

GEOLOG

NYT FRA GEUS

- De ældste sten – det ældste liv
- Spor efter lyn fundet nær kanten af Grønlands Indlandsis

NR. 1 FEBRUAR 2002

De ældste sten – det ældste liv



Peter W. U. Appel

De ældste sten, der blev dannet på jordens overflade, findes i Isukasia ca. 150 km nordøst for Nuuk i Vestgrønland. Historien om hvordan de blev fundet startede i slutningen af 1960'erne og begyndelsen af 1970'erne hvor geologerne Vic McGregor og Stephen Moorbath havde påvist at de såkaldte Amitsoq gnejser i Godthåbsfjorden var 3680 millioner år gamle! Det var på den tid de ældste sten på jorden.

På samme tid arbejdede Kryolitselskabet Øresund med mineraleftersøgning i Vestgrønland. Kryolitbruddet i Ivigtut i Sydgrønland var ved at være tømt, så det var på høje tid at finde en ny mine. Kryolitselskabet Øresund gennemførte geofysiske undersøgelser fra fly. Desuden fløj de rundt i helikopter og så efter rustzoner og andre indikationer på mineraliseringer. På en sådan helikoptertur spottede en af Kryolitselskabet Øresund's geologer nogle mørke bjergarter nær kanten af indlandsisen. Han landede og så at det var en type amfibolitter, der muligvis var dannet på jordens overflade som lavaer for flere milliarder år siden. Sådanne amfibolitter er ofte associeret med mineraliseringer. Dette fik Kryolitselskabet Øresund til at udvid-



Figur 2a. Støv og sten samledes og dannede jorden.

de deres geofysiske flyprogram helt ind til isen. Her fandt de en kraftig magnetisk anomali delvist dækket af indlandsisen. En efterfølgende undersøgelse påviste en meget stor jernmalmsforekomst i området (figur 1). Jernmalmen var så stor at selskabet besluttede at undersøge den detaljeret med diamantboringer. I dette projekt samarbejdede Kryolitselskabet Øresund med det amerikanske mineselskab Marcona.



Figur 2b. På grund af tyngdekraften smeltede jorden til en glødende kugle.



Figur 1. Udsigt fra Isua mod sydvest. I baggrunden ses bjergene omkring Nuuk. De mørke klipper i forgrunden består af jernmalm. Resten af jernmalmen ligger under Indlandsisen til venstre i billedet.

Rygtet om jernmalmen nåede også Vic McGregor og Stephen Moorbath, der arbejdede i Godthåbsfjorden. Det interessante ved den type jernmalm er at den er kemisk udfældet på bunden af et hav og derfor kan den bl.a. give oplysninger om jordens overfladeforhold. De kontaktede derfor direktør K. Ellitsgaard-Rasmussen, Grønlands Geologiske Undersøgelse (GGU) og bad ham opnå tilladelse fra Kryolitselskabet Øresund så de kunne komme ind og undersøge jernmalmen. Medens de ventede på svar mødte de i Nuuk tilfældigvis en geolog fra Marcona. Han tilbød dem en lift til Isukasia med Kryolitselskabet Øresund's helikopter, et tilbud som de naturligvis straks tog imod. De samlede prøver af jernmalmen og undersøgte de øvrige bjergarter i området. Deres undersøgelser viste bl.a. at jernmalmen og amfibolitterne, der udgjorde et såkaldt grønstensbælte, var ældre end de omkringliggende gnejser. Efter en uges tid på Isukasia blev de fløjet tilbage igen. I Nuuk lå et telegram fra Ellitsgaard-

Rasmussen, der fortalte at Kryolitselskabet Øresund havde nægtet dem adgang til Isukasia!

Da Stephen Moorbath senere kom tilbage til Oxford foretog han en aldersbestemmelse af jernmalmen. Det var en på flere måder unik bestemmelse. Det var første gang nogen havde forsøgt at aldersbestemme en jernmalm, og jernmalmen i Isukasia viste sig at være 3760 millioner år gammel. Dermed var den altså den ældste jernmalm på jorden. Vi fik samtidig påvist at der allerede var et hav på jorden for 3760 millioner år siden. Det tog senere lidt diplomatisk snilde at få lov til at publicere resultatet.

De ældste sten

Med et slag var Nuuk området og specielt Isukasia kommet på det geologiske verdenskort. Her havde vi ikke kun de ældste bjergarter dannet på jordens overflade, men vi havde bevis for frit vand på dette tidlige tidspunkt af jordens historie. Nu kan man indvende at det måske kun er et spørgsmål om tid før man finder bjergarter dannet på jordens overflade, der er væsentlig ældre. Det er imidlertid næppe sandsynligt.

Jorden blev dannet for omkring 4600 millioner år siden ved at støv og sten i vores solsystem samlede sig (figur 2a). Efterhånden som mere og mere støv og sten samledes blev trykket i den tidlige jord så stort at planeten smeltede og roterede rundt om solen som en glødende kugle (figur 2b). Under jordens gradvise afkøling dannedes den første jordskorpe. Denne jordskorpe blev imidlertid gentagne gange slået i stykker af den sværm af meteoriter, der hamrede ind i jorden i løbet af de første mange hundrede millioner år. For omkring 3800 millioner år siden stilnede dette bombardement af og den første stabile jordskorpe blev dannet (figur 2c). Det er derfor ikke sandsynligt at finde bjergarter dannet på jordens overflade der er væsentligt ældre end 3800 millioner år.

