ma. Då visade uppträdandet av isbergstransporterat material i djuphavssedimenten plus ett kraftigt omslag i förhållandet mellan syreisotoperna ^{18}O och ^{16}O i sediment och nutida inlandsisar att stora istäckan började bildas. Kraftig avlagring av lössjord i främst Kina, Sydamerika och Centraleuropa samt en betydande sänkning av havsytan var andra tecken med samma innebörd. Djuphavssedimenten fick i Nordatlanten en lägre och starkt varierande karbonathalt på grund av tillförseln av det isbergslottade materialet. Den äldre floran i Europa ersattes ganska plötsligt av en flora som liknar den nutida. Den verktygstillverkande förmänniskan *Homo habilis* dyker också upp vid denna tid.

Dessa och andra tecken på den global miljöförändring gjorde att de flesta kvartärgeologer föredrog denna äldre tidpunkt som början på kvartärperioden. Ett förslag om detta lades fram vid den internationella geologkongressen i Oslo 2008 och ratificerades i juni 2009 av IUGS. Gränsen pliocen/pleistocen, det vill säga neogen/kvartär, lades vid basen av stadiet gelasium. Detta stadium hade tidigare varit den yngsta delen av pliocen men flyttades nu till pleistocen. Gränsen ligger nära den paleomagnetiska gränsen mellan epokerna Gauss (normal polaritet) och Matuyama (omvänd polaritet), daterad till 2,588 Ma med en osäkerhet av ± 5000 år. Typlokalen finns vid Gela på Siciliens sydkust.

I och med detta beslut blev kvartärgeologerna nöjda. Andra, främst maringeologer, har dock anledning att vara missnöjda. En del av det som de tidigare talat om som neogen blev plötsligt kvartär, vilket orsakar förbistring i litteraturen. Man blir tvungen att skilja mellan gammal och ny kvartär respektive neogen.

Tilläggas bör att meningarna om kvartärens vara eller icke vara

har varit skiftande. Somliga, till exempel den ledande amerikanske kvartärgeologen Richard Foster Flint (1901–1976), har velat avskaffa kvartär som period. Detta skedde också vid internationella geologkongressen 2000 i Florens. Den irländske geologen J. K. Charlesworth (1889–1972) menade tvärtom att kvartären är så väsentlig att den borde ha status av en era efter den kenozoiska. Man har även betonat människans uppträdande och roll i den geologiska utvecklingen och velat benämna eran (perioden) antropozoikum (antropogen). År 2002 lade nobelpristagaren Paul Crutzen fram ett förslag att införa en ny epok, antropocen. För närvarande utreder en arbetsgrupp inom den internationella stratigrafiska kommissionen möjligheten att låta denna epok omfatta de senaste 150 åren.

Trots att benämningen kvartär för den yngsta perioden har varit i bruk länge och fått ge namn åt såväl institutioner som tidskrifter – och till och med åt den internationella unionen International Union for Quaternary Research, INQUA, har den inte haft formell status förrän 2009. Vi kan även konstatera att kvartärperioden förlängts sedan namnet först började användas. Men hur har det då gått med "istiden", som var ett av motiven för dess införande? James Geikie (1839–1915) satte till och med likhetstecken mellan kvartära och kenozoiska istidsbildningar. Det kan vara lite olika i olika nedslagsområden, men låt oss ta den skandinaviska inlandsisen som exempel.

Att glaciärer växt och krympt i till exempel Alperna var man tidigt medveten om, men här i Skandinavien tänkte man sig nog från början helt enkelt att en väldig ismassa bildats och försvunnit igen. Den kunde visserligen ha varierat något i storlek, men i huvudsak var åtminstone Skandinavien istäckt mellan preglacial och postglacial tid. I Sverige omfattades

en sådan uppfattning av en del geologer (monoglacialisier) ännu långt in på 1900-talet.

Före 1940-talet var i Sverige endast tre lokaler med organiska sediment mellan moränbäddar kända, som antydde att glaciationen avbrutits av en interglacial. Dock hade redan mot slutet av 1800-talet geologer som A. G. Högbom, Gerard De Geer och Henrik Munthe hävdad att så varit fallet. På 1940-talet framförde även Erik Ljungner en liknande teori grundad endast på mycket noggranna studier av isräfflor. Lagerföljderna avfärdades dock av monoglacialisiererna som postglaciala, uppkomna vid skred. Ännu i början på 1950-talet var frågan interglacial eller postglacial obesvarad.

Inte förrän vi fick tillgång till kol-14-metoden för absolut datering fick frågan ett svar. År 1955 beskrev G. Lundqvist och undertecknad varsin kol-14-daterad lokal (Öje resp Boliden) som åldersbestämts till >24 000 år, det vill säga äldre än metodens dåvarande räckvidd. Då vi genom Gerard De Geers och Ragnar Lidéns arbeten visste att de områdena blev isfria först för 9 000 à 10 000 år sedan var det klart att det organiska materialet inte kunde vara postglacialt. Något annat alternativ än interglacialt var då inte aktuellt.

När nya lokaler med torv mellan moränlager upptäckts omkring 1960 (bland annat Ale och Gallejaure) menade Erik Fromm och Ernest Magnusson vid SGU att det var fråga om antingen en interstadial i nedisningens inledningsskede eller en interglacial. Den eventuella korrelationen med interstadialer på kontinenten var dock osäker. Vid undertecknads arbeten i Jämtland på 1950- och 1960-talen visade ett av Ann-Marie Robertsson utfört pollendiagram från den viktiga lokalen Pilgrimstad entydigt att det var fråga om en betydande interstadial under vilken

även de centrala delarna av Skandinavien blivit isfria. Idén grundades även på en mängd lokaler med moräntäckta sediment i Jämtland, varför skedet kallades Jämtlands-interstadialen. Det korrelerades med den danska Brörupinterstadialen, definierad av Svend Thorkel Andersen.

Tolkningen presenterades vid ett föredrag i Geologiska Föreningen 1967, vilket väckte stor uppståndelse bland äldre geologer som hävdad den interglaciala tolkningen. Oskar Kulling, som 1945 tolkat Pilgrimstad som interglacial, vilket han knappast kan klandras för mot bakgrund av den då aktuella frågeställningen, instämde i den nya tolkningen men var ändå upprörd. Det var ju han som skulle ha kommit på idén! Senare lät även han Ann-Marie Robertsson göra ett nästan identiskt pollendiagram som bekräftade tolkningen. Snart godtogs tanken att en interstadial, några år senare daterad till cirka 55 000 BP (år före nu), hade avbrutit den senaste glaciationen. Dateringen överensstämde med den som erhållits i Danmark för Brörup, men ansågs ändå av metodiska skäl som osäker. Idén skulle stå sig i 20 år – medellivslängden för en geologisk teori.

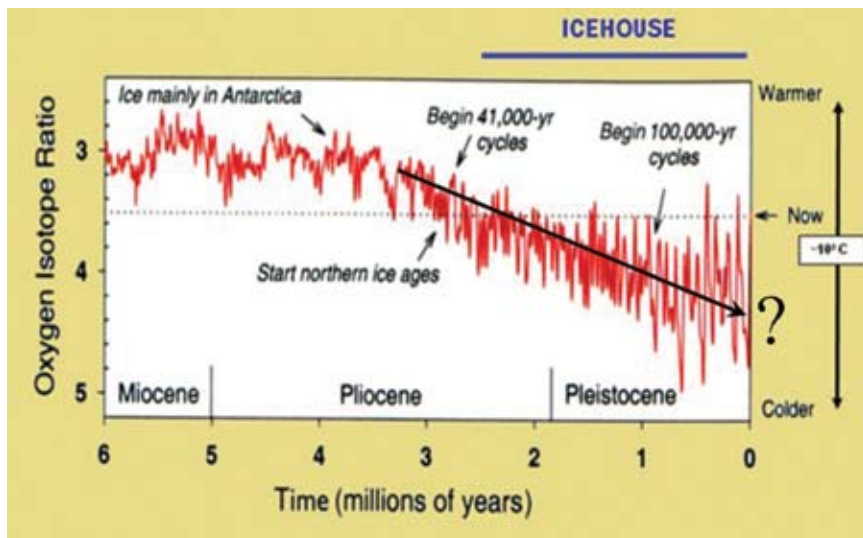
I mitten på 1980-talet kunde Robert Lagerbäck vid SGU efter systematiska regionala stratigrafistudier i Norrbottens län visa att det var fråga om två interstadialer, av honom kallade Peräpohjola (efter Jämtlandsinterstadialens finska motsvarighet) och Tärendö. Dessa antogs motsvara Brörup och den i Tyskland definierade Odderade, vilka korreleras med syreisotopstadierna 5c och 5a, daterade till runt 100 000 respektive 80 000 BP. Lagerbäcks arbeten gav oss ett nytt kvartärgeologiskt paradigm: Inlandsisen var inte den stora bulldozer som skrapade bort allt löst material i sin väg. Då den delvis var

frusen till sin botten kunde även mycket bräckliga landformer som till exempel åsar bevaras, trots att de flera gånger överskreds av isen.

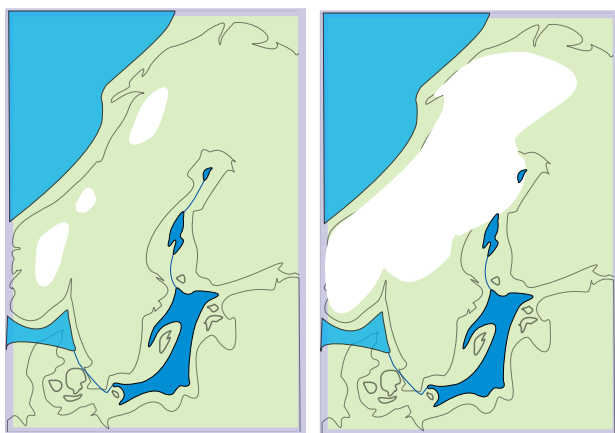
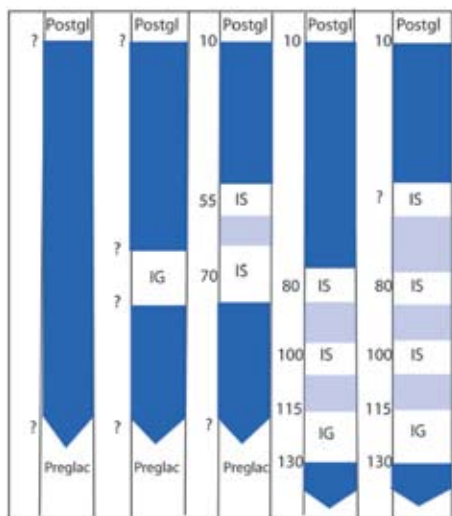
Lagerbäck presenterade den nya stratigrafien år 1988. Då det sedan dess förflutit ytterligare drygt 20 år är kanske tiden mogen för en ny revision av stratigrafien. Undersökningar av bland annat Karin Helmens, Stockholm, på lokalen Sokli i norra Finland har visat att tre interstadialer berört norra Fennoskandia. I Pilgrimstad har nya arbeten av främst Barbara Wohlfarth, Stockholm, och Helena Alexanderson, Lund, visat att sedimenten där kanske måste omtolkas. Åldersbestämningar med kol-14 och optiskt stimulerad luminiscens är visserligen inte helt samstämmiga men antyder ändå att sedimenten kan härstamma från isotopstadiet 3 (25 000–60 000 BP). Även dateringar från Norge pekar i samma riktning. Vissa problem med dateringen återstår men klart är att den senaste istiden, Weichsel, vid två eller kanske tre tillfällen avbrutits av en nästan total bortsmältning av isen.

