

VARV

NR. 4

BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER

1998



NYT FRA GRØNLANDSGEOLOGERNE
STROMATOLITTER, MIKROFOSSILER, KIMBERLITTER, ,
PUDELAVAER, MINERALISERINGER OG
OVERSKYDNINGSTEKTONIK.

Forsidebillede: Cykliske stromatolitter fra Scoresby Land, Nordøstgrønland.
Foto: Kasper Stefan Frederiksen

Forfattere til artikler i dette nummer kan kontaktes på følgende adresse:
Kasper Stefan Frederiksen, Karsten Kragh, A.K. Higgins, Agnete Steenfelt, Mette Solvang, Bjørn Thomassen, Mikael Pedersen og Stefan Piasecki. GEUS, Thoravej 8, 2450 Kbh. NV.

VARV

VARV er udgivet med støtte fra Kulturministeriets bevilling til almenkulturelle tidsskrifter.

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Institut, Øster Voldgade 10, 1350 København K. Telefon: 35 32 24 00, Geologisk Institut

Redaktion: Asger Berthelsen, Bjørn Buchardt, Henrik Fougat, Bjørn Hageskov, Mikkel Hede, Mikael Pedersen og Svend Pedersen (ansvarshavende).

Bestyrelse: Asger Berthelsen, Valdemar Poulsen, Bjørn Hageskov og Svend Pedersen.

Tekstredaktør: Svend Pedersen

Lay-out og grafik: Bjørn Hageskov

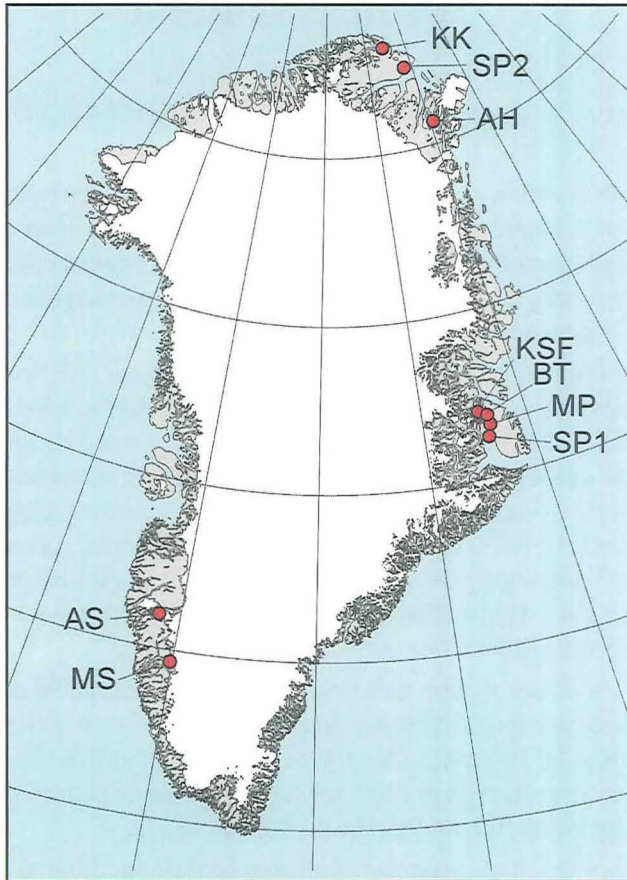
Repro og tryk: Levison+Johnsen+Johnsen a/s, København

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 120 kr i abonnement for 1999. Abonnement kan tegnes ved at indsende beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80, eller 140 SEK til VARV's svenske postgirokonto: 4388-5, eller 140 NOK til VARV's norske postgiro: 0806 1923234.

Adresseændringer bedes meddelt VARV!

© 1998 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kan kun ske efter aftale.

Emner fra Grønland



VARV har bedt en række Grønlandsgeologer på basis af gode billeder give en introduktion til emner og problemkredse, der er aktuelle i forbindelse med de geologiske undersøgelser i Grønland. I dette nummer bringer vi 8 bidrag, som vi håber at kunne følge op fremover.

På ovenstående kort er vist, hvor de omhandlede områder/lokalteter er beliggende (bogstaverne er forfatterinitialer).

Kortets topografiske grundlag er: G/2.5 M Vector, copyright KMS/GEUS 1997.

Øvre proterozoiske stromatolitter i Nordøstgrønland

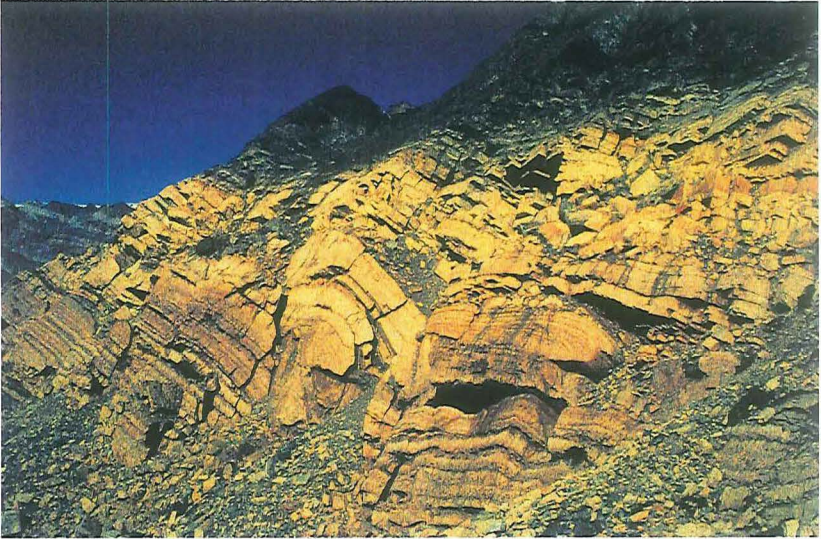
Kasper Stefan Frederiksen

Det er præcis 90 år siden, at russeren Kalkowsky definerede begrebet 'stromatolit'. I mere moderne litteratur definerede amerikanerne Awramik og Margulis begrebet som: 'organosedimentære strukturer dannet ved sedimentindfangning, binding og/eller udfældning som resultat af vækst af mikroorganismer'.

Stromatolitter kan dannes i de fleste vandige miljøer, såfremt følgende krav er opfyldt: (1) Miljøet opfylder vækstbetingelserne for stromatolitdannende mikroorganismer, (2) væksthastigheden for de stromatolitdannende mikroorganismer overgår den hastighed, hvormed de bliver konsumeret af andre organismer, (3) sedimentationshastigheden er tilstrækkelig høj til at danne strukturer, der kan bevares, så stromatolitterne kan vokse hurtigere end fysisk, kemisk eller biologisk erosion kan ødelægge dem. De mest almindelige miljøer for stromatolitvækst er i tidevandsmiljøer, hvor der sker karbonatudfældning.

Stromatolitter, der er geologisk bevaret, studeres bedst ud fra deres form, interne opbygning og strukturer, størrelse samt relation til andre sedimentære bjergarter. Stromatolitter fra Nordøstgrønland (lokalitet KSF på kortet side 131) har vokset med stor succes og dannet store pudeformede banker, der er op til 2 meter høje og 3 meter brede.