Det har længe været en gåde hvornår

vandet kom til jorden. Bjergarterne i Isukasia viser entydigt at der var et ocean på jorden da de blev dannet. Vandet må altså være kommet til jorden tidligere end for ca. 3800 millioner år siden. Hvordan kom vandet til jorden? Det er ikke afklaret endnu. En af de mest sandsynlige forklaringer er at vandet kom til jorden med store kometer (figur 2c). En komet er basalt set en stor beskidt snebold bestående af is og støv. Kometerne blev dannet tidligt i vores solsystems historie ved at solvinden blæste alle de lette elementer inklusive vanddamp ud til områderne omkring Jupiter og Saturn. Her kondenseredes vandet og samledes til kometer. Disse drev nu rundt i vores solsystem og ramlede fra tid til anden ind i vores jord og dannede den blå planet (figur 2d).

De første undersøgelser i Isukasia

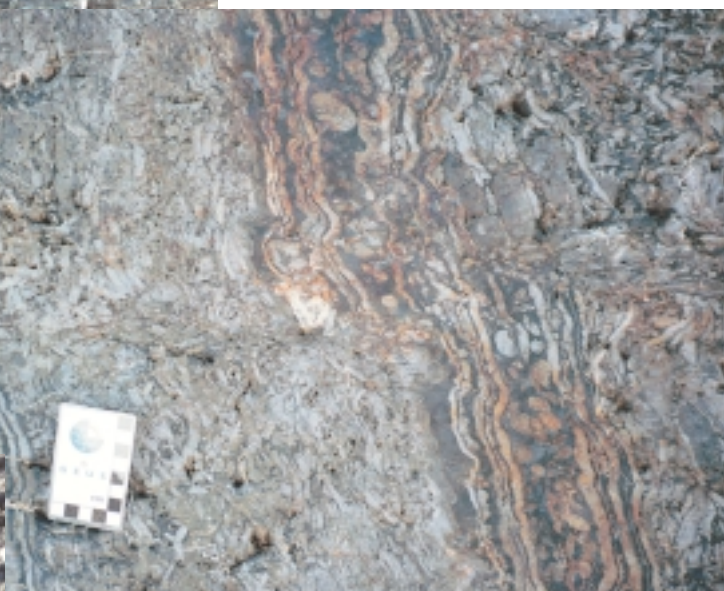
Den type bjergarter, der blev fundet i Isukasia, kaldes grønstensbælter. De findes mange steder på jorden, men kun i områder der er ældre end ca. 2000 millioner år. Grønstensbælter består karakteristisk af vulkanske bjergarter i form af tykke sekvenser af pudelavaer (figur 3). Når lava flyder ud under vand danner det runde pudeformede strukturer med en glasagtig rand formet ved lynafkøling ved kontakt med havvand. I

Figur 2c. Jorden køledes ned og den første stabile jordskorpe dannedes.

Figur 2d. Kometerne bragte vandet og dannede den blå planet.



Figur 3. Pudelava. Den mørke finkornede ydre kant af puden omgiver en mere grovkornet indre del. Disse var de første pudestrukturer, der blev fundet i Isukasia. De blev opdaget af den japanske geolog Toshiaki Masuda.



Figur 4. Jernmalm. Sorte jernrige lag veksler med lyse kvartsrige lag.



Figur 5. Konglomerat. Velafrundede rullesten i omdannede lag af sand og ler.



Figur 6. Slamstrøm. I denne bjergart findes ganske små kulstofpartikler hvis isotop sammensætning tyder på en biologisk oprindelse.