Det är alltså inte mycket kvar av den långvariga nedisningen av vårt land. Syreisotopkurvans förlopp antyder att såväl total nedisning som nutida isfria förhållanden är ganska unika tillstånd. Normalmiljön i Sverige under minst 85 procent av den senaste ärmiljonen har varit antingen istäckning av fjällen och landets norra delar eller omfattande nedisning i fjällen med tundra och fjällbjörkskog i större delen av landet.

Jan Lundqvist är professor emeritus i kvartärgeologi, Stockholms universitet, jan.lundqvist@geo.su.se

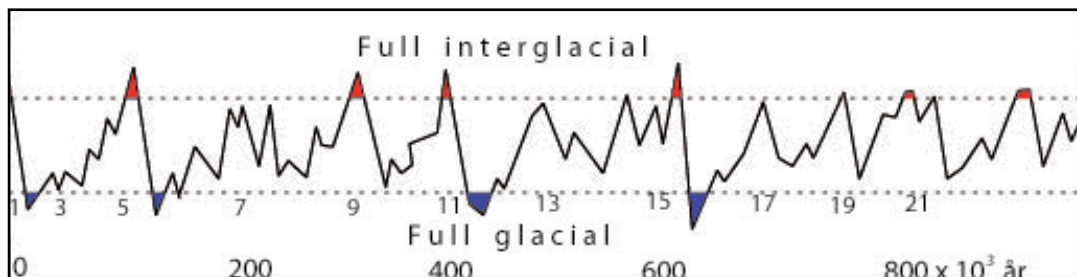


Förhållandet mellan syreisotoperna ^{18}O och ^{16}O i djuphavs-sedimenten visar att Jordens medeltemperatur sjunkit sedan pliocentiden. Dessutom har amplituden mellan temperatur-maxima och minima ökat. Bilden är från Lars Franzén (2010) i Elbranschen 8:5 – 6, s. 10 och publiceras med tillstånd från Franzén.



Två hypotetiska scenarier som visar en tänkbar utbredning av isen under en interstadial (t. v.) och en stadial (t. h.).
Ljusblått = hav, mörkare blått = insjöar.

Staplarna visar hur stor del av tiden som Skandinavien varit täckt av inlandsis. Den vänstra stapeln visar uppfattningen då istiden först accepterades, sedan allt yngre uppfattningar mot höger. Den mörkare färgen visar ett stort istäcke som nått ned på kontinenten. Den ljusare anger ett mindre istäcke. Siffrorna visar tusental år. Postgl = postglacial; Preglac = preglacial; IS = interstadial; IG = interstadial.



Syreisotopkurva för de senaste 800 000 åren. Endast de högsta topparna (röda) har inneburit interglaciala förhållanden lika de nutida, och endast de lägsta minima (blå) har inneburit en stor nedisning med inlandsis som nått långt ner på kontinenten.

Varifrån härstammar cikliderna ?

Ciklider är populära akvariefiskar. Minst 1 400 arter av ciklider har blivit vetenskapligt beskrivna , vilket gör gruppen till en av de största ryggradsdjursfamiljerna. Ciklidernas ursprung förbryllar dock forskarna. Uppstod cikliderna före eller efter Gondwanalands upplösning?

TEXT Jan Karström

För åtskilliga år sedan närde jag ett intensivt och brinnande intresse för akvariehobbyn. Trots att jag nu inte ägt ett akvarium på över trettio år, så sköljer fortfarande vågor av behagliga minnen från denna tid över mig. Minnena tar mig tillbaka till mina första guppies och svärdbärare och till de otaliga misslyckanden med att få kampfiskar att leka innan framgång slutligen nåddes – och den eufori som bara en tolvåring kan känna. Med tiden raffinerades intresset och avgränsades till en unik och spännande familj tropiska fiskar som kallas ciklider. Även om dessa äventyr nu ligger långt tillbaka i tiden, så har den överblommade passionen skänkt mig många färdigheter och kunskaper som jag haft stor nytta av i vuxen ålder – om än i helt andra sammanhang.

Under en kvällskurs i geologi vid Lunds universitet kom jag att återigen att reflektera över ciklider i allmänhet och dess ursprung i synnerhet. Vad som särskilt återväckte mitt intresse, var det faktum att ciklidernas nutida utbredningsområde faktiskt omfattar de flesta av de kontinenter som en gång utgjorde Gondwanaland. Jag mindes då från ungdomstiden att jag tagit det för självklart att cikliderna uppstod *innan* Afrika lösgjorde sig från superkontinenten och började driva norrut under jura och krita. Ett senare ursprung verkade otänkbart eftersom jag förmodade att cikliderna enbart förekommer i sötvatten, ett faktum som väsentligen försvårar förflyttning över vida oceaner och mellan kontinenter. Mina befintliga kunskaper om detta kändes plötsligt otillräckliga eftersom de hade slumrat ett antal decennier vid det här laget. Fanns det kanske nyare forskning på området? Jag beslöt att ta reda på det.

Ciklider är en grupp intelligenta fiskar som har högt socialt medvetande och ett mycket intressant yngelvårdande beteende. De har därför blivit mycket populära som akvariefiskar. Minst 1 400 arter har blivit vetenskapligt beskrivna, vilket gör gruppen till en av de största ryggradsdjursfamiljerna alla kategorier. Nya arter upptäcks årligen och många är därför fortfarande obeskrivna. Det verkliga antalet är alltså okänt, men uppskattningar på över 2 000 arter har gjorts. Ur evolutionär synvinkel är cikliderna särskilt kända för att ha utvecklats exceptionellt snabbt till ett stort antal närbesläktade, men morfologiskt olika, arter i Afrikas stora sjöar, särskilt Tanganyika, Victoria, Malawi och Edward. Deras mångfald i de afrikanska stora sjöarna är därför viktig för studiet av artbildning. Mest spridd bland akvaristerna är en grupp på omkring 180 arter från Malawisjön, populärt kallad *Mbu-na*. Dessa arter är småväxta munruvare, polygama och färggranna på ett sätt som leder tankarna till marina korallrev. Hela familjen är dock spridd över de flesta södra kontinental regionerna, däribland Syd- och Centralamerika, Kuba och Hispaniola, Afrika, Madagaskar, Arabiska halvön och angränsande områden samt Indien. Noterbart är att de inte finns naturligt i Australien eller Ostasien, inte ens som fossil.

Det är just ciklidernas utbredningsmönster som förbryllar, alltså det faktum att de är spridda över resterna av det gamla Gondwanaland samtidigt som de äldsta kända ciklidfossilerna är betydligt *yngre* än den antagna upplösningen av superkontinenten. Forskarna har därför samlats i två olika skolor som var och en förespråkar olika tidpunkter för ciklidernas ursprung.



Anhängarna av den ena skolan menar att cikliderna har sitt ursprung redan under krita, det vill säga *före* upplösningen av Gondwanaland. Anledningen till att ciklidernas utbredning så tydligt verkar sammanfalla med den ursprungliga superkontinenten är just att spridningen kan direkt kopplas till upplösningen av Gondwanaland, menar man. Av den anledningen måste cikliderna ha fått en mesozoisk fördelning som började redan innan Afrika separerades från Sydamerika, Madagaskar och Indien. Den andra skolan anser att cikliderna uppstod betydligt senare, det vill säga *efter* Gondwanalands upplösning. Man åberopar då framför allt det faktum att det inte påträffats några ciklidfossil som är äldre än 56 miljoner år. Viktigt i detta sammanhang är att det fossila arkivet avseende ciklider är tämligen begränsat – endast ett fåtal beskrivna fynd har gjorts. Om man trots detta antar att de tidigaste kända ciklidfossilerna är ungefär sammanfallande med familjens ursprung, så kan deras nuvarande utbredning inte kopplas till upplösningen av Gondwanaland utan måste förklaras med en senare interkontinental/transocean spridning av något slag. För 56 miljoner år sedan, vid tiden för de tidigaste kända ciklidfossilerna, hade nämligen Gondwanaland spruckit upp så pass mycket att man menar att fiskarna på något sätt måste ha förflyttat sig över större avstånd i eller förbi salt eller bräckt vatten mellan kontinenterna med hjälp av *marin spridning*. Detta är ingen orimlig tanke. Vissa fiskgrupper har medlemmar som i allmänhet lever och betar sig som vanliga sötvattensfiskar, men där vissa arter visar en mindre tydlig avgränsning till sötvatten. Bland de viktigare av dem är de nordamerikanska bengäddorna och träskålarna, killifiskar, vissa tandkarpar och ja, just det – ciklider. Ciklider anses

även allmänt vara sekundära sötvattensfiskar, vilket innebär att de ytterst kan härstamma från havslevande fiskar som vid en senare tidpunkt anpassats till sötvatten. Det är även känt att en del nutida cikliderarter förekommer naturligt i både söt- och saltvatten, till exempel de indiska *Etroplus*-arterna, några *Tilapia*-arter i Afrika och även ett antal mellanamerikanska ciklider.

Just detta med marin spridning behöver därför inte vara så otroligt som det låter. Under de senaste årmiljonerna har vattennivån i havet varierat kraftigt. Detta sammanfaller bland annat med istider där mycket av vattnet var bundet i istäcken som bekläddes delar av jordklotet. När isen smälte steg havsnivån igen. Under tider då havsnivån var extra låg kan vattnet ha dragit sig tillbaka tillräckligt långt för att exponera toppar på havsbotten och bilda öar. Vattnet kan ha dragit sig tillbaka tillräckligt långt för att blotta den enorma bergskedja som går längs med Atlanten från södra Afrika ända upp till norra Sydamerika. Grupper av ciklider skulle då ha kunnat flytta sig längs denna bergsrygg. I egenskap av att vara sekundära sötvattensfiskar skulle vissa arter teoretiskt sett kunna överleva i det relativt salta vattnet. Genom att kolonisera bräckvattensområden i den ena mynningen efter den andra, så kan de så småningom ha spridit sig ända till norra spetsen av Sydamerika samt till södra Indien och Sri Lanka. Rekonstruktioner visar också att strömförhållandena i Sydatlanten på den tiden liknade dem som existerar idag. Vissa forskare menar därför att fiskar under rätt förutsättningar till och med skulle ha kunnat transporteras 500 kilometer från Afrika till Sydamerika genom direkt marin spridning på så kort tid som 23 dagar för att sedan etablera sig där.

De två skolornas åsikter spretar som synes väldigt

mycket; särskilt anmärkningsvärt är att de båda alternativa tidpunkterna är separerade av en mycket lång tidsperiod, kanske ända uppemot 85 miljoner år beroende på när man anser att Gondwanalands fragmentering var fullbordad.