De ses som tydelige strukturer i kalksten og dolomit, hvor deres oprindelige mineraler aragonit og calcit ofte er erstattet af mineralet dolomit (gul farve). På billedet (figur 1) ses brune lag, der består af siltsten og sandsten. Disse lag er dannet i perioder, hvor mikroorganismer af en eller anden grund ikke har været i stand til at danne stromatolitter. Stromatolitbjergarterne fra Nordøstgrønland udgøres af horisonter, som hver er karakteriseret af forskellige stromatolitformer. Horisonterne gentages regelmæssigt (cyklisk). I horisonten omkring den yderste del af hammerskaftet på figur 2 ses søjleformede stromatolitter, som opefter



Figur 1. Stromatolitter fra Scoresby Land, Nordøstgrønland. Stromatolitterne danner pudeformede banker, der er op til 2 meter høje og 3 meter brede.



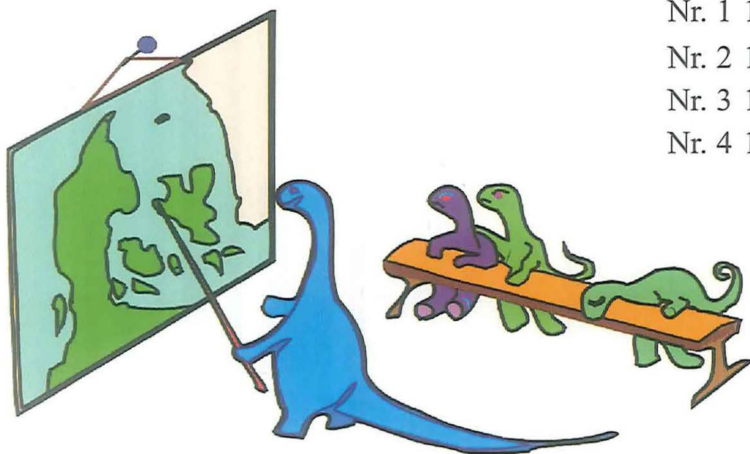
Figur 2. Cykliske stromatolitter fra Scoresby Land, Nordøstgrønland.

afløses af togrenede søjleformede og pæreformede, som igen opefter bliver afløst af horisontale, bølgelagdelte stromatolitiske bånd. Den beskrevne cyklus optræder ca. 20 gange. Den ændrede morfologi i stromatolitterne kan forklares ved en ændret havdybde under stromatolitternes vækst. Stromatolitterne er sandsynligvis dannet ved vækst under lagune-lignende forhold. Ved relativt stor havdybde (lavenergi miljø) var der gode vækstbetingelser for søjleformede stromatolitter, mens stromatolitterne ved relativt lavere havdybder (højere energi miljø) måtte vokse vandret i stedet for lodret.

Stromatolitterne fra Nordøstgrønland stammer fra yngste del af Proterozoikum (650-610 millioner år). På dette tidspunkt fik stromatolitterne en opblomstring over hele Jorden, både hvad angår antal og artsrigdom. I Kambrium ophørte denne opblomstring, formentlig på grund af udviklingen af flercellede organismer. Det er vanskeligt at tolke stromatolitter fra Øvre Proterozoikum, idet vi kun har få eksempler på nutidige stromatolitter. Disse stammer bl.a. fra Shark Bay på vestkysten af Australien.

VARV's udgivelsesdatoer i 1999

- Nr. 1 1. maj
- Nr. 2 1. august
- Nr. 3 1. oktober
- Nr. 4 1. december



Tidlige sulfidmineraller fra Citronen Fjord forekomsten, Peary Land, Nordgrønland

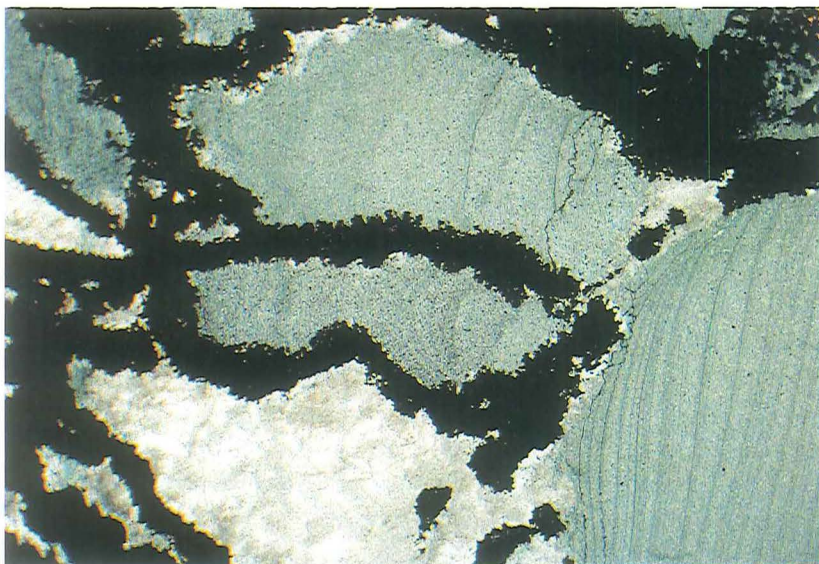
Karsten Kragh

Citronen Fjord forekomsten er en zink-bly forekomst, der blev fundet af efterforskningselskabet Platinova A/S i 1993. Forekomsten består af sulfidmineraller (bl.a. svovlkis (pyrit), blyglans (galena) og zinkblende (sphalerit)), og den totale mængde er anslået til over 350 millioner tons. Indtil videre er der fundet 20 millioner tons med et zinkindhold på over 7 procent, hvoraf de 7 millioner tons indeholder 9 procent zink og 1 procent bly. (Forekomsten er beliggende ved KK på kortet side 131).

Sulfidminerallerne er dannet på havbunden i perioden Øvre Ordovicium for ca. 450 millioner år siden. Mod syd lå der et stort område, hvor der blev aflejret karbonatmineraller (en karbonatplatform). Havet nord for dette område var iltfattigt (anoxisk). Metallerne blev tilført af varmt hydrotermalt vand (se VARV 1998,1 og 3), der strømmede ud på havbunden. Når det varme vand blandes op med det relativt kolde iltfattige svovlholdige havvand, udfældes metallerne som sulfidmineraller. Udfældningen er dels sket i havvandet, men en del af sulfidminerallerne blev også udfældet i de vandholdige sedimenter på havbunden.

Omkring de undersøiske kildevæld var udfældningen så stor, at der ligefrem blev dannet små høje. Højenes strukturer er komplekse, da de består af sulfid- og karbonatmineraller, der blev udfældet i havvandet og afsat på havbunden samtidigt med den almindelige sedimentation. Sedimenterne er senere eller næsten samtidigt gennemsvivet af det varme hydrotermale vand. Vandet opløste delvist de oprindelige sedimenter og nye mineraller blev udfældet, hvilket tilsammen ændrede sedimenternes udseende radikalt.

Det øverste billede på næste side viser en 0,3 millimeter tynd skive (et tyndslib) fra en af højene af sulfidmineraller, som er fotograferet i gen-



Figurforklaring: se tekst



Figurforklaring: se tekst

nemfaldende lys. Skiven er 16 millimeter bred og består af sulfidminerale (de sorte bånd) og karbonatminerale.