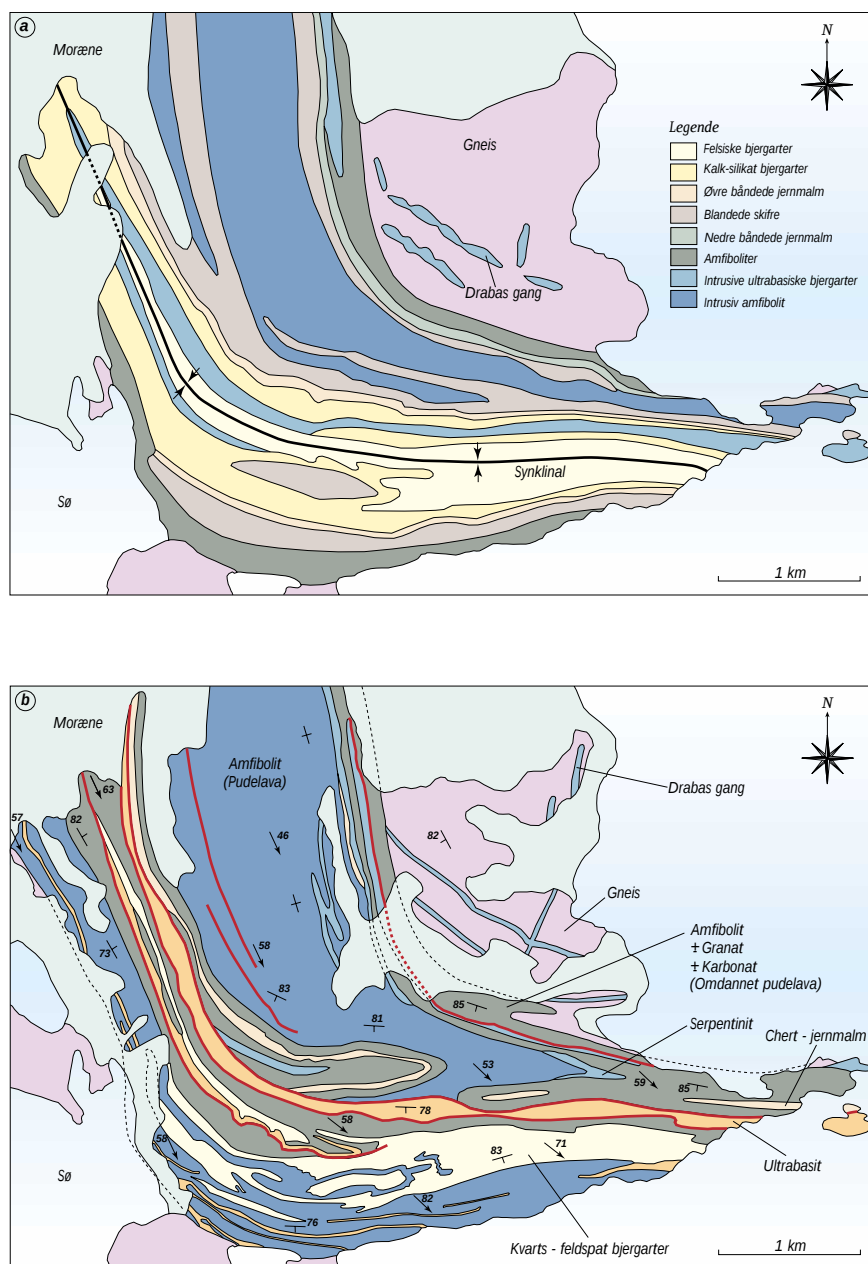
de indre dele af puderne størkner lavaen langsommere. Mellem lavastrømmene findes typisk kemiske aflejringer såsom jernmalme (figur 4) samt forskellige aflejringer af sand, ler og konglomerater (figur 5). Konglomerater består af velafrundede rullesten der ligger i sandede og lerede lag, ikke ulig en dansk sandstrand med rullesten. Flere af disse bjergarter aflejres først på lavt vand, og som følge af jordskælv rutsjer de senere ned på dybt vand hvor de aflejres som slamstrømme (turbidity currents) (figur 6). Efter deres dannelse blev grønstensbælterne som oftest kraftigt foldet og omdannet ved høje temperaturer (metamorfoseret). Så snart Isukasia bjergarternes alder var fastslået, kom en lang række forskere til området for at finde svar på en række forskellige spørgsmål. Den allerførste opgave var imidlertid at få området geologisk kortlagt. GGU sendte i første omgang Jan H. Allaart derop for at kortlægge Isua bjergarterne. På et noget senere tidspunkt i 1980'erne foretog A. H. Nutman ligeledes i GGU regi en detaljeret kortlægning af området. Den kortlægning holdt i en årrække, men det blev efterhånden klart at der var basale uoverensstemmelser på kortet. For eksempel manglede pudelavaer på det geologiske kort. Pudelava er en af de mest karakteristiske bjergarter for grønstensbælter. I stedet var der en stor enhed kaldet garbenschiefer samt flere enheder af amfibolitter. Disse var tolket som intrusive, dvs. bjergarter der i smeltet tilstand var trængt ind mellem de kemiske havaflejringer. Det var temmelig besynderligt at Isua grønstensbæltet som det eneste grønstensbælte på jorden ikke havde pudelavaer, medens alle andre grønstensbælter havde store mængder af pudelavaer.

I slutningen af 1980'erne arbejdede en japansk ekspedition i området. På denne ekspedition fandt den japanske geolog Toshia-ki Masuda de nydeligste pudelavaer (figur 3). Dette fund blev imidlertid ikke offentliggjort og gik efterhånden delvis i glemmebogen.