Fram till 2000-talet var geologerna övertygade om att Sydamerika, Afrika, Indien, Australien och Antarktis hade separerat fullständigt från varandra och djupa hav bildats mellan dem redan för 120 miljoner år sedan. Många biogeografer har ifrågasatt detta och hänvisat till att det finns djur- och växtgrupper vars nutida utbredningsmönster framstår som osannolika mot bakgrund av dessa förutsättningar. Olika undersökningar gjorda efter millennieskiftet föreslår därför att flera av kontinenterna delvis fortfarande hängde samman för omkring 100 miljoner år sedan, det vill säga uppemot 20–40 miljoner år senare. Det finns till exempel tecken på att det skulle ha funnits en fast landbrygga mellan västra Afrika och nordöstra Brasilien för 95 miljoner år sedan. Ett överraskande fynd av en rovdinosaurie i Afrika har nämligen på senare tid fått paleontologer att omvärdera kunskapen om Afrikas födelse. Dinosaurien, en sex meter lång och 95 miljoner år gammal abelisaurid tillhörande släktet *Rugops*, hittades i Nigers öken år 2000 och beskrevs några år senare. Innan *Rugops* hittades kände man till abelisaurider från alla andra delar av Gondwanaland, men inga från Afrika. Detta stödde då tanken på att Afrika var den del som först separerade från superkontinenten för 120 miljoner år sedan. I och med fyndet har dessa teorier kommit lite på skam och forskarna börjar nu ana att det möjligen kan ha tagit sådan tid med kontinenternas rörelse att djur hunnit vandra över återstående landmassor som fortfarande förband kontinenterna innan Afrika definitivt skildes från övriga Gondwanaland. Fyndet av *Rugops* antyder således att kontinenten inte blev självständig för 120 miljoner år sedan, som man tidigare trott, utan snarare minst 25 miljoner år senare.

Att lägga till detta har vi även alldeles färska resultat som föreslår på att protoatlanten bildades så pass sent som för omkring 90 miljoner år sedan, det vill säga ytterligare fem miljoner år senare än som antyds ovan. Denna nya kunskap baseras på att marina former som dittills bara varit kända från norra halvklotet nu börjar dyka upp som fossil även i de södra delarna. Detta skulle bekräfta att en korridor öppnats vid den tidpunkten och att det som ska komma att bli Atlanten då skär tvärs igenom den gamla superkontinenten.

Om Afrika fortfarande utgjorde en del av en superkontinent för så pass sent som för 90–95 miljoner år sedan, så har det en avgörande betydelse för hur man ska tolka de olika åsikterna för ciklidernas ursprung och spridning. Dessa nya rön ökar i så fall sannolikheten för att cikliderna faktiskt skulle ha existerat innan den sista landförbindelsen bröts.

Avsaknad av fossil från mesozoikum är dock ett argument som ofta riktas mot hypotesen att cikliderna uppstått redan under trias, men denna kritik faller i viss mån mot bakgrund av ovanstående upptäckter. Då samtliga fossila ciklider dessutom har en modern och nutida morfologi, så är det inte osannolikt att det skulle kunna ha funnits primitiva ciklider som är 90 till 95 miljoner år gamla eller ännu äldre. De egentliga benfiskarna är i och för sig kända genom fossil sedan mellersta trias, men de första strålfeniga benfiskfossilerna uppträder inte förrän under yngre krita och först under sen paleocen och tidig eocen blir de allmänna som fossila fynd. Dock behöver avsaknad av ciklidfossil inte betyda att proto-ciklider inte existerade redan under mesozoikum. Man ska komma ihåg att alla fossil av ciklider som hittats är från sötvattenslevande arter, inte marina djur. Just fossil av sötvattenslevande djur är också relativt sällsynta i förhållande till marina lämningar. Det faktum att det heller inte hittats några marina ciklidfossil bidrar också till tveksamheten kring hur kenozoiska ciklider kunnat sprida sig över vida oceaner efter att superkontinenten

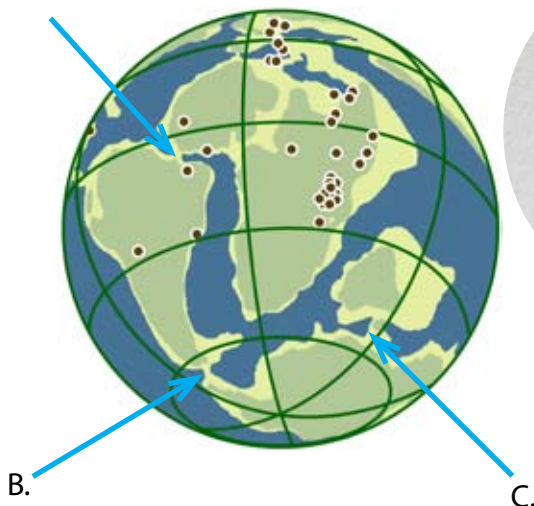
MER OM CIKLIDER

...även kallade cichlider eller brokabborrar, Cichlidae, är en familj läppfisklika fiskar med över 1 500 arter, främst i tropiska sötvatten i Afrika, i Syd- och Centralamerika, på Madagaskar och i södra Indien. Arterna varierar mycket i utseende och födospecialisering. I Malawisjön finns ca 400 endemiska arter, varav många är populära akvariefiskar.

Källa: Nationalencyklopedien



A.



Jorden under sen krita för omkring 97 miljoner år sedan (modifierad efter Serano 2004) med ungefärlig geografisk fördelning av kända fynd av fossila ciklider (enligt Murray 2001). Landbryggarna mellan Afrika och Sydamerika (A), Sydamerika och Antarktis (B) samt Antarktis och den indisk-madagaskariska subkontinenten (C) är utmärkt med pilar. Notera att det inte finns några fossila ciklidfynd från den tid då kontinenterna hade denna fördelning. Samtliga markerade fossil hör hemma mellan eocen och pleistocen, vilket innebär att de är mellan 56 miljoner och 12 000 år gamla.

spruckit upp.

Att urcikliden skulle vara en uteslutande marin fisk är i detta sammanhang i och för sig en spännande tanke eftersom det delvis skulle kunna förklara avsaknaden av fynd från mesozoikum och att cikliderna inte dyker upp som fossil förrän under kenozoikum. Evolutionsforskare anser dock att det inte är sannolikt att en och samma marina förfader skulle kunna ge upphov till monofyletiska ciklidgrupper på olika Gondwanska fragment. Ett sådant mönster återfinns inte heller i någon fylogenetisk analys av cikliderna och bör därför uteslutas, menar man.

Idag saknas en sista bit i ciklidpusslet, en "felande länk", i form av ett mesozoiskt fossil. Framtida eventuella upptäckter av ciklidfossil kan därför visa sig vara så betydelsefulla att de på ett ögonblick tippar vågskålen. Ett eventuellt fossilfynd från Antarktis skulle också vara betydelsefullt eftersom det i så fall skulle skvallra om att ciklider fanns på denna landmassa innan den blev obeboelig under tertiär. En sådan upptäckt skulle då stödja hypotesen om en relativt sen landbrygga mellan Sydamerika och Madagaskar, vilket föreslagits av en del forskare.

Forskarvärlden är dock enig om att urcikliden uppstod i Afrika och fylogenetiska studier visar också att de mest primitiva nu levande cikliderna återfinns på Madagaskar. Man verkar också vara överens om

OM JAN KARSTRÖM:



"Jag är 52 år gammal, bor i Sjöbo i Skåne med sambo och tre barn. Har en B.Sc i biologi men har inte arbetat som biolog. Jag blev ursprungligen biolog för att jag var passionerad intresserad av akvariefiskar i allmänhet och ciklider i synnerhet. Sedan tioårsåldern visste jag med bestämdhet att jag skulle läsa biologi och bli forskare när jag "blev stor". Under biologutbildningen kom jag till insikt om att cikliderna och taxonomin förmodligen bara var ett verktyg för mitt egentliga intresse att organisera, planera, dokumentera och styra upp. Jag halkade därför in i IT-branschen nästan omedelbart efter examen och var varit verksam där i över 25 år. Arbetar nu som konsult med program-/projektledning och processoptimering. På den tiden då jag gick biologlinjen så ingick en obligatorisk termin med geovetenskap. Det var ett ämne som jag verkligen föll för. Efter att ha varit borta från den akademiska världen i nästan 30 år började jag för ett par år sedan på en rad fantastiskt intressanta kvällsskurser i geologi vid Lunds universitet för att stilla denna nyfikenhet."

att ciklidernas spridning från urhemmet i Afrika har skett med explosiv adaptiv och radiativ evolution. När denna spridning började och under vilken period den var som mest intensiv är dock fortfarande omtvistat. Den senaste tidens rön att Afrika skulle kunna ha haft landförbindelse med andra fragment av Gondwanaland under senare delen av krita är särskilt intressant eftersom detta skulle kunna visa sig vara avgörande för att förklara när urcikliden uppstod och en gång för alla förena de båda alternativa åsikterna om ciklidernas spridning.

Jan Karström, biolog och amatörgelog.

REFERENSER

- Murray A.M. (2001) *The oldest fossil cichlids (Teleostei: Perciformes): indication of a 45 million-year-old species flock.* Proc R Soc Lond B Biol Sci. 268:679-684.
- Sereno, P. C., Wilson, J. A., and Conrad, J. L. (2004) *New dinosaurs link southern landmasses in the Mid-Cretaceous.* Proceedings: Royal Society of London, series B, published online, 6pp.

Nytt mineral upptäckt!

Gruvorten, hyttan och byn med det gamla namnet Långbanshyttan har åter fått bli namne till ett mineral.

Det nya mineralet heter långbanshyttanit. (Sedan tidigare finns långbanit, som upptäcktes, namnsattes och beskrevs redan på 1800-talet.)

Långbanshyttaniten, som påträffats i material som bröts i gruvan under 1920-talet karakteriserades slutligen under år 2010 av Erik Jonsson, statsgeolog vid Sveriges geologiska undersökning, SGU, och adjungerad professor vid institutionen för geovetenskaper vid Uppsala universitet, i samarbete med ryska forskare.

– Arbetet är ett led i vår strävan att förstå och beskriva den mineralogiska diversiteten i naturen, hur grundämnen kan kombineras genom olika geologiska processer i jordskorpan. Likaså är Bergslagens mineral och deras bildningssätt intressant ur många olika aspekter – det är ju vår äldsta och mest komplexa malmprovins, säger Erik Jonsson som är glad över upptäckten.

– Nya mineralupptäckter är mycket mer ovanliga än motsvarande upptäckter inom de biologiska vetenskaperna. Det här mineralet är ännu en pusselbit för vår kunskap om den geologiska delen av naturen, fortsätter Jonsson.

Mineralet har nu officiellt godkänts av den internationella mineralogiska organisationen IMA.

Långbanshyttanit är en bly-mangan-magnesium-arsenat med den kemiska formeln:
 $\text{Pb}_2\text{Mn}_2\text{Mg}(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Mineralet representerar också en ny, naturlig strukturtyp. Mineralet uppträder i en geologiskt mycket sent bildad så kallad paragenes, där det förekommer som borstliknande aggregat och oregelbundna anhopningar av mycket tunna, nålformade vita till färglösa kristaller. Huvudmaterialet är en silikat- och karbonatförande manganrik mineralassociation.

Långban i östra Värmland är i sig en av världens mest komplexa mineralförekomster. Platsen är känd internationellt för sin unika mineralflora och långa geologiska utveckling. Det som gjort området unikt är en omfattande och explosiv vulkanism i vad som för knappt 1,9 miljarder år sedan var ett grundhavsområde strax utanför en kontinentkant.

Långbans gruvby, förr kallad Långbanshyttan, har bevarat den gamla gruv- och hyttmiljön och är idag ett populärt besöksmål för turister såväl som för mineraloger och geologer från alla världens hörn.



Långbanshyttanit sedd i svepelektronmikroskop. Den stora kristallen i mitten är cirka 20 mikrometer bred. Foto: Erik Jonsson, SGU och Uppsala universitet, och Gary Wile, Uppsala universitet.