I de finkornede karbonatminerale (gråligt grumsede områder) ses en fin lagdeling af sedimentær oprindelse. Til højre for det sorte bånd i midten af billedet kan der anes en tynd stribe, der skærer lagdelingen. Denne streg består af opløsningsrester, der er dannet i forbindelse med opløsningen af sedimentet (en opløsningssøm). Det lyse område i venstre side af billedet er rekrystalliserede grovkornede karbonatminerale, der oprindeligt var finkornede. De sorte bånd af sulfidminerale er tolket til at være dannet langs sprækker i det delvist konsoliderede havbundsmudder.

Det nederste billede viser den centrale del af tyndslibet, der er fotograferet med reflekteret lys. Derved bliver det muligt at undersøge sulfidminerale. De gule områder i billedet er svovlkis og svarer til de områder, der var sorte på det øverste billede. På billedet ses det, at finkornet svovlkis sidder jævnt fordelt i de finkornede karbonatminerale. Hvor karbonatminerale er rekrystalliserede (nedre venstre hjørne), er svovlkisen opløst. I den øvre del af billedet ses de sorte streger, som er opløsningssømmene, der svagt kunne anes på det øverste billede. I de centrale dele af båndene af svovlkis ses tynde 'tråde' bestående af små kugler. Disse består af en kerne af svovlkis omgivet af en radierende vækst af karbonatminerale, der afsluttes med en tynd skal af svovlkis. Kuglerne er tolket til at være blandt de først udfældede sulfider og karbonater langs de tynde sprækker i mudderet. Bakterier har måske været involveret i dannelsen af kuglerne. Senere er væksten fortsat og svovlkisen er vokset ind i karbonatminerale, så båndene gradvist er blevet tykkere.

Mikrostrukturer i bjergarter kan således gemme på spændende oplysninger om dannelseshistorien af vores ressourcer og omgivende miljø.

En fjeldvæg i Kronprins Christian Land, Nordøstgrønland

A.K Higgins

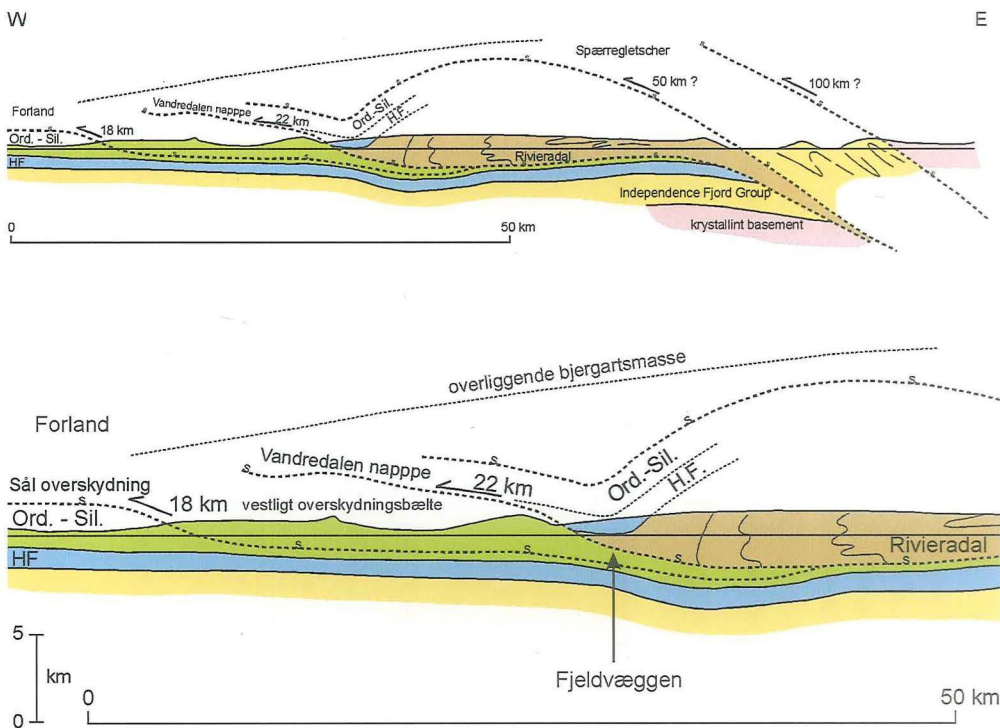
I Kronprins Christian Land er den nordligste del af De østgrønlandske Kaledonider blottet. Foldekæden, der er 1.000 kilometer lang og op til 200 kilometer bred, er et spejlbillede af Kaledoniderne i Skandinavien. I Norge og Sverige har de dominerende overskydningsbevægelser været mod øst ind over det Baltiske Skjold - i Østgrønland er overskydningerne sket mod vest indover det grønlandske grundfjeldsskjold. De to oprindeligt sammenhængende kaledoniske foldebælter blev dannet i Silurtiden som følge af kollisionen mellem superkontinenterne Laurentia og Baltica. Deres nuværende placering fik de i forbindelse med havbundsdannelsen i Tertiær, da Nordatlanten åbnedes.



Figur 1. Fjeldvæggen i Kronprins Christian Land. De mørke sandsten og konglomerater øverst i væggen ligger over overskydningen og tilhører Vandredalen nappen. Bemærk den skarpe overskydningskontakt til de underliggende lysere ordoviciske kalksten.

Fjeldvæggen (figur 1) i det centrale Kronprins Christian Land (lokalitet AH på kortet side 131) er ca. 1.000 m høj. Den er placeret, hvor det vestlige overskydningsbælte støder op til den første store nappe i den østgrønlandske kaledoniske foldekæde (figur 2). De mørke bjergarter øverst i væggen er sandsten og konglomerater tilhørende Vandredalen nappen. Overskydningsplanet danner den skarpe kontakt til de underliggende lysere ordoviciske kalksten .

De proterozoiske sedimentære bjergarter, som optræder i Vandredalen nappen, kendes kun fra dette overskydningsdække - de optræder ikke i lagfølgerne i forlandet mod vest, men går gradvist over i karakteristiske senproterozoiske bjergarter, som kan korreleres med tilsvarende enheder i forlandet. De proterozoiske sedimenter menes aflejret i et riftbassin af begrænset, men dog betydelig udstrækning. Bassinet må have været 200 kilometer langt og mindst 50 kilometer bredt, og her aflejredes en op til 7 kilometer tyk lagserie. Ved sammenligning af enheder blottet over og



Figur 2. Profil gennem De østgrønlandske Kaledonider med relation til fjeldvæggen. Det nederst profil er et udsnit af det øverste.

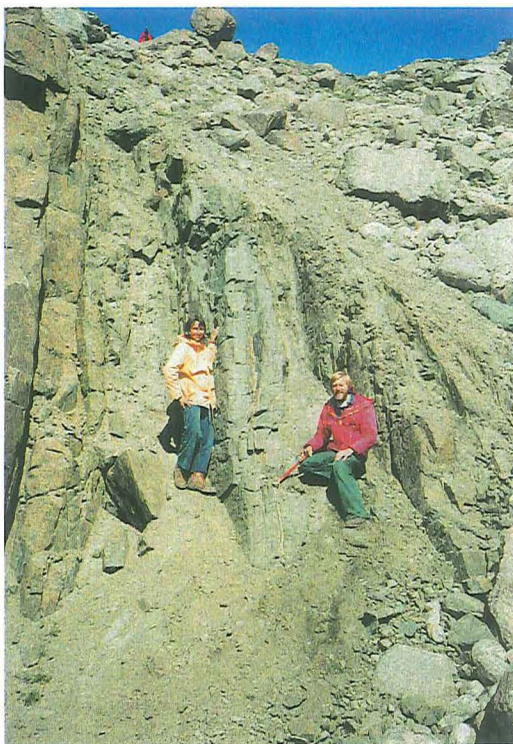
under Vandredalen nappens overskydningsplan kan det beregnes, at de mørke sandsten og konglomerater er forsat 30-50 kilometer i forhold til deres oprindelige position i riftbassinet..