Gennem 1990'erne foretog forskellige grupper undersøgelser i Isukasia og det blev efterhånden klart at man burde gennemføre en helt ny kortlægning kombineret med nye systematiske undersøgelser indenfor en række geodiscipliner. GEUS beslut-

tede at etablere *The Isua Multidisciplinary Research Project (IMRP)*, der med støtte fra Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd, Kommissionen for Videnskabelige Undersøgelser i Grønland, Råstofdirektoratet i Nuuk, GEUS samt en lang række udenlandske institutioner etablerede et flerårigt forskningsprojekt. Det startede i 1997 og slutter

i foråret 2002. IMRP har haft deltagere inden for så forskellige discipliner som strukturgeologi, sedimentologi, metamorf petrologi, isotopgeologi, malmgeologi, teoretisk biologi, geofysik og astrofysik. Sideløbende og i tæt samarbejde med IMRP har Geologisk Museum, Geologisk Institut ved Københavns Universitet og Dansk Lithosfære Cen-



Figur 7. To geologiske kort over det samme delområde i Isukasia. (a) viser den ældste version ifølge hvilken der ikke findes pudelavaer i Isua grønstensbæltet (Nutman, 1986). (b) viser den seneste version hvor f.eks. pudelavaer er markerede (Myers, 2000).



Figur 8. Meget stærkt deformeret havaflejrning. I denne bjergart postulerede en tysk gruppe at have fundet fossiler.

ter foretaget en række vigtige undersøgelser i Isukasia.

Nye undersøgelser

Et af de første resultater af de fornyede undersøgelser var at pudelavaer viste sig at være meget almindelige i Isukasia. Den ovennævnte garbenshiefer og de fleste amfibolitter var oprindelige pudelavaer. Det blev også påvist at godt nok er store dele af Isua grønstensbæltet meget kraftigt foldet, men der findes små områder hvor foldningen ikke har været så intens. I disse områder, de såkaldte low strain zoner, er der et væld af velbevarede strukturer.

I 2000 blev en del af de nye geologiske kort over Isua grønstensbæltet publiceret (figur 7b). Til sammenligning ses (figur 7a), der er det samme udsnit, men fra det i 1986 publicerede geologiske kort. De to kort ligner hinanden derhen at omridset af Isua grønstensbæltet er det samme, men underopdelingerne er meget forskellige. En af de

mest signifikante forskelle er imidlertid, at der er angivet store områder med pudelavaer på det nye kort (figur 7b).

Det ældste liv

Så snart det var fastslået at bjergarterne i Isukasia ikke alene var de ældste bjergarter dannet på jordens overflade, men at de også rummede bjergarter udfældet på havbunden strømmede forskere til fra nær og fjern for at finde spor efter liv.

Nogle af de første undersøgelser gik på at finde synlige spor efter liv i form af forsteninger. Der er to problemer med denne metode. For det første havde de tidligste organismer næppe mange faste bestanddele, der kunne efterlade forsteninger eller aftryk. For det andet er bjergarterne i Isukasia ofte kraftigt deformeret. Hvis der havde været forsteninger i dem ville disse altså være blevet deformeret. Som eksempel kan nævnes at et tysk forskerhold påstod at have fundet små runde fossiler nog-

le få tusindedele millimeter store som de navngav Isuasphaera i bjergarten vist på (figur 8). Denne bjergart er tydeligvis meget kraftigt deformeret, hvorved den er blevet strakt måske 100 gange. Det vil sige at hvis Isuasphaera blev indlejret for 3760 millioner år siden i bjergarten på (figur 8), så ville Isuasphaera i dag se ud som et 1000 mm langt rør, der var en titusindedel millimeter tykt. Da det man fandt var rundt, kan det altså ikke have været rundt oprindeligt. Isuasphaera har altså ikke været et fossilt spor efter en organisme.

Andre forskere indså at bjergarterne var for deformeret, og gik i gang med at finde kemiske spor efter liv. Der blev analyseret for forskellige kulbrinter, men de gav ikke entydige svar. Dernæst undersøgte man kulstofisotoper. Forholdet $\delta^{13}\text{C}$ mellem de to kulstofisotoper ^{12}C og ^{13}C er oprindeligt -5‰. Organismer foretrækker den lette ^{12}C og får derved et $\delta^{13}\text{C} \sim -25\%$. Hvis man altså finder kulstof med et isotopforhold på

~ -25% er det sandsynligvis af organisk oprindelse. De første undersøgelser i 1980'erne gav ikke entydige resultater, men i slutningen af 1990'erne undersøgte Minik Rosing fra Geologisk Museum den havaflejring der er vist på (figur 6). for kulstofisotoper. Han konkluderede dermed at der var liv allerede for 3760 millioner år siden.

Hvordan opstod livet?

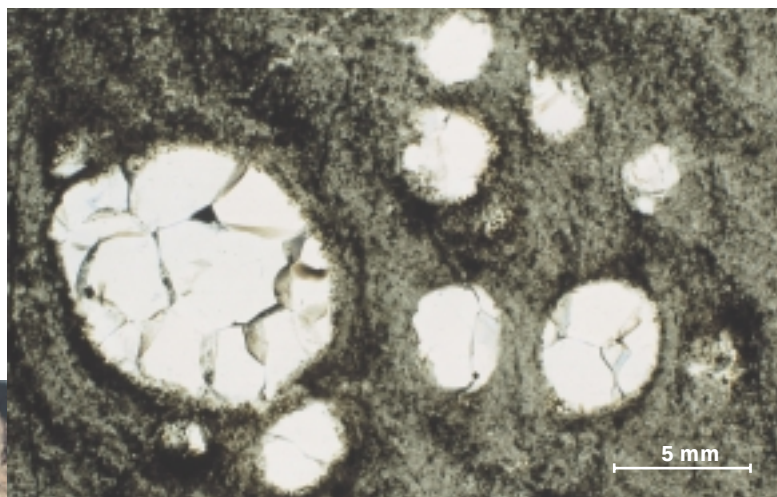
Set med geologiske briller opstod livet med stor sandsynlighed i havet. Det er derfor af