Mer om mineral

- Mineral är naturliga kemiska föreningar eller grundämnen med en väldefinierad sammansättning och kristallstruktur, vilka bildats genom geologiska processer. Mineral är byggstenarna som bildar bergarter, och är därmed också byggstenarna för de fasta planeterna.
- Alla de malmer vi bryter för att få fram de olika metaller som vårt samhälle, industri och teknik kräver, utgörs av mineral.
- Det systematiska arbetet med att upptäcka och karakterisera de mineral som vår planet är uppbyggd av har pågått i flera hundra år. Idag känner man till omkring 4500 olika mineral, från Jorden men också från extraterrestriskt material, från bland annat meteoriter och från människans besök på månen.



Erik Jonsson. Foto: Anders Damberg.

Guide till de västgötska platåbergens geologi

TEXT/FOTO
Mikael Calner
Per Ahlberg



Quarnstensgruvan, Lugnås

Bakgrunds fotografiet är från Kakeled,
en lokal där lagerföljden är synnerligen
fossilrik.



Hällekis, Kinnekulle

Västergötlands platåberg består av relativt mjuka sedimentära bergarter som bevarats från nedbrytande processer under en skyddande kapp av diabas, även kallad trapp. Bergens fossilrika lagerföljder utgör unika arkiv till ett grunt innanhav som en gång täckte stora delar av nuvarande Skandinavien och angränsande områden.

Denna guide tar dig med till Västergötland och på en resa genom kambrium, ordovicium och silur – tidsperioder som tillsammans omfattar mer än **hundra miljoner** år av jordens historia.

början av kambrium, för omkring 542–520 miljoner år sedan, kom världshavet att successivt stiga över den Fennoskandiska urbergsskölden och ett grundhav omfattande flera 100 000 km² uppstod: det baltoskandiska grundhavet. I slutet av kambrium och under de följande perioderna ordovicium och silur täckte havet sannolikt hela Sverige och stora delar av Baltikum, Ukraina och Vitryssland. Det kom att bestå under mer än hundra miljoner år innan den kaledoniska orogenesens väldiga massor av vittringsmaterial slutligen omvandlade det till ett landområde i devon. Under samma tidsperiod färdades vår urbergssköld från omkring 40–60° sydlig bredd i kambrium till ett läge nära ekvatorn vid övergången mellan silur och devon. De sediment som avlagrades i det baltoskandiska havet speglar därför de förändringar i miljö och fauna som ägde rum under denna långa resa. Genom diagenetiska processer har sedimenten ombildats till fasta bergarter och dessa har alltså tidigare haft en vid utbredning i våra områden. Till följd av jordskorpans rörelser har de lyfts upp i sen tid och utsatts för nedbrytande krafter i form av vittring och erosion. Idag finns de kvar framförallt i Östersjöområdet och som fläckvisa erosionsrester i övriga Sverige, däribland i Västergötland.

Den här guiden ger en kort bakgrund till platåbergens uppbyggnad och bildning samt beskriver kortfattat de huvudsakliga formationernas uppbyggnad och fossilinnehåll. Efter en mer övergripande text om platåbergens tillkomst och värde för studier kring miljön och livsformerna i ett forntida hav följer beskrivningar av instruktiva lokaler där man kan studera såväl bergarternas sammansättning och struktur som deras fossilinnehåll.

Det subkambriska peneplanet

De västgötska platåbergen höjer sig över en ovanligt platt urbergsyta som bildar slättområdena i delar av Västergötland. Det är faktiskt samma platta urbergsyta som bidrar till Uppsala-slätten monoton landskap och det flacka landskapet i östra Småland.

När havsnivån började stiga i kambrium var denna exceptionellt platta urbergsyta sannolikt utbildad över hela det Fennoskandiska området. Idag kallar vi denna avjämningsyta för det subkambriska peneplanet. Hur förklaras uppkomsten av en sådan yta? Här vill vi allmänt hänvisa till Karna Lidmar-Bergströms tongivande forskning inom geomorfologin och inte minst till hennes artikel i Geologiskt forum nummer 43, 2004. För att förstå hur peneplanet bildades behöver man känna till förhållandet mellan processer i jordens inre (endogena processer) och de som äger rum på jordytan (exogena processer). Den kontinentala jordskorpan kan sägas flyta ovanpå den mjukare astenosfären (den yttre delen av manteln). På grund av de ständigt pågående konvektionsströmmarna i astenosfären och de resulterande plattetektoniska processerna i litosfären så bildas hela tiden nya höjdområden. Detta ska ställas mot de nedbrytande, exogena processerna som vittring och erosion, vilka strävar efter att utjämna jordytans topografi. Rinnande vatten, vind eller glaciärer transporterar vittringsmaterial till låglänta områden där det avlagras som lösa sediment i till exempel flodbankar eller längs kuster. Genom dessa långsamma processer bildas de landformer som vi känner på jordytan: berg och dalar, t.ex. kanjondalar, sprickdalslandskap och bergkullslandskap, kustslätter och deltan. I sällsynta fall, när de endogena processerna är obetydliga, hinner vittringsprocesserna fortgå ohindrat under tiotals till kanske 100 miljoner år. Det resulterar i uppkomsten av stora, helt flacka erosionsytor, så kallade peneplan. Det subkambriska peneplanet är just en sådan vittrings- och erosionsyta som vid kambriums början sträckte sig över merparten av vår urbergssköld. I områden där peneplanet avtäcktes för länge sedan, i mesozoisk tid, har det modifierats av vittringsprocesser och är idag svårt att känna igen. Så är fallet i Bohuslän. I de områden där ytan har avtäckts i sen tid (neogen och kvartär) är det ursprungliga peneplanet däremot välbevarat och lika platt som det var vid kambriums början. Så är fallet i östra Småland, omkring Uppsala, och inte minst i stora delar av Västergötland. I dessa

Det subkambriska peneplanet

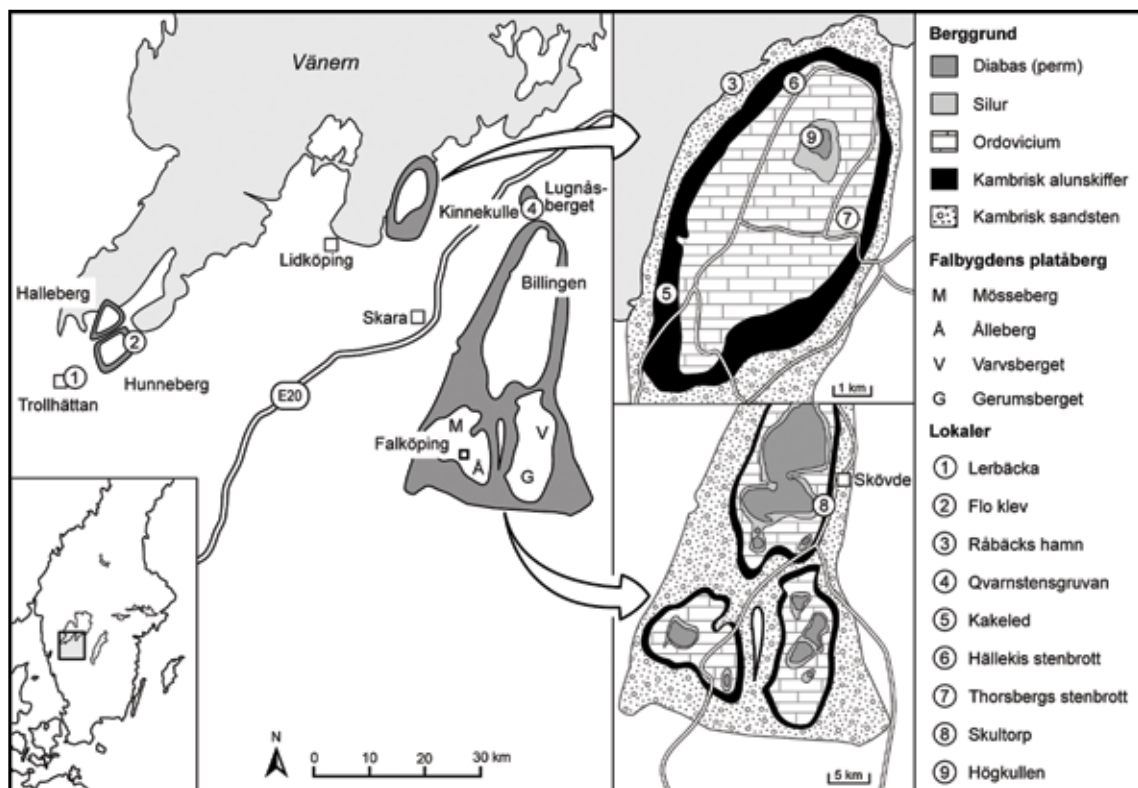


En av de bästa platserna för att studera det subkambriska peneplanet och dess utbildning finns i Trollhättan och dess närområde. Vid Lerbäcka i Trollhättans östra delar [N 58° 17.059', E 12° 20.528'] är det ovanligt bra exponerat.

Hunneberg



Vy över Hunneberg med det flacka peneplanet i förgrunden. Under det mäktiga diabastäcket finns avlagringar från kambrium och äldre ordovicium (ej synliga i bilden). Flo öster om Hunneberg.



Karta över Västergötland med platåbergens utbredning. I den vänstra figuren visas platåbergen endast schematiskt, med grå färg för kambriska avlagringar och vit färg för övriga avlagringar, inklusive de permiska diabaserna. Till höger visas en mer detaljerad stratigrafi för Kinnekulle (överst) och Billingen-Falbygden (underst).

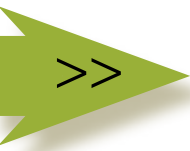
områden är lutningen på peneplanet endast ett fåtal decimetrar per kilometer. Vid utsiktspunkten Flo Klev [N 58°20'873 E12°31'099] på Hunnebergs östra sida kan man blicka ut över det denna flacka yta. Här och var kan man se en liten bit av urberget titta upp ur de glaciala (ställvis varviga) lerorna. Ofta ligger de större gårdarna i anslutning till dessa små urbergsknoppar. I horisonten, strax över Vänerns vattenspegel ser man vid klart väder Kinnekulle vars toppiga form länge tolkades som en sloknad vulkan.

Det subkambriska peneplanet är alltså resultatet av långvarig vittring och erosion under den senaste delen av prekambrium. Här och var där berggrunden har varit ovanligt motståndskraftig sticker det upp en liten urbergsknopp, ett så kallat restberg. Ön Jungfrun i Kalmarsund är ett sådant restberg ("monadnock") i peneplanet och är alltså mycket gammalt. Runt foten av Jungfrun, under havsytan, ligger kambrisk sandsten fortfarande kvar och Jungfrun var alltså en ö redan i det kambriska havet. Fynd av kambrisk sandsten i smala sprickor i urberget i Dalsland, Västergötland och Småland visar att peneplanet var genomslätt av sprickor när havet steg i början av kambrium.

Platåbergens förekomst och uppbyggnad

De västgötska platåbergen förekommer inom fyra huvudområden: Halle- och Hunneberg, Kinnekulle, Billingen-Falbygden och Lugnäsberget (se karta). Bland dessa intar Kinnekulle en särställning tack vare sin kombination av fina geologiska lokaler, naturvärden och intressanta historia. Under diabasmössan på Kinnekulle ligger de sedimentära bergarterna fint staplade på varandra och lagerföljden kan liknas vid en gigantisk historiebok. Uppbyggnaden av lagerföljden beskrevs i mitten av 1700-talet av Carl von Linné och hans elev Pehr Kalm. Men redan långt tidigare, under förkristen tid, användes sandsten från kambrium och kalksten från ordovician som byggnadsmaterial. Under 1000–1200-talet var det en intensiv stenbrytning på Kinnekulle i samband med uppförandet av en lång rad fina stenkyrkor.