De ordoviciske kalksten (de lyse bjergarter på billederne) er meget fossilrige. Bjergarterne er en del af den nedre palæozoiske serie af sedimenter, som strakte sig fra Kronprins Christian Land og 1.000 km mod vest over den nordlige del af Grønland og videre mod vest til de arktiske øer i Canada. Kalkstenenes stratigrafi er veldefineret på grundlag af analyser af mikrofossiler (conodonte). Conodonteerne er nyttige ikke kun som meget nøjagtige aldersindikatorer, men også på grund af den egenskab, at deres farve afhænger af det tryk og den temperatur, de har været udsat for (VARV 1994,3). Farvemæssigt varierer de fra lysegul (ved lave temperaturer) til sort (ved høje temperaturer og høje tryk). Farven på conodonteerne fra de laveste dele af fjeldvæggen indikerer, at de i forbindelse med dannelsen af den kaledoniske foldekæde har været overlejret af en 5-7 kilometer tyk lagserie. Kun en del af denne lagserie kan tilskrives Vandredalen nappen, idet blot den vestligste tynde del af nappen optræder i området. Der har derfor eksisteret yderligere én eller flere, nu borteroderede, napper over Vandredalen nappen.



Figur 3. Samme geologiske opbygning i en nærliggende fjeldvæg.

Kimberlitter i Grønland



Agnete Steenfelt

Kimberlitgange i gnejs tæt ved Sarfartôq, 60 kilometer sydvest for Kangerlussuaq lufthavn (Søndre Strømfjord) i Vestgrønland. Foto fra juli måned 1979.

På ovenstående billede ser man to geologer fra Grønlands Geologiske Undersøgelse, der står foran nogle tynde, mørkegrå, næsten lodrette gange af bjergarten kimberlit, som er trængt ind i en lys grå til brunlig, opsprækket gnejs. Billedet viser, at disse kimberlitgange faktisk er svære at finde, da de forvitrer let og derfor ofte gemmer sig i sprækker. Den ene geolog havde den sommer til opgave at finde og kortlægge kimberlitgange rundt om et såkaldt karbonatitkompleks i Sarfartôq. Både karbonatitkomplekset og kimberlitgangene var næsten lige blevet opdaget i et område, hvor der nogle få år tidligere havde været geologisk rekognoscering, uden at de var blevet observeret. Dette betyder ikke, at de andre geologer ikke havde set sig nok for, men viser derimod, at

Grønland er så stort i forhold til det antal geologer, der færdes der, at vi ikke skal tro, vi har set alt. Det er faktisk også baggrunden for, at mange efterforsknings­selskaber nu i de seneste år ivrigt har ledt efter – og også fundet – nye forekomster af kimberlit i deres jagt på diamanter. Det er dog ikke små tynde gange, man leder efter, men områder hvor kimberlit-magma nær ved overfladen har dannet store kraterrør.

At man kan finde diamanter i kimberlitter er ikke noget nyt – det vidste vi også den gang i 1979. Man kan da med god ret spørge, hvorfor det har taget så lang tid, inden selskaberne for alvor gik i gang i Grønland. Der er to væsentlige årsager til, at diamantjagten har fået et opsving netop nu. Der blev i 1991 fundet diamantførende kimberlitter i Canada i et gammelt grundfjeldsområde, der minder meget om det, der findes i Vestgrønland. Der er endvidere kommet to nye værktøjer til eftersøgningen af kimberlitkomplekser der, fordi de forvitrer let, oftest vil være dækket af jord, eller måske søer. Det ene er geofysiske målinger af magnetisme og elektromagnetisme udført fra fly. Sådanne målinger kan afsløre kimberlitforekomster under løse aflejringer. Det andet er anvendelse af kimberlit-indikatorminerale. Sidstnævnte teknik bygger på, at kimberlitter indeholder mange mineraler dannet ved højt tryk ligesom diamanterne, og ved forvitring af kimberlitterne spredes mineralerne i den omgivende jord eller kommer ud i bæksystemerne. Ved at identificere og tælle disse mineraler i systematisk indsamlede prøver af jord og materiale fra bække (bæksedimenter) kan man lokalisere skjulte kimberlitter. Diamantjagten på Grønland har foreløbig resulteret i fundet af nogle mikroskopiske diamanter og én 'større' diamant på 0,28 millimeter i diameter. Der er også for nyligt fundet en lille såkaldt 'pipe', et kraterrør, som det første i Grønland.

Ordforklaring

Karbonatit: Magmatisk bjergart der består af karbonatminerale, overvejende forbindelser af calcium-, magnesium- og jernkarbonat.

Kimberlit: Magmatisk bjergart rig på olivin og mørk glimmer (phlogopit). Kimberlitmagmaet er dannet ved højt tryk og indeholder en del gasser, som gør magmaet eksplosivt ved lavt tryk, så der dannes store eksplosionskratere ved jordoverfladen.

Pudelava i nogle af verdens ældste bjergarter, Isua, det centrale Vestgrønland

Mette Solvang

I Isua området (lokalitet MS på kortet side 31) findes et bælte af bjergarter, der udgør et af de ældste fragmenter af arkæisk jordskorpe. Aldersbestemmelser viser, at bæltet er ældre end 3,7 milliarder år, hvilket gør bjergarterne til nogle af verdens ældste. Bjergarterne omfatter fortrinsvis forskellige typer af vulkansk og sedimentært materiale samt indslag af båndet jernmalm, hvori der ses tegn på flere perioder med deformation. Bjergarterne er både folierede og linierede samt metamorft omdannede under amfibolitfaciesbetingelser. Store dele af bæltet er metamorfoseret i en sådan grad, at ethvert spor af de oprindelige bjergarter er udsløttet. Selvom man ikke skulle tro det muligt, er der alligevel i visse områder fundet velbevarede både vulkanske og sedimentære strukturer. Blandt de bevarede strukturer findes forskellige typer af pudelava og konglomerater.

På billedet, næste side, ses en af de velbevarede pudelavatyper. Den enkelte pude består af en mørk 1-2 cm bred rand samt en grå indre del. I den indre del af puden ses mere eller mindre koncentriske lyse ringe, samt et eller flere 2-5 centimeter aflange hulrum. De mørke rande består af finkornet hornblende, mens de indre dele af puderne består af hornblende og plagioklas. De lyse koncentriske ringe består af finkornet plagioklas.