vital betydning at finde havvand fra den tidligste del af jordens historie. Umiddelbart lyder det som ren science fiktion, men der er faktisk fundet en bjergart i Isukasia (figur 9). der ved skæbnens gunst ikke er blevet deformeret nævneværdigt. Den har vist sig at indeholde ganske små dråber af saltholdigt vand. De foreløbige undersøgelser tyder på at dette vand er rester af 3760 millioner år gammelt havvand (figur 9). Det er en stor teknisk udfordring at analysere dette havvand, da det findes i ganske små hul-

rum i kvartskorn. Den nødvendige teknik er ikke helt klar endnu, men vil i nær fremtid måske kunne give os oplysninger om sammensætningen på det hav hvori livet opstod. Dermed vil vores undersøgelser måske kunne bidrage med en brik til det puslespil der kan fortælle os hvordan livet opstod på vores planet.



Figur 9. Pudebreccie. I denne bjergart ses mange små lyse og mørke korn, der består af kvarts. Indsættet viser et nærbillede af kvartsen med små indeslutninger af formodet havvand.



Spor efter lyn fundet nær kanten af Grønlands Indlandsis



Peter W. U. Appel

Lyn er et af de mest spektakulære atmosfæriske fænomener vi kender, og de har gennem tiderne været genstand for megen undren og overtro. Lyn blev betragtet som gudernes våben overfor jætter og genstridige mennesker, som fx Thors tordenkile. Før i tiden troede man fx også fuldt og fast på at ringning med kirkeklokker forhindrede lynet i at slå ned i kirketårnene. Mange af middelalderens kirkeklokker havde inskriptionen: *Vivos voco - Mortuos plango - Fulgura Frango* (De levende hidkalder jeg - De døde begræder jeg - Jeg sønderbryder lynene).

Når det blev tordenvejr blev klokkeren så sendt op i kirketårnet for at ringe

med klokkerne for at forhindre at lynet slog ned i tårnet. Det virkede desværre ikke altid. Ifølge overleveringer blev 103 klokkere dræbt af lynet over en periode af 33 år i Tyskland medens de ringede med klokkerne i tordenvejr.

Langsomt fik menneskene den idé at lyn var elektriske fænomener. Mest berømt er nok Benjamin Franklins eksperiment i 1772 hvor han sendte en drage op i tordenvejr og påviste at lynet fulgte snoren ned (figur 1). At han let kunne være blevet dræbt af lynet havde han ikke forestillet sig. Der var andre der gennemførte lignende eksperimenter i den tid, men ikke slap fra det med livet i behold.

Figur 2. Lynrør eller fulgurit fra Danmark.



Figur 1. Benjamin Franklins eksperiment i 1772.





Figur 3. Sceneriet med landskabet hvor lynet slog ned i 1996 eller i begyndelsen af 1997.



Figur 4. En af de hvide linier henover en blokmark. Min 11årige datter Astrid som skala.

Lyn er storslåede at se på, men varer kun et splitsekund og efterlader sig sjældent varige spor. Vi har alle set træer, der er flækkede eller brændt af et lynnedslag. Det hender også at huse, specielt stråtake, brænder ned til grunden efter et lynnedslag. Mere sjældent ser man lyn der slår ned i marker eller græsplæner og efterlader et hul i jorden med en masse stråler ud fra. Disse radierende stråler er som oftest stærkt forgrenede. I Vestjylland finder man af og til spor efter lynnedslag i de såkaldte lynrør eller fulguritter (figur 2). De opstår ved at lyn slår ned i sand og på vej ned sammensintres sandkornene og danner rør. Disse lynrør er nogle centimeter i diameter og kan blive mange meter lange. De er meget skrøbelige og brækker let. I bjergrige egne finder man "rock fulguritter", der består af glas dvs. lynopsmeltet bjergart, der er hurtigt afkølet og har dannet en glas. Rock fulguritter er temmelig sjældne.

Tordenvejr optræder med forskellig hyppighed på vores klode. Omkring byen Bogor i Indonesien er der gennemsnitlig tordenvejr en gang om dagen. På den anden side af jorden i Grønland er tordenvejr derimod en meget sjælden foreteelse. Ifølge Meteorologisk Institut er der gennemsnitlig tordenvejr i Nuuk hvert andet år, og i Kangerdlussuaq (tidligere Sdr. Strømfjord), der ligner det nedenfor beskrevne område, er der gennemsnitlig tordenvejr hvert femte år. Grønland er altså ikke det mest indlysende sted at lede efter spor fra lynnedslag. Ikke desto mindre er der i Isukasia området ca. 150 km nordøst for Nuuk på kanten af Indlandsisen fundet spor efter et endda meget kraftigt lynnedslag. Det blev fundet i sommeren 1997. (Om Isukasia se boks på side 11).