Det huvudsakliga skälet till att de västgötska platåbergen är bevarade in i vår tid är att de mjuka sedimentära bergarterna täcks av diabas, en svart, magmatisk bergart som huvudsakligen består av mineralen plagioklas (labradorit) och pyroxen (augit) och som är långt mer vittringsbeständig än underliggande



Det subkambriska peneplanet är alltså resultatet av långvarig vittring och erosion under den senaste delen av prekambrium.

sandstenar, skiffrar och kalkstenar. Magman har sitt ursprung i manteln och trängde upp genom urberget och vidare in i den lagrade berggrunden. Det skedde i anslutning till att jordskorpan drogs isär och täjndes ut (riftade) under karbon och perm. Radiometrisk datering (K-Ar) av diabasen visar på en ålder av 282 ± 5 miljoner år (epoken cisuralian i perm). Magman trängde upp genom vertikala spricksystem som sannolikt hade en omfattande utbredning. På vissa nivåer i lagerföljden, som kanske var mindre motståndskraftiga, trängde magman utåt, åt sidorna, och bredde ut sig i sidled, inne i själva lagerföljden. Där svalnade och stelnade den till bergarten diabas. Efter årmiljoner av vittring och erosion har de ovanliggande sedimentbergarterna, sannolikt både från devon och karbon, successivt försvunnit och diabasen ligger idag kvar som ett skyddande lock för den underliggande lagerföljden. Diabasens mäktighet varierar mellan de olika platåbergen och uppgår till cirka 30 m på Kinnekulle, cirka 45 m på Billingen och hela 90 m inom Halle-Hunneberg.

Lagerföljderna i de olika platåbergen är i sina huvuddrag väldigt snarlika. Men eftersom diabasen ursprungligen bildades på lite olika nivåer i lagerföljden, är stratigrafin inte lika omfattande överallt. Underkambrium kännetecknas av ett basalt konglomerat som överlagras av två sandstensformationer som nästan uteslutande består av mineralet kvarts (kvartsareniter). Sandstensformationerna går under namnen Mickwitziasandsten (10 m) och Lingulidsandsten (24-29 m) och bildar tillsammans Filehaidarformationen. Båda namnen tyftar på sällsynta, fosfatiska armfotingar (brachiopoder) som återfunnits i respektive formation. Sandkornen är väl sorterade och välrundade och har i viss utsträckning sannolikt transporterats av vinden från närliggande landområden till havet där de omlagrats av strömmar och vågor. Mellankambrium (9-12 m), yngre delen av kambrium (furongetagen; 7-12 m) och äldsta ordovicium (ca 2-3 m) kännetecknas av alunskiffer – en mörk, nästan svart lerskiffer exceptionellt rik på organiskt material och med en ensartad men mycket intressant bottenlevande fauna. Från mellanordovicisk tid är avlagringarna långt mer varierade och domineras av grå lerstenar och kalkstenar. En kalkstentyp som intar en särställning är orthoceratitkalkstenen som är en av våra vanligaste byggnadsstenar. Precis som de kambriska sandstenarna och alunskifferna så uppvisar orthoceratitkalkstenen en påfallande likartad utbildning långt utanför Västergötlands gränser. Överordovicium kännetecknas

av lerstenar och leriga kalkstenar. I denna del av lagerföljden återfinns även Kinnekullebentoniten, ett cirka 1,8 m mäktigt leromvandlat asklager med stor utbredning i det baltoskandiska området. Lagerföljden avslutas med mörka siluriska lerskiffrar, uppåt avskurna av den intrusiva diabasen. Lagerserien uppgår på Kinnekulle, som har den mest kompletta lagerföljden, till 215 m, av vilket kambrium utgör cirka 55 m, ordovicium cirka 104 m och silur cirka 56 m. Nedan beskriver vi lokaler där du kan studera de olika formationer som överlagras det subkambriska peneplanet i Västergötland.

Råbäcks hamn

På Kinnekulles västsida, nere vid Vänerns strand, ligger Råbäcks hamn. En bit norr om hamnen och på sjösidan av klapperstensfälten finns en liten udde [N 58°36'558 E13°21'097] där man vid normalt eller lågt vattenstånd kan studera kontakten mellan gnejsen och de äldsta kambriska bergarterna i området, nämligen det subkambriska bottenkonglomeratet och mickwitziasandstenen. Bottenkonglomeratet varierar i Västergötland mellan någon och maximalt ett par meter, till följd av urbergssytans topografi, men är normalt omkring en meter mäktigt.

Den flacka utbildning som peneplanet uppvisar längre västerut, i området kring Trollhättan och Halle- och Hunneberg, gäller alltså inte för området vid Kinnekulle. Här var ytan mer kuperad. Själva udden består av gnejs som glacialslipats och blivit mjukt rundad av den senaste inlandsisen. På andra ställen är gnejsytan mer oregelbunden och genomsett av sprickor med skarpa kanter. Här och var på gnejsen ligger små fläckar av konglomerat och sandsten (notera att brottstycken av konglomeratet även finns i den närmsta omgivningens klapperstensfält). Om man undersöker förekomsterna av konglomerat så inser man att de ofta ligger i små sänkor eller fyller ut sprickor i gnejsen. Det innebär att såväl sprickorna som topografin i gnejsytan fanns redan när konglomeratet avlagrades i äldre kambrium. Konglomeratets sammansättning ger viktig information om vittringsprocesser och sedimentens ursprung och förtjänar därför en mer detaljerad beskrivning: Man kan notera att bollarna i konglomeratet varierar i storlek och att de har olika ursprung. De är som regel någon till ett fåtal centimeter i diameter och relativt välrundade. Vissa bollar består av gnejs och kommer uppenbarligen från den underliggande gnejsberggrunden. Andra bollar är mjölkvita till nästan genomskinliga. Dessa består av



A.



A. Kontakten mellan silurisk skiffer och den hårda och motståndskraftiga diabasen som skyddar platåbergens lagerföljder från vittring och erosion. Skanskas diabasbrott i Billingsryd, Skövde. **B.** Gamla kvarnstenar vid Qvarnstensgruvan på Lugnånsberget. Brytningen var som mest omfattande under 1800-talet och upphörde 1919. Kvarnstenarna såldes över hela Norden och ner i Europa, ända till Turkiet och Nordafrika.

kvartsstycken från någon av de gamla pegmatitgångar som har slagit igenom gnejsen. På kvartsbollarna kan man här och var se något mycket intressant, nämligen små facettytor på stenen, ventifakter. Den här typen av ytor är vanliga i många av dagens stenöknar och uppkommer till följd av den blåstrande effekt som mycket små (silt) kvartskorn har när de transporteras av starka vindar. Kvartsstyckena vid Råbäck har alltså legat exponerade för starka vindar i en karg, stenig kontinental miljö, innan de omlagrades då havet steg över området. Konglomeratbollarna ligger inte i kontakt med varandra utan är sammankittade av en finkornig mellanmassa som dominerar konglomeratet volymmässigt och bäst kan beskrivas som en något fältspatförande kvartsarenit, alltså en kvartsrik sandsten med inslag av fältspat. Den akademiska termen för denna typ av konglomerat är "polymikt parakonglomerat". Tillsammans med konglomeratet förekommer en något renare och bättre sorterad sandsten. I sandstenen kan man se böljeslagsmärken och strömmärken vars morfologi visar att vattendjupet var mycket litet när sedimenten avsattes; troligtvis endast någon meter. Ett fåtal grävspår visar att, sannolikt, maskliknande djur grävde i havsbotten. Vissa spår når ned till gnejsytan, varifrån de vänder upp igen.

Strax sydost om udden, i skogen, bildar Mickwitziasandstenen en tydlig terrass [N 58°36'445 E13°21'155]. På denna lokal är de övre delarna av formationen

lätt tillgängliga. Lagren är relativt tjocka, ibland linsformade med trågformer och innehåller i vissa nivåer rikligt med spårfossil. Sedimentstrukturer som korsskiktning visar att mycket av sedimenten avsatts av relativt starka strömmar i en grundmarin miljö. En speciell typ av lågvinklig korsskiktning som på engelska benämns *hummocky cross stratification* (svensk översättning saknas) visar att stormar var viktiga för omlagring av de ursprungliga sedimenten. Sandkornens mineralogi, storlek och sortering avslöjas lätt med en lupp. De består uteslutande av kvarts av ungefär samma inbördes storlek och är relativt väl avrundade. Det är ett väl genomvittrat och av strömmar sorterat sediment, typiskt för stränder och kustnära områden. Det är alltså raka motsatsen till det dåligt sorterade bottenkonglomeratet som på denna plats ligger endast ett par meter ned. Sandstenen är rik på grönaktiga lerklastar som bildats när starka strömmar avsatte sanden på en lerig havsbotten. Många av dessa klastar har vittrat bort och lämnat hålrum i sandstenen.

Qvarnstensgruvan (Lugnånsberget)

Vid foten av Lugnånsberget ligger Qvarnstensgruvan. Den anlades sannolikt vid mitten av 1100-talet av cisterciensermunkar för att bryta gnejsen som låg skyddad av mickwitziasandstenen. För svensk geologi är gruvan helt unik; den är ett viktigt industriminne och det är den enda platsen i landet där man faktiskt



C. Rester av bottenkonglomeratet på gnejsytan. De ljusa brottstyckena består av kvarts från pegmatitgångar i området. Råbäcks hamn.

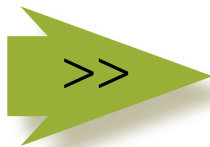
D. Ortoceratiter i Holenalkalksten. Hällekis stenbrott.



kan stå inne i berget och se kontakten mellan urberget och de äldsta kambriska avlagringarna. Vid Lugnäs är den översta metern av gnejsen något omvandlad till följd av kaolinvittring. Det gör att bergarten här är lite mjukare och väl lämpad för kvarnstensframställning. Kaolinit är ett lermineral och viktigt industrimineral som bildas genom kemisk vittring (hydrolys) av fältspater, vilka faller sönder och bleks till en vitaktig eller ljusrosa lera. Det är normalt en typ av vittring man förknippar med varma fuktiga klimat, liknande det i tropikerna. Den kaolinvittring som ägt rum vid Lugnäs måste ha skett mellan det att peneplanet fick sin flacka utbildning och då det subkambriska bottenkonglomeratet avlagrades, alltså under sen prekambrisk tid eller möjligen i tidigaste kambrium. Vid denna tidpunkt låg den Fennoskandiska urbergsskölden i närheten av sydpolen, långt ifrån de klimatzoner som man förknippar kaolinvittring med. En möjlig förklaring till kaolinvittringen vid Lugnäs är därför den långa tidsperioden. Även i de kallaste klimat kan kemiska vittringsprocesser verka, men de behöver lång tid på sig för att bryta ned berget. Ovan gnejsen vilar det subkambriska bottenkonglomeratet som här når en mäktighet av omkring en meter. Ovan bottenkonglomeratet följer ett par meter av Mickwitziasandstenen. Dessa lager utgör alltså formationens understa delar som här består av tunna lager av finkornig sandsten som växellagrar med lersten, ibland utbildat som så kallade hetroliter.