De ca. 3,7 milliarder år gamle pudestrukturer, der er fundet på Isua, ligner til forveksling de pudelavaer, der dannes i dag. Strukturernes kendes fra områder, hvor lava flyder ud under vand, f.eks. på oceanbunden. Når lavaen strømmer ud, dannes der puder af lava. Overfladen afkøles ekstremt hurtigt, og en rand af glas dannes omkring puderne. De ydre mørke rande omkring puderne fra Isua har oprindeligt været vulkansk glas, der er dannet ved en sådan hurtig afkøling af lavaen. Under senere metamorfose er glasset omdannet til hornblende. De mange bevarede hulrum i puderne kan oprindeligt have været gasblærer, hvilket tyder på, at lavaen var gasholdig, da den flød ud.

Da de arkæiske og de moderne pudelavastrukturer ligner hinanden så meget, er det naturligt at forestille sig, at også de arkæiske pudelavaer blev dannet under vand. Strukturerne er derfor en indikation på, at der var vand tilstede allerede i arkæisk tid. Det er fascinerende, at disse pudelavastrukturer overhovedet er bevaret i så gamle bjergarter, men også at de kan være med til at fortælle om betingelser på Jorden på dette tidlige tidspunkt.

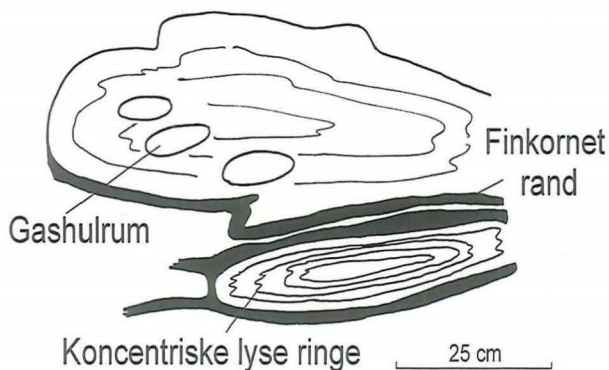
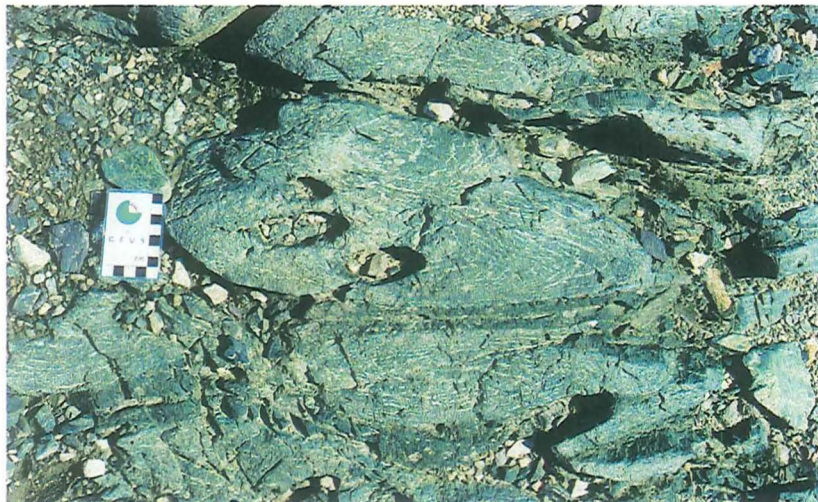


Foto og skitse af pudelava fra Isua, se tekst.

Geologer logger- minebyen brænder

Bjørn Thomassen

Bly-zink forekomsten Blyklippen ved Mestersvig i det centrale Østgrønland blev brudt i perioden 1956-62. Brydningen foregik året rundt, og de ca. 200 minearbejdere var indkvarteret i en mineby af et-plans træhuse. Efter minens lukning henlå minebyen som en 'ghost town' indtil 1983, hvor den efter krav fra myndighederne (Råstofforvaltningen for Grønland) blev brændt af.

I 1983 foretog forfatteren og to kolleger en fornyet undersøgelse (relogning) af 10 kilometer borekerner, der var placeret i minebyen. Kernerne stammer fra porfyr-molybdæn forekomsten Malmbjerget, der ligger 35



Geolog opslugt af sit logningsarbejde, der må siges at foregå i røg og damp.

kilometer sydvest for Blyklippen (lokalitet BT på kortet side 131), og som blev opboret i perioden 1958-62. Arbejdet var led i et EF-støttet forskningsprogram om molybdæn-forekomster. Mens vi udførte dette arbejde, blev byen brændt ned om ørerne på os. Huset med borekernerne blev dog skånet for eftertiden.

Logning af borekerner.

Borekerner opbevares normalt i kernekasser af ca. 1,5 meters længde med 6 baner i hver kasse, svarende til 9 meter kerne. Ved logningen foretager geologen en beskrivelse af borekernerne, eventuelt med brug af hjælpemidler såsom lup, magnet, ridsepen, syre, magnetometer, geigertæller etc.

Først lægges kasserne op i nummerorden, således at geologen får et overblik over den samlede kerne. Derefter inddeles kernen i intervaller, der hver svarer til en geologisk set homogen del af kernen. Herefter beskrives de enkelte intervaller, idet følgende parametre bestemmes: Længde, bjergart, farve, kornstørrelse, struktur, mineraler, omdannelser m.m. Mineraliserede intervaller tildeles prøvenummer og markeres til deling. Disse intervaller flækkes derefter på langs ved hjælp af enten sav eller en mekanisk kernesplitter, hvorefter den ene halvdel lægges tilbage i kassen, mens den anden halvdel sendes til analyse.

De geologiske parametre fra logningen og analyseresultaterne fra hvert enkelt borehul tegnes derefter ind på et profil over borerne - om muligt suppleret med data fra kartering af overfladeblotninger og minegange. Geologi og mineraliseringer mellem de enkelte borehuller sammenlignes derefter, således at man kan fremstille ét eller flere profiler gennem mineralforekomsten. På basis af sådanne profiler kan man modellere formen af de geologiske enheder, foretage tonnageberegninger, samt vurdere placeringen af evt. supplerende borer.

Zeboramalm fra Østgrønland

Mikael Pedersen

De sedimentære bjergarter i Jameson Land i det centrale Østgrønland indeholder mange forekomster af bly, zink, kobber og barium. Sidstnævnte indgår i mineralet baryt, også kendt som tungspat.

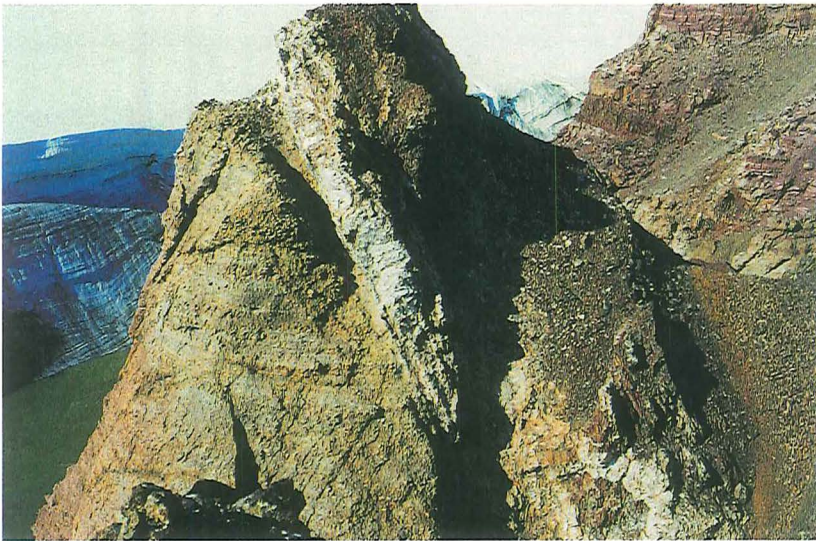
Figur 1 viser en bjergart, der består af mineralerne baryt (hvid) og dolomit (brun). Bjergarten findes i et geologisk lag, der blot et par hundrede meter længere væk består af gips og calcit. Den overordentligt iøjnefaldende bjergart går under betegnelsen zeboramalm på grund af den flotte zebrastribning.