Isukasiaområdet er nederoderet af isen og består nu af forholdsvis lave bakker (figur 3). Indlandsisen ligger kun omkring en kilometer væk. Klimaet er højarktisk med lokal permafrost. Vegetationen er lav. Den er domineret af kantlyng, småblomster og dværgbirk. Birketræerne er sjældent over 10 centimeter høje, men er ofte mere end en meter lange. Fjeldet er delvist dækket af store blokmarker. Blokkene, der kan være over 1 meter store er pænt afrundede efter transport.

I 1997 blev en mystisk hvid linie opdaget

i Isukasia (figur 4). Ved nærmere eftersyn viste det sig at der var to hvide linier med en vinkel på 100° (figur 5). Den længste linie er 30 meter lang medens den anden er 14 meter lang. De to linier, der er omtrent lige, løber henover en blokmark. På de velafrundede blokke ses linien som en hvid stribe, der er ca. 3 centimeter bred (figur 6). På den hvide stribe er alle laver (liche-ner), der ellers dækkede stenene forsvundet. Imellem de store sten med hvide striber ses småsten hvor lichenerne også er fjernet samt et ca. 10 centimeter bredt spor hvor kantlyngen er væk (figur 7). De store blokke er transporteret af isen. Under transporten er de blevet slebet og poleret og har fået en jævn glat overflade. På den hvide stribe er stenene derimod ganske ru. De to linier mødes på en blotning af chert, og i denne blotning har der fundet en kraftig eksplosion sted. Eksplosionen har efterladt et ca. 1 meter dybt hul, delvist fyldt med skarpkantede blokke (figur 8). Enkelte blokke op til ca. 30 kg er blevet slynget op til 3 meter væk fra eksplosionsstedet. Der er ingen borehuller i blotningen. På selve blotningen ses også en hvid stribe ud fra eksplosionen hvor lichenerne er fjernet.

Det er svært at sige præcis hvor stor kraft der skal til for at foretage en sådan sprængning. Ved sammenligning med sprængninger udført med henblik på mineraleftersøgning kan det bedømmes at sprængningen svarer til ca. 300 gram dynamit der udvikler en energi på $1,5 \times 10^6$ Joule. Ved sprængning af 300 gram dynamit udvikles 270 liter luftarter.

Laboratorieundersøgelser

Der blev indsamlet to løse velafrundede gnejsblokke hver med en hvid stribe henover. Formålet med undersøgelserne var at finde ud af hvad der var skyld i at stenen i den hvide stribe var ganske ru i modsætning til stenen uden for den hvide stribe. Derfor savedes to små stykker ud af den ene gnejsblok, fra den glatte del af stenen og fra den hvide stribe. De to overfladeprøver blev bedampet med guld og undersøgt i GEUS' scanning elektron mikroskop (SEM).

På figur 9a ser man den oprindelige glacialt polerede overflade. Her er alle korngrænser og brud pænt afrundede under is-transporten.

På figur 9b fra den hvide stribe, ser man en ganske anden overfladestruktur. Den er domineret af helt friske brudflader med skarpe kanter. Det er disse skarpe kanter, der giver den ru overflade.

Hvad har forårsaget disse mærkværdige strukturer?

Der er flere mulige forklaringer:

- Meteornedslag eller nedslag af dele af en satellit.
- Menneskeskabt ved sprængning
- Lynnedslag

Den gyldige forklaring skal tilgodese følgende kendsgerninger:

- Der er ingen borehuller
- Sprængstedet er fyldt af skarpkantede blokke
- Blokkenes overflade er generelt glat, men ru på de hvide striber

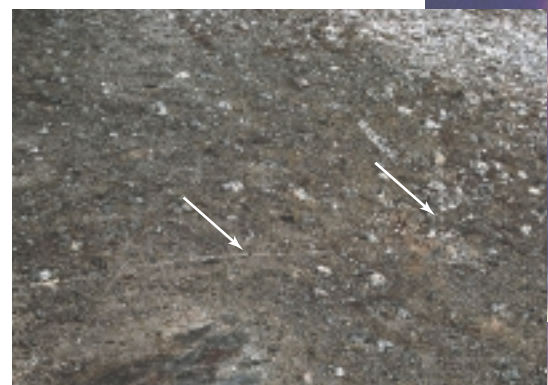
Hvis en meteor eller en del fra en satellit slår ned på en blotning, vil nedslaget resultere i en massiv knusning af overfladen. Der vil ikke ligge skarpkantede sten tilbage, men en meget nedknust bjergart bestående af afrundede småsten og pulver. De to hvide striber kan heller ikke forklares ud fra et nedfald af en meteorit eller en del af en satellit.

Hvis sprængningen som vist på (figur 8), skal være menneskeskabt må der i det mindste være et borehul hvori dynamitten har været lagt. Der er ikke fundet et eneste spor efter et borehul. Alternativt kan man forestille sig at nogen har sprængt en stor ladning dynamit oven på blotningen. En sådan sprængning kan udføres enten fordi nogen har for meget sprængstof eller som led i geofysiske undersøgelser. Hvis man sprænger en ladning ovenpå en blotning vil man kun få knust de øverste få centimeter af blotningen, og den del vil da blive grundigt pulveriseret. Det stemmer heller ikke med de skarpkantede blokke. Sluttelig er der ingen tændingsmekanismer til dynamit, der kan forklare de hvide striber.