Enskilda sandstenslager kan som regel endast följas ett par meter i sidled innan de tunnar ut och försvinner, något som tyder på ett mycket grunt avlagringsdjup med deposition av små lober sediment. Inne i själva gruvan kan man studera tiotals kvadratmeter av lagrens undre skikttytor och det medger en helt unik inblick i den kambriska havsbottens liv och processer. Erosionsstrukturer och spårfossil är mycket vanliga. De förra bildades av att större fragment skrapade och repade den kohesiva bottenleran när sedimentet avsattes. Spårfossilerna reflekterar beteenden och rörelser efter olika djur som grävt, krupit eller gått på det mjuka underlaget. När sand avsattes på lersedimentet fyllde den ut spåren och bevarade dem. Bland spår-fossilerna kan nämnas *Cruziana* och *Rusophycys*, vilka tolkas som spår efter trilobiter. Vid Lugnäs innehåller Mickwitziasandstenen även så kallade rynkstrukturer (eng. *wrinkle structures*). Detta är millimetersmå men ofta distinkta strukturer som är bildade i anslutning till bakteriemattor (fotosyntiserande cyanobakterier) som breddade ut sig på den kambriska havsbotten.

► **Tips** Mickwitziasandstenen kan även studeras i kustsektionerna vid Hällekis hamn. Den därpå följande Lingulidsandstenen kan studeras i ett övergivet stenbrott vid Stora Stolan på Billingsens nordspets.



Står i:

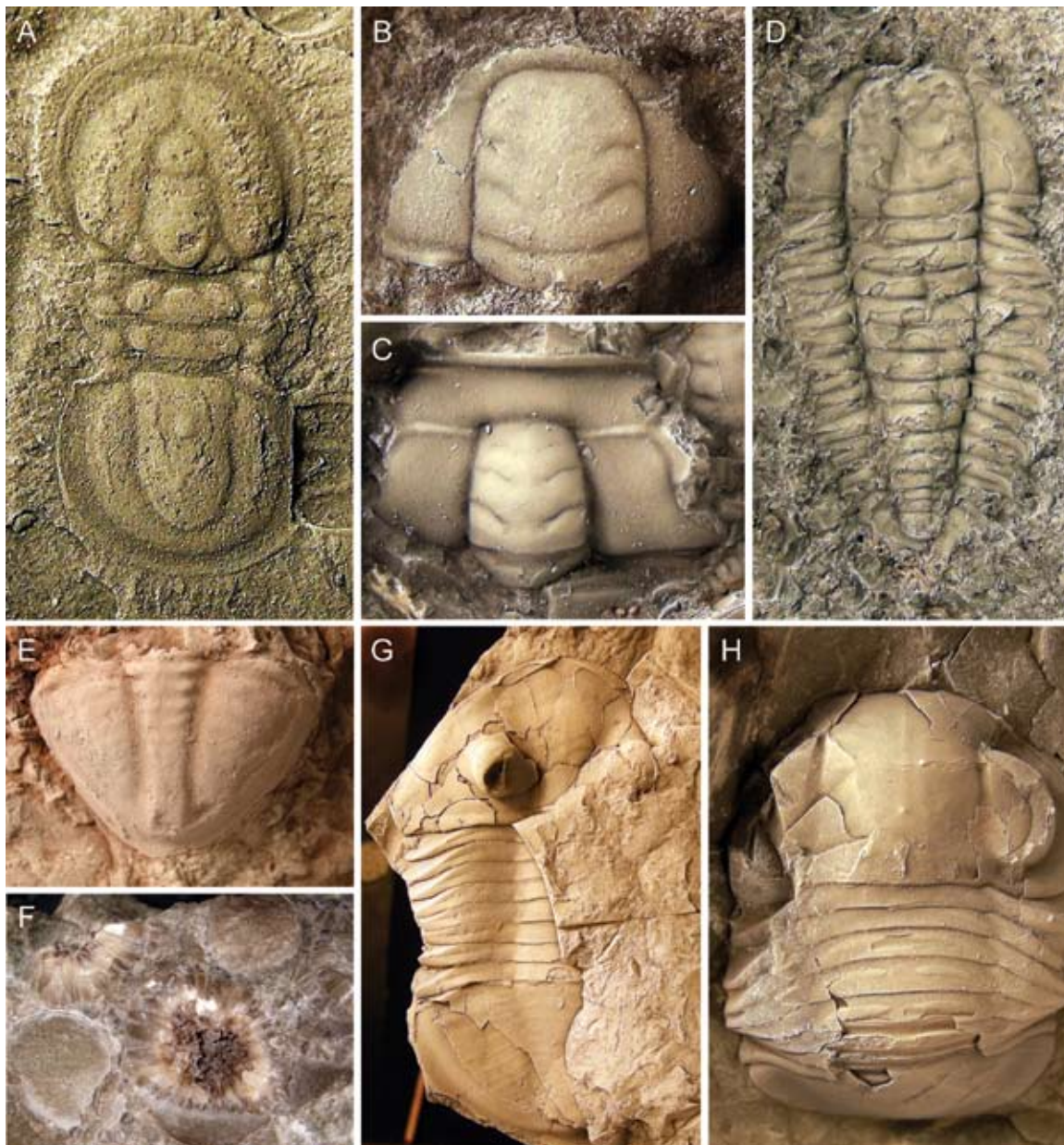
Axheimer, N. 2004. *I trilobiternas rike*.

Geologiskt forum 43, 22-31.

Lidmar-Bergström, K. 2004. *Sveriges största plana yta*. Geologiskt forum 43, 18-21.

Schmitz, B. 1998. *Fossila meteoriter berättar om urtidens himmel*.

Forskning & Framsteg nr 5, 52-56.



Fossil från alunskifferbrottet vid Kakeled och kalkstensbrottet vid Hällekis. **A.** *Aagnostus pisiformis*, nästan helt exemplar bevarat i skiffer, Kakeled, '8,6. **B.** *Peltura minor*, cranium, Kakeled, '7,0. **C.** *Olenus gibbosus*, cranium, Kakeled, '6,7. **D.** *Peltura scarabaeoides*, nästan helt exemplar, Kakeled, '4,5. **E.** *Asaphus* sp., pygidium från Lannakalkstenen i Hällekis, '1,1. **F.** *Sphaeronites pomum* (kristalläpplen) från Hällekis, '0,8. **G.** *Pseudomegalaspis* sp., nästan helt exemplar från Gullhögenformationen i Hällekis, '0,8. **H.** *Nileus* sp., nästan helt exemplar från Gullhögenformationen i Hällekis, '2,2.

Kakeled

Kakeled är ett nedlagt stenbrott på sydvästra sluttningen av Kinnekulle [N 58°33'510 E13°20'041]. Bergarterna här kan sägas vara raka motsatsen till de underliggande ljusa sandstenarna. De utgörs av mörka, nästan helt svarta skiffrar och en mörk variant av huvudsakligen sekundär kalksten. Skiffern tillhör de övre delarna av alunskifferformationen som i Västergötland är omkring 20–25 meter mäktig. Skiffern består till stor del av lermineral som sedimenterat långsamt i grundhavets djupare delar där vattencirkulationen var dålig. Organiskt material har sedimenterat tillsammans med lermineralen och lagrats in i bottenlammet. Normalt sett bryts det organiska materialet ned av bakterier men i just detta fall var tillförseln av organiskt material omfattande och lersedimentationen långsam. Det resulterade i att den bakteriella nedbrytningen konsumerade tillgängligt syre, vilket i sin tur resulterade i bevaring av organiskt material. Under diagenesen, när sedimentet har överlagrats och utsatts för ökat tryck och temperatur, har det organiska materialet dehydrerats och övergått till kerogen, som är ursprungsmaterialet för olika typer av kolväten (främst olja och naturgas). Den genomsnittliga sedimentationshastigheten har uppskattats till omkring 5–10 mm/tusen år. Skiffern innehåller ställvis upp till 20–25 procent organiskt material och relativt höga halter av tungmetaller, till exempel vanadin, molybden och nickel. Den har en uranhalt som ligger kring 300 ppm, vilket med dagens internationella prissättning är en hög halt. Uranet har sannolikt sitt ursprung i de granitiska urbergsområden som omgav det baltoskandiska havsområdet. När graniterna vittrade transporterades uranet i vattendrag mot havet i jonform. De fälldes senare ut på nytt och förekommer nu som en uranoxid (U_3O_8) i skiffern.

I de lägre delarna av den östra väggen syns den stora orstensbanken (Kaleledsledet) som en massiv och relativt homogen kalksten med mycket skalrester. Orsten är en diagenetisk bildning och har alltså bildats sekundärt en bit under havsbotten innan det svarta slammet hårdnade till skiffer. Ursprunget för kalken är osäkert men kan ha sitt ursprung i upplöst skalfauna. Även orstenen är rik på organiskt material och slår man på den med hammare så avger den en tydlig doft av kolväten; därav det engelska namnet *stinkstone*.



Alunskiffer med orsten vid Kakeled på sydvästra Kinnekulle. Den stora orstensbanken utgör den undre delen av sektionen. *Agnostus pisiformis* förekommer endast i den undre delen av sektionen, både i orsten och alunskiffern. I de övriga delarna av sektionen är fossilen, särskilt olenida trilobiter och agnostider, begränsade till orstenar.

Toppen av orstensbanken är oregelbunden och konglomeratisk. I övre delen av sektionen alternerar kalkiga band med svart alunskiffer.

I och omkring stenbrottet vid Kakeled kan man se slagghögar med tegelröd skiffer.

Detta är så kallade rödfyrshögar. Från slutet av 1700-talet och en bra bit in på 1900-talet har man använt alunskiffer som bränsle vid kalkbränning. En sådan kalkugn kan fortfarande ses i stenbrottet.

Lagerföljden i Kakeled omfattar drygt sex meter och är synnerligen fossilrik. Den fossila faunan är emellertid inte särskilt mångformig beroende på den extrema avsättningsmiljön, som var starkt präglad av syrebrist. Bland fossilen märks i synnerhet trilobiter och agnostider. Den senare gruppen räknades tidigare till trilobiterna, men nya undersökningar har visat att dessa små leddjur snarast kan betraktas som en grupp blinda kräftdjur med en framkropp, en mellankropp med två segment och en bakkropp. I den undre delen av lagerföljden är *Agnostus pisiformis* mycket vanlig och ibland kan skittytorna vara översållade med skalrester efter denna agnostid (se fotot på sidan 17). I den mellersta och övre delen, i furongetagen, dominerar den fossila faunan av olenider, en grupp små till medelstora trilobiter som var anpassade till syrefattiga förhållanden. Har man tur kan man också hitta en liten kalkskalig brachiopod, *Orusia lenticularis*, och skal efter fosfatocopider, en grupp kräftdjur som omfattar små former, vilka nästan helt omsluts av två skalhalvor.

I orstenar från Västergötland har man funnit några av de mest välbevarade leddjur som man känner till. Det rör sig i huvudsak om mikroskopiskt små kräftdjur, som sekundärt har fosfatiserats och därför kunnat lösas ut ur bergarten i svag ättiksyra. Bland dessa utsökt bevarade leddjur märks bland annat fosfatocopider och *Agnostus pisiformis* med ben, antenner och andra fina strukturer bevarade.

Hälleklis stenbrott

Hälleklis är ett storslaget stenbrott där man kan studera kalksten från ett mer än tio miljoner år långt tidsavsnitt som omfattar nästan hela mellanordovicium, dock med väsentliga tidsluckor i lagerföljden. Vid den här tidpunkten hade den Fennoskandiska urbergsskölden rört sig norrut till något varmare klimatzoner om-

Stenbrottet vid Hällekis



Hällekis stenbrott. Övre delen av Hölenskalkstenen (röd) och i bakgrunden Gullhögenformationen och Rydkalkstenen (över vita linjen). Infällt syns en detalj av Gullhögenformationens skiffriga lerstenar och finkorniga kalkstenar. I dessa lager finner man rikligt med spår-fossil samt trilobitsläktena *Pseudomegalaspis* och *Nileus*.