Da baryt er et sulfatmineral (BaSO_4) ses det ofte i forbindelse med gipsrige horisonter, idet vandigt transportererede barium-ioner let går i forbindelse med de sulfat-ioner, der bliver frigivet ved opløsning af gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).



Figur 1. Bjergart der består af baryt (hvid) og dolomit (brun).

Zegramalmen i Østgrønland findes i tilknytning til forkastninger i et område omkring en række syenitintrusioner af Tertiær alder. Strømninger af varme, bariumholdige opløsninger tænkes at være genereret af den magmatiske aktivitet. Opløsningerne har først og fremmest bevæget sig langs forkastninger, hvilket kan ses af, at der til tider forekommer massive barytlegemer i disse (figur 2). Der, hvor forkastningerne skærer igennem gipsholdige kalklag, er de bariumholdige opløsninger trængt ud i disse lag, har opløst gips og kalk og har i samme proces udfældet dolomit og baryt. Opløsningen af kalk fremmes, hvis vandet er surt, hvilket det ofte er i områder med magmatisk aktivitet.



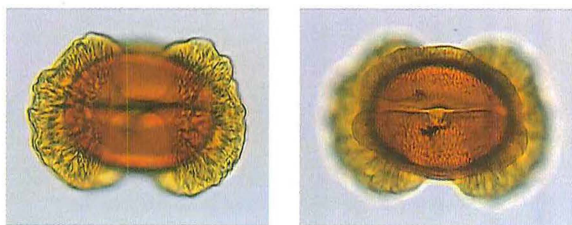
Figur 2. Massivt barytlegeme afsat i forkastning.

De skjulte fossiler

Stefan Piasecki

Mikroskopiske organismer udgør langt det største antal kendte (og ikke mindst ukendte) arter i verden i dag, og det samme forhold gør sig gældende for fossilers vedkommende. Mikroskopiske fossiler er ikke almindeligt kendte, fordi de færreste mennesker har mikroskop og laboratorieforhold til præparation og studier af fossiler, hvis størrelse er mindre end 1/10 millimeter. Samlere har desuden ikke den samme glæde ved at indsamle en pose 'jord' til præparation i laboratoriet, som de har ved at finde en ammonit eller en hajtand i felten. Når den professionelle arbejder ved mikroskopet starter, er oplevelsen imidlertid den samme.

De to viste organiske mikrofossiler er dels et pollen fra en landplante og dels en cyste fra en encellet alge (plankton) fra havet. Geologisk set afspejler de to mikrofossiler helt forskellige klimaer og aflejningsmiljøer fra henholdsvis Øst- og Nordgrønland (se lokaliteterne SF1 og SF2 på kortet side 131).



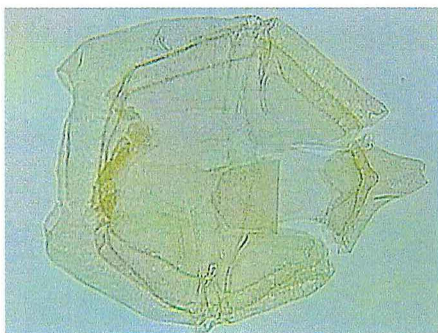
Lueckisporites virkkiae pollen

Lueckisporites virkkiae er et pollen, som de tidligste nåletræer ved vindens hjælp spredte ud over de tørre østgrønlandske landområder i Øvre Perm for mere end 250 millioner år siden. Umiddelbart ligner det centrale ovale legeme med to oppustede luftsække et almindeligt fyrepollen fra i dag, og det er rimeligt at antage, at gullig-grønne plamager og skum af

disse pollen periodevis har dækket hav- og søoverflader i Perm. Sådan sker det i dag, når svenske og danske fyrretræer på varme og tørre dage i forsommeren sender ubeskrivelige mængder af pollen ud i luften over Danmark.

Nåletræet, som producerede *L. virkkiae*, voksede i et varmt og tørt klima. Det kan vi antage, fordi *L. virkkiae* hovedsagelig findes sammen med Permtidens omfattende salt- eller gipsaflejringer, der er dannet ved ind-dampning af havvand. Tilsvarende aflejringer kendes også fra Danmarks undergrund .

L. virkkiae afviger fra moderne nåletræers pollen blandt andet derved, at det har en kraftig fortykkelse af væggen på centrallegemet på siden modsat luftsækkene. Vægfortykkelsen er splittet på langs i to halvdele, og nede i furen findes den svaghedslinie, hvorigennem pollenet spirede. *L. virkkiae* er ét af de utallige pollen fra Perm, som havde to, fire, seks eller endnu flere fortykkede linier. Liniernes funktionen er ukendt, men den karakteristiske dekoration af disse pollen gør det nemt at genkende aflejringer fra Perm.



Sirmiodinium grossii fra Nordgrønland

Sirmiodinium grossii er en ca. 0,08 millimeter lang dinoflagellat cyste fra Øvre Jura sedimenter på Peary Land. Den er 155 millioner år gammel. Dinoflagellater er encellede alger med flageller. De har været til stede i havet på Jorden i mindst 400 millioner år, sandsynligvis i meget længere tid, og deres efterkommere svømmer stadig rundt langs vore kyster.

Dinoflagellat cysten er et hvilestadium i dinoflagellatens livscyklus, og den er det eneste, som bevares fossilt. Ydre form, linier og strukturer på overfladen af den afbillede dinoflagellat cyste afspejler, hvordan den aktivt svømmende dinoflagellat har set ud. Mønsteret på *S. grossii* afspejler perfekt de plader af cellulose, som den aktive dinoflagellat var beklædt med, samt de furer, hvori der lå flageller, som drev algen roterende frem gennem vandet. Men cysten har ingen plader eller flageller. Den er en tæt lukket beholder, som langsomt synker til bunds med sit hvilende cellemateriale. Efter hvileperioden aktiverer cellen en udgangsåbning i væggen, og åbningens brudlinie følger plademønsteret på en måde, som er karakteristisk for den enkelte slægt. Som det ses på billedet, frigør *S. grossii* den øverste del af cysten med det lille horn og én plade fra 'rygsiden' i ét sammenhængende stykke.

S. grossii fandtes over det meste af Jorden i Jura.

Anmeldelse

Storebælt i 10.000 år - Mennesket, havet og skoven

Udgivet af Storebæltsforbindelsen i samarbejde med Kalundborg og Omegns Museum, Miljø- og Energiministeriet, Skov- og Naturstyrelsen samt Nationalmuseet, 1997.

Bogen findes i en engelsk og en dansk version, den er på 339 sider med virkelig mange illustrationer i både farve og sort-hvid. De er særdeles velegnede til undervisningsbrug. Redaktion: Lisbeth Pedersen, Anders Fischer og Bent Aaby. Pris: 349 kr.