Der er altså kun en mulighed tilbage, nemlig at fænomenerne er skabt ved et meget kraftigt lynnedslag.

Hvad skete der?

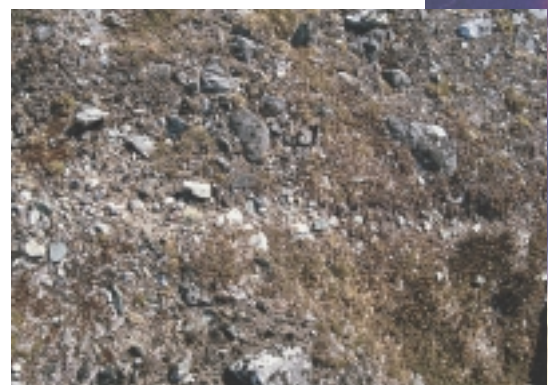
Et kraftigt lyn slog ned og delte sig i tre grene. Den ene gren fortsatte ned i en blotning



Figur 5. Det hele lidt fra oven. Her ses begge de to hvide linier. De mødes på en blotning af metacherts.



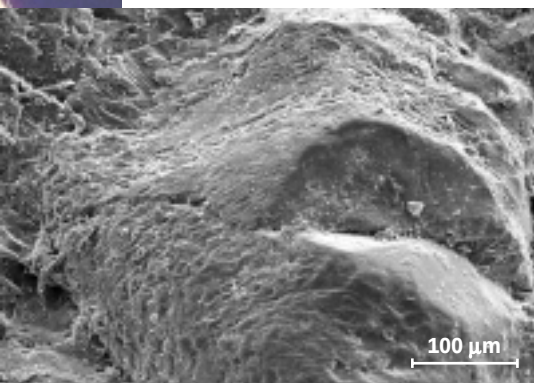
Figur 6. Velafrundet glacial-transporteret gnejsblok med en ca 10 cm bred hvid stribe hvor lichener er brændt væk.



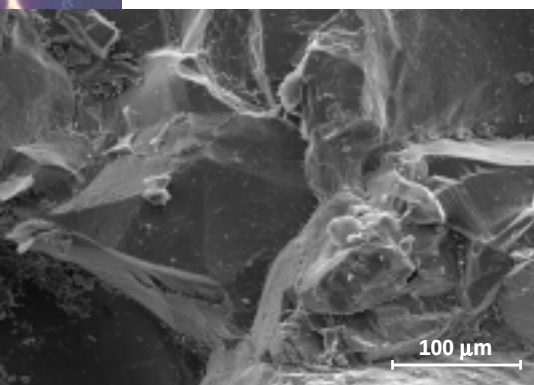
Figur 7. Her ses kantlyngen fjernet i et ca. 10 cm bredt spor.



Figur 8. Eksplosionsstedet hvor der ligger skarpkantede blokke tilbage.



Figur 9a. Scanning elektron mikroskop billede af den del af gnejsblokken der er velpoleret under transport af isen.



Figur 9b. Scanning elektron mikroskop billede af den del af gnejsblokken der ligger på den hvide stribe. Her ses den helt friske overflade med skarpkantede brud.

af cherts. De to andre grene løb ud over en blokmark. Blotningen af chert er temmelig opsprækket og i sprækkerne har der givetvis stået lidt vand eller is. Den gren af lynet der gik ned i blotningen har opvarmet dette vand og den opståede vanddamp har givetvis bidraget til at forøge sprængkraften af lynet.

Kan man overhovedet forstille sig at lyn har energi nok til at foretage en sprængning i fast fjeld?

Strømstyrkerne i lyn er op til 40 kA med topværdier på 250 kA. Med så store strømstyrker bliver der afsat umådelige mængder energi, der hvor lynet slår ned. Temperaturerne på lyn er op til 30.000°K (273°K = 0°Celsius). Nu er det jo ikke sikkert at netop dette lyn havde rekord temperatur, så lad os antage at den del af lynet, der gik ned i sprækkerne i blotningen, havde en temperatur på 4000°K. Vi antager endvidere at der står ca. 0,1 liter vand eller is i revner og sprækker i fjeldet, det svarer til en halv kop vand. Dette er nok meget realistisk. Når lynet slår ned opvarmes vandet først til vanddamp, der derefter dissocieres til OH⁻ og H⁺ ved 4000°K. Herved udvider de 0,1 liter vand sig til knap 4000 liter gas! Dette er 15 gange så meget som de 270 liter gas som eksplosion af 300 gram dynamit ville

give. Det er altså absolut realistisk at et lyn kan forårsage en sådan sprængning.