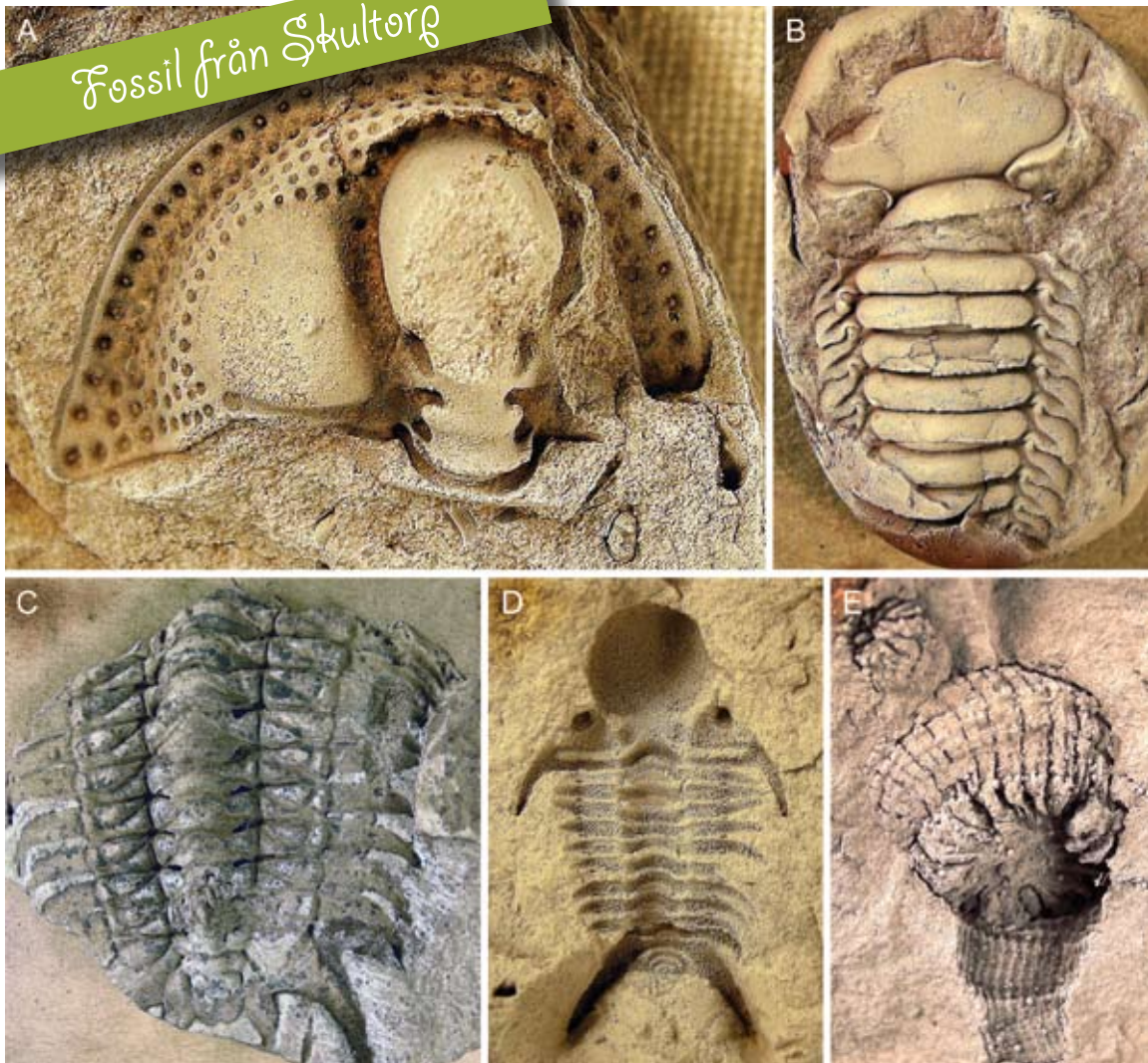
kring 30–40°S. Depositionen av vittringsmaterial hade upphört och istället avlagrades kalksediment i det Baltoskandiska havet. Kalkstenen från denna tid skiljer sig dock avsevärt från den typ av kalksten som senare kom att bildas på Gotland och som är rik på fossil av koraller och andra revbyggande organismer. I den ordoviciska kalkstenen vid Hällekis syns inte ett spår av rev och lagringen är horisontell och utan stor variation. Det beror på att vår kontinent befann sig utanför de varma latituderna, i den varmtempererade zonen, då kalken avsattes. Detta klimat är inte optimalt för bildandet av karbonatsediment.

Den bästa överblicken av lagerserien i Hällekis får man i stenbrottets sydöstra del där man kan promenera uppåt genom stenbrottet längs en av de gamla transportvägarna. Strax under golvet i stenbrottet finns den graptolitförande Töyenskiffern som först efter lite grävande kan studeras i något av diken. Därpå uppträder den varmt orangeröda Lannakalkstenen (cirka 17 m) merparten av den blottade lagerserien och högväggarna. Den röda färgen återspeglar hematit (järnoxid) som bildats redan vid sedimentens avsättning. Det är i huvudsak Lannakalkstenen man har brutit för cementtillverkning i Hällekis, en industri som varade fram till 1979, och den löper som ett tjockt rött band runt hela Kinnekulle ("undre röd" i lokal terminologi), inte sällan med tecken på mindre täktverksamhet. Typiskt

för Lannakalkstenen är irreguljära diskontinuitetsytor som återkommer med några centimeters mellanrum. De har bildats genom upplösningsprocesser efter att kalken genom cementering, redan innan den övertäcktes, kittats ihop något och bildat en hårdbottnen (eng. *hardground*). Sådana ytor var ur ekologisk synpunkt viktiga för den ordoviciska bottenfaunan. Vissa hårdbottnar är till följd av mineraliseringar mycket särpräglade över stora områden. Så är fallet med "blommiga bladet", en tät serie fossila hårdbottnar som återfinns vid basen av Lannakalkstenen och som är likartat utbildad även på Öland, i västligaste Ryssland (där motsvarande komplex av hårdbottnar kallas "steklo") och i Polen.

Ovanpå Lanna, nära toppen av stenbrottet kan man notera ett cirka 1,5 m tjockt och distinkt grått band som löper genom hela stenbrottet. Detta är ett särpräglat skikt som informellt kallas för "täljstenen" och som mer formellt utgör den basala delen av Hölenskalkstenen ("övre röd"). Bortsett från skillnaden i färg skiljer sig täljstenen från under- och ovanliggande kalksten även på att kornstorleken är något större och att den innehåller en rikare bottenfauna samt rikligt med cystoidéer, en grupp utdöda tagghudingar som omfattar bottenlevande former med en klot- eller päronformad kropp omgiven av ett kalkskelett. Dessa "kristall äpplen", som för det otränade ögat ser högst likartade

Fossil från Skultorg



Fossil från överordovicium vid Skultorg. **A.** *Tretaspis latilimba*, cephalon, '5,2. **B.** *Remopleurides* sp., avvgjutning av cranidium och thorax, Ulundaformationen, '2,6. **C.** *Hadromeros subulatus*, thorax med pygidium, Ulundaformationen, '1,1. **D.** *Sphaerocoryphe dentata*, avtryck av ett nästan komplett exemplar, Ulundaformationen, '3,1. **E.** Solitär korall, Lokaformationen, '3,2.

ut, förs av vissa författare till två arter, *Sphaerionites minor*, som förekommer i de undre delarna av täljstenen, och *S. pomum* som förekommer i de övre delarna. De dominerande skalfragmenten i täljstenen kommer från sjöiljor, trilobiter, armfotingar och musselkräftor. Den övre röda delen av Holenkalkstenen påminner mycket om Lannakalkstenen.

Bland de iögonfallande fossilen i Lanna- och Holenkalkstenen märks, förutom cystoidéerna, orthoceratiter och trilobiter. Orthoceratiterna var släktingar till dagens bläckfiskar och hade långsmala, koniska och oftast raka skal som lätt bevarades som fossil. De var rovlevande och kunde bli mer än meter-långa. Trilobitfaunan domineras av olika släkten av asaphider, till exempel *Asaphus* och *Megistaspis*. Det är inte ovanligt att man finner en svart, lite klibbig massa

inuti cystoidéerna, eller orthoceratiterna för den delen. Det är olja som härstammar från den underliggande alunskiffern.

I den översta delen av stenbrottet överlagras Holenkalkstenen av Gullhögenformationen. Denna skiljer sig avsevärt från underliggande lager och markerar en viktig miljöförändring i det baltoskandiska havet. Det är en mycket finkorning kalksten som kan kallas slamsten. Ett par centimeter tjocka lager av slamsten med mussliga brottytor mellanlagras av en något kalkig lerskiffer och formationen påminner om likåldriga lager i Oslofältet. Gullhögenformationen innehåller en divers trilobitfauna som inkluderar släktena *Ogygiocaris*, *Pseudomegalaspis*, *Nileus* och *Botrioides*. De översta fåtalet metrarna vid Hälleklis utgörs av den relativt fossilfattiga Rydkalkstenen.



Stenbrottet vid Skultorp. Merparten av sektionen utgörs av Ulundaformationens ler- och siltstenar. I den övre delen, just under lövverket och ovan den vita linjen, ses undre delen av Lokaformationen som ett mörkare brunt band. Denna enhet bildades i sen ordovicisk tid (hirmantetagen) i anslutning till den stora nedisningen och massutdöendet. Här finns ooider och koraller, vilket är typiskt för varma grunda subtropiska hav.

Österplana (Thorsbergs) stenbrott

[N 58°34'718 E13°25'776]

I detta fortfarande aktiva stenbrott har man möjlighet att studera Holenkalkstenen, inklusive dess undre del "täljstenen", i exceptionell detalj. Här sågar man nämligen ut stora skivor direkt ur berget; ett material som sedan säljs som byggnadssten till i huvudsak golv, trappor och köksskivor. Inne på området ligger mängder med sågade block i olika storlekar och normalt sett går det bra att studera dessa om man först frågar i kontorsbyggnaden. På de sågade ytorna ser man tydligt de mörka fosfatanrikade hårdbottnarna och orthoceratiter i tvärsnitt; inte sällan med olja i kamrarna. Vid och omkring infarten till stenbrottet finns ett flertal nedlagda stenbrott där Lannakalkstenen har brutits.

Lanna- och holenkalkstenen har på senare år blivit internationellt uppmärksammat tack vare rika fynd av fossila meteoriter. De anses härstamma från uppbrytandet av en flera tiotals kilometer stor asteroid i vårt solsystem för omkring 470 miljoner år sedan. Meteoriterna är normalt några centimeter i diameter och benämns L-kondritter. Hittills har ett knappt hundratal meteoriter systematiskt samlats in vid Thorsbergs stenbrott.

Skultorp (Billingen)

Väster om järnvägen, uppe i den sydöstra slutningen av Billingen finns ett övergivet stenbrott. I väggarna kan man se stora delar av yngsta ordovicium och äldsta silur. Merparten av sektionen utgörs av en mörkgrå

lersten och tillhör Ulundaformationen. Formationen är relativt fattig på fossil, men strax ovanför mitten av sektionen finns en siltsten med en tjocklek av några decimeter som är känd för sin mångformiga trilobit-fauna med bland annat släktena *Tretaspis*, *Hadromeros*, *Remopleurides* och *Sphaerocoryphe*.