'Storebælt i 10.000 år' er henvendt til almindeligt interesserede mennesker uden særlige forudsætninger indenfor de to mest omtalte hovedemner - naturvidenskab og arkæologi. Bogen er delt op i 5 tematiske afsnit indenfor de to hovedgrupper. 1. Landskabets og bæltets tilblivelse. 2. Stenalderboplads på bunden af Storebælt. 3. Stenalderfiskere ved Halsskovfjorden. 4. Sprogø fra Stenalder til nutid. 5. Fra stammebåd til motorfærge. Derudover findes lokalregister, takkeliste, ophavsliste især til illustrationer og citeret litteratur, det sidste er meget værdifuldt, hvis den skal indgå i et undervisningsforløb. Dog er den citerede litteratur opfattet meget specifikt som citeret, en del af ideerne er 'lånt', men ikke citeret fra andre kilder.

Generelt finder jeg, at det er en meget god ide at benytte sig af større bygge- og anlægsprojekter til at finansiere publikationer på dansk om Danmarks humane fortid og geologiske historie. At bogen så yderligere er blevet oversat til engelsk og dermed kan tjene som reklame både for selve Storebæltsprojektet og for det engagement i forskning, som dansk erhvervsliv burde have, og som en del virksomheder rent faktisk har, gør den ekstra fortjenstfuld.

Bogen er som nævnt bygget op omkring 5 temaer, der selvfølgelig handler om Storebælt, men som også omhandler aspekter som klimaændringer og havniveaustigninger, der rækker langt udover Storebælt.

Afsnittet (1.2) 'Hvorledes landskabet blev til' er kort og klart (skrevet af J.K. Frederiksen). Her fremlægges problemerne med tunnelboringen

gennem de tertiære og kvartære aflejringer på en tilgængelig måde. Denne fremstilling vil sikkert interessere mange. Blokdiagrammet figur 7 er et godt eksempel på, hvordan en kompliceret geologisk historie kan fremstilles på en overskuelig måde.

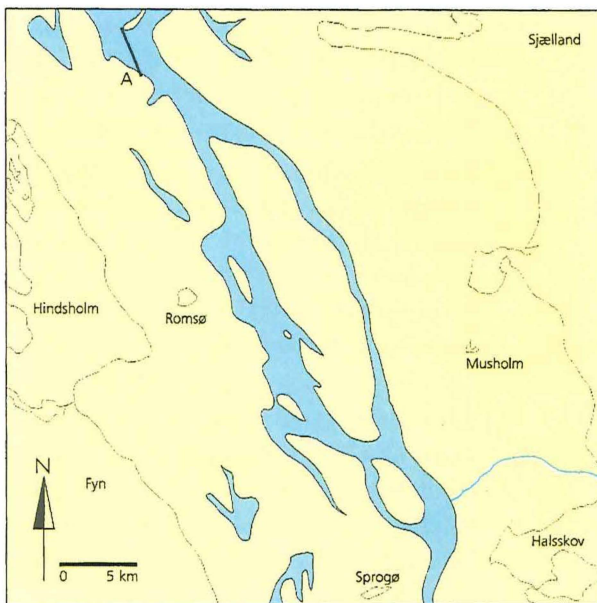
På samme måde er afsnittet (1.3), skrevet af Dorthe Rørbeck Mathiassen, en både original og illustrativ tolkning af de tilgængelige seismiske data og sedimentboringer i Storebælt. Illustrationerne 3a, 3b, 4a, 4b, 5 og 6 på siderne 24-27 er meget levende. De er med til at lette forståelsen af, at der for bare 10.000 år siden fandtes skove og moser med omvandrede urokser og elsdyr på Storebælts bund.

I afsnit 1.4 beskriver Anders Fischer fundhistorien for de druknede skove i Storebælt. Den ældste daterede fyrrestamme er dateret til godt 10.000 år før nu i kalibrerede år. Selv om der bag i bogen (side 323) findes en tabel med kulstof-14 aldre BP omregnede til kalenderår, ville det have lettet med en tabel inde i teksten, ikke mindst i forbindelse med Storebælt-havstigningskurverne. Normalt angives kulstof-14 aldre i konventionelle kulstof-14 år BP.

Keld Christensens afsnit (1.5) om en dendrokronologisk analyse af egestammerne fra Halskovfjord er meget spændende og velillustreret. Der gøres rede for, hvor kompliceret dendrokronologi kan være, og hvor svært det er at korrelere til den tyske årrings-grundkurve. K. Christensens analyse af 'dødstidspunktet' for de enkelte egetræer er klar og god. Det sandsynliggøres, at det har været forsumpning som følge af grundvandsstigning snarere end saltvand, der var årsagen til træernes død.

Anders Fischers fremstilling af dykning efter undersøiske stenalderfund er god og giver et levende billede af spændingen ved at fremdrage nye aspekter af Ertebøllekulturen, specielt er lokaliseringen af fiskepladser blevet et kerneemne, se f. eks. figur 6 afsnit 2. Jeg selv forbavses ligesom han over, hvor ekstremt gode bevaringsforholdene har været i sådan lavtvandet, bevokset marin til brakvands fjord. Selv skeletter af meget unge, næsten nyfødte kronhjorte med papirtynde kranier og kæber er perfekt bevarede. Det er de sjældent på land, hvor vægten af de overliggende lag presser skelettet sammen. I havvand er vægten af de dækkende sedimenter meget mindre. Oldsager af flint og træredskaber blev bjerget i rigt mål.

Til højre: Storebæltets udseende ca. 9.600 år f.Kr. (yngre dryas tid), hvor bæltet var bevokset med tundra, og store langstrakte søer fyldte det centrale dalsystem.



Nederst seismisk profil fra dalsystemet (linie A på kortet), samt en rekonstruktion af landskabet i yngre dryas baseret på borekerner og seismik.

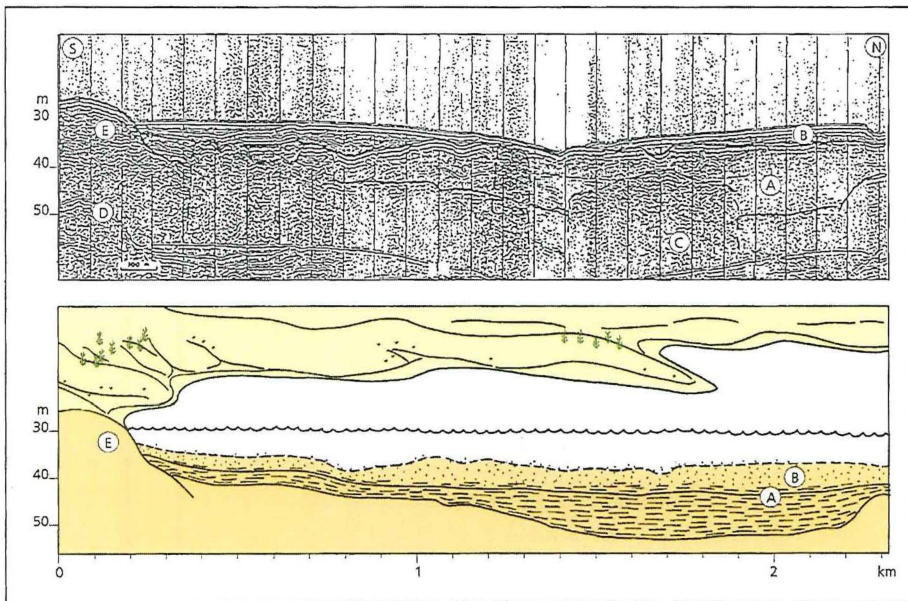
A: aflejringer fra slutningen af sidste istid.