De to grene der løb hen over blokmarken brændte alle laver af blokke og småsten samt brændte et 10 cm bredt spor gennem en bevoksning af kantlyng. Da lynet løb hen over de afrundede gnejsblokke opvarmede det de øverste par millimeter af stenen, hvorimod resten af stenen forblev kold. På grund af varmeudvidelsen skallede de yderste millimeter derefter af stenen og efterlod en helt frisk overflade. Det samme fænomen ser man ved lejrbrål, hvor man stiller sten rundt om bålet. Den side, der vender mod bålet bliver meget varm og skaller ofte af i flager.

Hvornår skete det?

Med mindre man ser lynet slå ned, er det meget svært at datere et lynnedslag. I Isukasia er vi imidlertid heldige. Sporet efter lynet blev fundet i 1997. Vegetationsanalyser i Grønland har vist at lyng vokser ret hurtigt og det skønnes at det 10 centimeter brede spor gennem kantlyngen (figur 7). vil regenereres på 5 til 6 år (Erik Sten Hansen personlig meddelelse). Det vil sige at lynet med stor sandsynlighed slog ned i slutningen af 1996 eller begyndelsen af 1997.



Isukasia

Isukasia er geologisk verdensberømt fordi man der finder de ældste sten på jorden. Det drejer sig om Isua grønstenbæltet, der består af ~3800 millioner år gamle bjergarter aflejret på jordens overflade. Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd, Kommissionen for Videnskabelige Undersøgelser i Grønland, Råstofdirektoratet og GEUS har finansieret et stort forskningsprojekt: The Isua Multidisciplinary Research Project (IMRP). Dette forskningsprojekt, der startede i 1997 og slutter i foråret 2002, har til formål at undersøge jordens ældste bjergarter i området omkring Isukasia. Disse bjergarter består hovedsagelig af endeløse lavastrømme med pudestrukturer, hvilket viser at lavaen flød ud under vand.

Derudover består bjergarterne af kemisk udfældede sedimenter som jernmalm og chert. Chert er en meget kvartsrig bjergart udfældet på bunden af havet. Der findes også andre sedimenter såsom konglomerater, der består af rullesten i sand og ler. Isua bjergarterne rummer en lang række informationer om den tidligste jords stabile overflade. Man har bl.a. i disse bjergarter bevist at der allerede på dette tidlige tidspunkt af jordens historie fandtes et ocean. Bjergarterne er siden deres dannelse blevet metamorfoserede gentagne gange og deformerede flere gange. Isua grønstenbæltet ligger i gnejser med radiometriske aldre fra 3650 til 3800 millioner år.

Publikation fra GEUS

Bogen "Danske Landskaber" rummer en beskrivelse af de mest almindeligt forekommende landskabsformer i Danmark.

Landskabelementerne er vist med fotografier, og i en kortfattet tekst er landskabet sat i relation til de processer der har virket under landskabsdannelsen. Desuden er der kort der viser hvor i landet landskabelementet kan træffes, og hvor fotografiet er taget.

Sidst i bogen findes en liste med alternative steder hvor landskaberne kan ses, samt tre kortbilag med henholdsvis "Danmarks Jordarter", "Prækvartæroverfladens højdeforhold" og et kort der viser bjergarterne i undergrunden.

Bogen kan bestilles hos Geografforlaget Aps.
Pris 100 kr. (plus moms og forsendelse).



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) er en forsknings- og rådgivningsinstitution i Miljøministeriet. Institutionens hovedformål er at udføre videnskabelige og praktiske undersøgelser på naturressourcer- og miljøområdet samt at foretage geologisk kortlægning af Danmark og Grønland.

GEUS udfører tillige rekvirerede opgaver på forretningsmæssige vilkår. Interesserede kan bestille et gratis abonnement på **GEOLOGI - NYT FRA GEUS**. Bladet udkommer 4 gange om året. Henvendelser bedes rettet til: Knud Binzer.

GEUS giver i øvrigt gerne yderligere oplysninger om de behandlede emner eller andre emner af geologisk karakter.

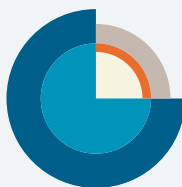
Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.

GEOLOGI - NYT FRA GEUS

Er redigeret af geolog Knud Binzer (ansvarshavende) i samarbejde med en redaktionsgruppe på institutionen.

Skriv, ring eller mail:

GEUS
Danmarks og Grønlands
Geologiske Undersøgelse
Thoravej 8, 2400 København NV.
Tlf.: 38 14 20 00
Fax.: 38 14 20 50
E-post: geus@geus.dk
Internetside: www.geus.dk



GEUS

GEUS publikationer:

Hos Geografforlaget kan alle GEUS' udgivelser købes.
Henvendelse kan ske enten på tlf.: 63 44 16 83 eller telefax: 63 44 16 97
E-post: go@geografforlaget.dk
Hjemmeside: www.geografforlaget.dk



Adressen er:
GEOGRAFFORLAGET, 5464 Brenderup

ISSN 1396-2353

Produktion: Annabeth Andersen, GEUS.

Tryk: From & Co.

Forsidebillede: Morten Bartholdy.
Lynbillede: Troels Sørensen, DTU.

Illustrationer: Annabeth Andersen og Carsten Thuesen.