Mot toppen av sektionen kan man se ett gulbrunt kalkstenslager som är omkring en och en halv meter mäktigt och som avviker från övriga bergarter. Liknande kalksten finns på motsvarande nivå i Östergötland, i stora delar av Baltikum, i Mellanvästern i USA och i Guizhouprovinsen i södra Kina. Den signalerar alltså något extraordinärt. Kalksten är uttrycket för de stora miljöförändringar som ägde rum i haven i anslutning till den stora nedisningen och det associerade massutdöendet i ordoviciums slutskede (hirmantetagen). Kalkstenen har en sammansättning som är ovanlig för denna tidsperiod på vår kontinent och den skiljer sig avsevärt från den äldre ordoviciska kalkstenen i Västergötland. En av bergartens mer framträdande komponenter är ooider, ett slags millimeterstora sfäriska korn med koncentrisk laminering. De bildas inte på biologisk väg utan genom kemisk utfällning av kalciumkarbonat direkt ur havsvattnet. I dag bildas ooider på ett par meters djup i det varma havet kring Bahamas och de är även i ordovicisk tid en mycket god indikator för subtropiska till tropiska klimat. När ooiderna är så talrika att de dominerar bergarterna kallar man den oolit. Ooliten i Västergötland är en del av Lokaformationen, som även innehåller fragment av koraller, vilket understryker bildandet i ett subtropiskt grundhav. Det kan tyckas motsägelsefullt då slutet av ordovicium karakteriseras av en global nedisning och relativt kallt klimat. Förklaringen ligger i att den baltoskandiska kontinenten vid denna tid förflyttat sig in i det subtropiska bältet och att ooliten högst sannolikt bildades i en något varmare interglacial mellan två kallare perioder.

Höggkullen och S.A. Andrées utgrävning

Diabaskappan på Kinnekulle är knappt trettio meter mäktig och har under lång tid skyddat underliggande sedimentbergarter från nedbrytande krafter. Nu finns det endast en relativt liten diabaskappa kvar och det har gjort att Kinnekulle på avstånd antar en konisk, nästan vulkanliknande form. Det var ingen mindre än Salomon August Andrée som var med och avgjorde frågan huruvida Kinnekulle var en vulkan eller inte genom att gräva en inschaktning på bergets västra sida, där man än idag kan studera kontakten mellan den siluriska skiffern och diabasen [N 58°36'983 E 13°24'2797]. Andrées vetenskapliga expedition till Kinnekulle är emellertid inte alls lika uppmärksammat som hans försök att nå Nordpolen med luftballong.

Mikael Calner, professor i bergsgrundsgéologi och redaktör för *Geologiska Föreningens vetenskapliga tidskrift GFF*, Lunds universitet, mikael.calner@geol.lu.se.

Per Ahlberg, professor i bergsgrundsgéologi, Lunds universitet, per.ahlberg@geol.lu.se.

KALENDARIUM

4 juli VAG:s, Västerbottens amatörgeologiska förening, reser till Jämtland. Se mer av föreningens program på www.vags.org

Hela juli Guidade visningar av Naturhistoriska riksmuseets utställningar såsom Polartrakterna och 4½ miljarder år. Kika in på museets webbplats och sök i kalendariet för mer information. www.nrm.se

10 september Välkommen till Geologins Dag! Läs mer på www.geologinsdag.nu

Brunkol efter kärnkraften

I början av juni fattade tyska regeringen beslut om att avveckla kärnkraften. Tyskland som är världens fjärde största ekonomi kommer med stor sannolikhet att starta flera nya kolkraftverk för att på kort sikt hantera energifrågan. I Tyskland är svenska Vattenfall det tredje största kraftbolaget med elva procent av den tyska elproduktionen, vilket motsvarar årsförbrukningen för 20 miljoner

hushåll. 89 procent av Vattenfalls tyska elproduktion består idag av el från kolkraftverk och bolaget håller på att stärka sina positioner. Planer för utvidgning finns. Två nya kolkraftverk är under byggnation. Och i östra Tyskland bryter Vattenfall brunkol i fem dagbrott och det finns planer på att ta ytterligare tre dagbrott i drift. Faktan kommer från Svenska Dagbladet.

Ett bildarkiv för geologin



Erosionsskydd längs kusten. Falsterbo.
Foto: Esko Daniel.

Sveriges geologiska undersökning har öppnat ett digitalt bildarkiv: Geobilder. Här finns bilder om geologi och geologiska processer. Du kan söka, titta och ladda ner bilder och du får använda bilderna mot att du uppgår källa. Mer information på www.sgu.se

NOTERAT



Skred? Nu kan allmänheten söka fakta om skred eller ras som inträffat i Sverige. Det är Sveriges geotekniska institut, SGI, som har laserat en ny digital tjänst i form av en ras och skreddatabas som är tillgänglig via internet. På gis.swedgeo.se/skred kan du söka fakta kring ras, skred och andra jordrörelser som har inträffat i ditt län eller din kommun. Under flera år har SGI byggt upp en databas kring naturolyckor och deras konsekvenser. Tanken med att ha databasen på internet är att fler ska få tillgång till fakta och bättre kunna förutsäga skredrisken.



Stopp. De undersökningsarbeten och analyser som Shell genomfört i jakten på naturgas i den Skånska berggrunden (prover har tagits i Sjöbo, Hörby och Tomelilla kommuner) är avslutade. Bergproverna från de tre genomförda borrhänsarbetena i sydöstra Skåne har visat sig innehålla mycket begränsad förekomst av naturgas. Enligt den utförda analysen är naturgasen inte möjlig att producera. Mot bakgrund av resultatet har Shell beslutat att inte fortsätta undersökningsarbetet eller att förnya licenserna när de nuvarande upphör att gälla i slutet av maj månad, skriver Shell på webben.

Shell anser dock att många lärdomar vunnits av arbetena i Skåne. Undersökningsarbeten i andra delar av världen fortsätter. I Nordamerika förändrar fyndigheter av okonventionell naturgas hela energistrukturen med mindre än halva kostnaden jämfört med importerad olja, bedömer Shell. Det finns liknande potential i Europa, Australien, Kina och Sydafrika.

Geologins Dag

Lördagen den 10 september

Geologiska exkursioner, utställningar, föredrag, tävlingar, barnaktiviteter och mycket mer! Bli arrangör eller delta i andras arrangemang!

Läs mer på: www.geologinsdag.nu

Bergskraft Bergslagen • Boliden Mineral AB • FAB - föreningen för avancerad borrhning • Georange Geotec • Göteborgs universitet • Lappland Goldminers AB • LKAB • Luleå Tekniska universitet • Naturvetarna • Stockholms universitet • Svensk Kärnbränslehantering AB • Sveriges Bergmaterialindustri • Uppsala universitet • Wiking Mineral AB

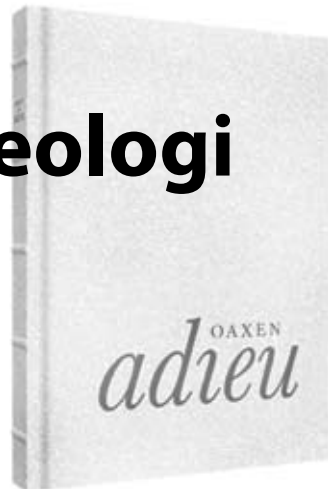
SGU

Sveriges geologiska undersökning

SveMin



Mat kryddad med geologi



Till vänster: Äldre foto över ön Oaxen och dess kalkstensindustri. **Ovan:** Boken! Läs mer på www.oaxenkrog.se. **Nedan:** Geologin har fått sätta avtryck på meny! Lera används i matlagningen. **Längst ner:** Från mitten av 1800-talet och fram till 1980 bröts kalksten på Oaxen. Och "Kalkens själ" heter ett av avsnitten i boken.

Oaxen är en ö i Himmerfjärden, Sörmland, där Oaxen Krog har huserat i 17 år. I år är det sista säsongen för denna kulinariska skärgårdspärla

I boken *Oaxen adieu* säger krogen farväl med hjälp av minnen, recept och fotografier. Krögarparet Magnus Ek och Agneta Ek har skapat en unik bok – man tar den i handen och kan inte känna annat än lycka! Ty boken i sig är en upplevelse, full av överraskningar till form och innehåll. Och måltider och mat bland kalksten och blålera är ett smakfullt geologiperspektiv.

Hatten av för detta stora lilla bokunderverk!



Foto: Magnus Ek



Det naturen ger. Agneta Geeen och Magnus Ek låter 2011 bli den sista säsongen på kalkstensön Oaxen.



En långsiktig strategi för våra geologiska resurser

Sverige har förutsättningar att bli ett mineralland av stor betydelse. Men för att på ett bra och långsiktigt hållbart sätt kunna nyttja de resurser vi har, behövs en tydlig strategi!

Att lyfta människor till välbästand, på det sätt som nu görs i Kina, Indien, Afrika med flera länder, kan omöjligt ske utan stora satsningar på infrastruktur, satsningar som i mångt och mycket är beroende av råvaror med ett geologiskt ursprung. Följderna är bland annat att den svenska gruvsektor som för bara ett par decennier sedan förutspåddes lida sotdöden istället har upplevt en radikal boom och numera börjar brottas med arbetskraftsbrist. Sker inget drastiskt med världsekonomin lär boomen fortsätta ganska länge.

Hur ska vi då på bästa sätt kunna utnyttja de resurser som Sverige, åtminstone sett i ett europeiskt perspektiv, är ganska ensamma om? Hur kan vi säkra att det dessutom görs på ett så hållbart sätt som möjligt, där skadorna på miljö och natur minimeras?

Svaret på de frågorna kan ges i en mineralstrategi, där ett antal frågor för såväl den privata som den offentliga sektorn lyfts fram. Bland annat har Finland redan tagit fram en sådan nationellt strategi och i Norge håller man just nu på att utarbeta en sådan.

SGU har under våren arbetat fram ett förslag på hur arbetet med en strategi inriktad på svenska förhållanden skulle kunna tas fram och vad en sådan skulle kunna innehålla. Förslaget, som presenterades för regeringen i början av april, har tagits fram i samarbete med bland

annat Naturvårdsverket och representanter för näringslivet.

Vi föreslår bland annat:

- att det behövs ett långsiktigt forskningsprogram om malmgeologi och utvinning
- att Vinnova, SGU och Naturvårdsverket får i uppdrag att tillsammans med industrin utforma ett program för projektet "Framtidens mineralutvinning".
- ett förstärkt geologiskt, geofysiskt och geokemiskt undersökningsprogram i Barentsregionen, där arbetet sker i nära samarbete med de nordiska geologiska undersökningarna. Syftet är att ta fram information

för gruvindustriell verksamhet.

- ett program för utvidgad digitalisering av geologisk information för prospekteringsindustrin.
- att SGU ges ansvar för att löpande följa utvecklingen av mineralstrategin och ta de initiativ som behövs för till exempel samarbete med näringslivet, med flera.

Undertecknad är övertygad om att en sammanhållen mineralstrategi är bra för Sverige!

/ Kaj Lax, avdelningschef för mineralresurser, Sveriges geologiska undersökning

Foto: Kaarina Ringstad



POSTTIDNING
Geologiska Föreningen c/o
Qi-Media AB
Stjärnvägen 9
553 12 Jönköping

Geologiskt forums stödprenumeranter 2011



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

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



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

NEW 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