B: postglaciale aflejringer.

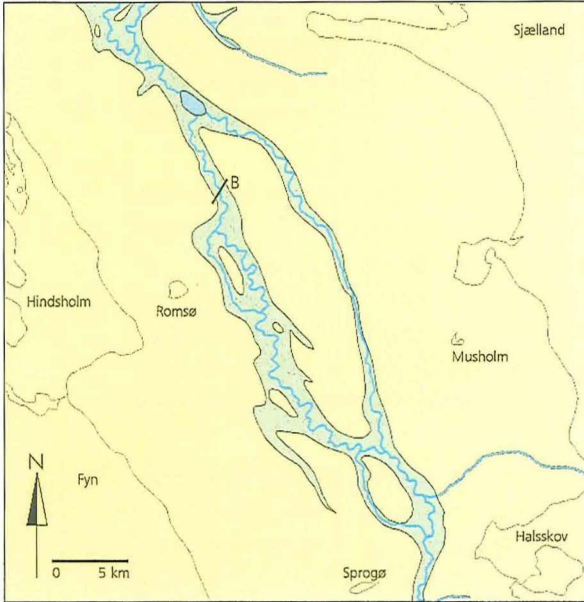
C: områder, hvor aflejringerne indeholder gas.

D: 'ekko' af signalet.

E: moræne.

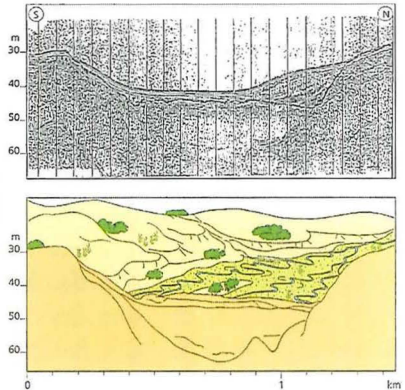


Figurer fra Storebælt i 10.000 år.



Kort der viser Storebælts udseende ca. 9.300 til 8.500 f.Kr. (tidlig præboreal tid). Landskabet var bevokset med skove af fyr, birk og hassel.

Seismisk profil på tværs af dalsystemet langs linie B på kortet, samt en rekonstruktion af landskabet ca. 9.000 f.Kr. Landet var drænet kraftigt under indflydelse af tapningen af Den Baltiske Issø (se VARV 1998,3).



Ved Korsør Nor (afsnit 2. 5) findes en af de få bopladser, hvor der er fundet grave som Henrik Schilling skriver om. Her er fundet skeletdele af 7-8 personer. En af personerne var indhyllet i bark, der kun takket være de specielle fundomstændigheder er bevaret. To af skeletterne er daterede, et til overgangen mellem Kongemosekultur og Tidlig Ertebøllekultur, og et til Tidlig Ertebøllekultur. Redskaber af knogler med dekorationer er ligeledes fundet her. Pia Bennike har i afsnit 2.6 skrevet om de to gamle mænd og de andre skeletter fra Korsør Nor. Det er et fremragende klart og spændende afsnit. Hendes figur 2 er en illustrativ gennemgang af, hvorledes menneskets størrelse har ændret sig med tiden. Lisbeth Pedersen har i afsnit 3.4 givet en spændende gennemgang af fiskegærder og ruser. Fremstillingen er gengivet i stor detalje, ligeledes den anvendte teknik. Det er fascinerende at læse om fletning af en moderne

fiskeruse i afsnit 3.8 (Hanne Marie Myrhøj). Dette stykke detektivarbejde må beundres, ligesom de gode og oplysende illustrationer. Specielt er det interessant at læse om de 7.000 år gamle ålegårde. Keld Christensens gennemgang af de forskellige træsorter, der har været anvendt til ruser og gærder, fuldender billedet.

Afsnit 4 om Sprogø er spændende læsning og omfatter alt lige fra geologi over Peter Rasmussens palæobotaniske undersøgelser til udviklingen fra jægere til bønder. Desuden gennemgås de historiske kilder lige op til næsten nutid, hvor det gule hus på øen til op i 1950-erne fungerede som forbedringshus for 'faldne' kvinder. På Vestbjerget er der gjort utallige fund af keramik og stenredskaber fra Bondestenalderen. Inge B. Enghoff har givet en god, samlet fremstilling af knoglematerialet fra bopladsen på Vestbjerget.

Afsnit 5 handler om skibene, der har gennemsejlet Storebælt. Charlie Christensen skriver om danske stammebåde fra Stenalderen. Sejlskibenes og deres afløsere dampskibenes historie gennemgås. Selv om Storebælt ikke er et verdenshav, har det dog krævet sine skibsforlis og skibsvrag (beskrevet af Birger Thomsen). Afsnittet om isbådstransporter over Storebælt er dramatisk og godt illustreret.

Bogen kan på det varmeste anbefales, den er underholdende og velillustreret. Man kunne dog have ønsket sig, at billederne havde fyldt hele siden ud til kanten, og at man havde undgået det papir- og pladsspild, der fremkommer ved, at teksten er sat som en blok ved siden af billedet i stedet for under billedet. Afsnittene kan læses hver for sig og behøver således ikke at komme i kronologisk orden. Det er en stor fordel ved bogen, da folks interesser må forventes at være ret forskellige. God fornøjelse.

Nanna Noe-Nygaard

Revner, sprækker og forkastninger med og uden fyld

Bjørn Hageskov

Brudstrukturer er uhyre almindelige i bjergarter og løse aflejringer, hvor de optræder i størrelser variende fra mikroskopiske til regionalt udbredte frakturer i jordskorpen. Rent faktisk er der så mange sprækker i geologiske materialer, at kun et fåtal fanger øjet, med mindre man specielt er på 'sprække jagt'. Dannelsesmæssigt findes der en række typer, men uanset hvordan de er opstået, så fortæller brudstrukturerne, at der i det berørte materiale blev opbygget spændinger, og at disse blev udløst ved bruddannelsen (= deformation). I vore daglige omgivelser møder vi en række forskellige brudstrukturer, som vi kalder revner og sprækker. Vi ser dem i vægge, murværk, træværk og maling, og som de brud vi selv fysisk har påført forskellige genstande. Omend det kan lyde mærkeligt, så er dannelsen af disse brud helt sammenlignelig med dannelsen af de geologiske brud.

Uden at tage hensyn til dannelsesmåde kan vi ganske dækkende klassificere brudstrukturerne som sprækker eller forkastninger. Forkastninger er brudstrukturer, hvor materialet på den ene side af bruddet er forrykket i forhold til det på den anden side. Sprækker er derimod brud ledsaget af ingen eller en kun ubetydelig forrykkelse (millimeter skala).

Til trods for at de fleste brud i geologiske materialer er undseelige, så er der ingen andre strukturer i jordskorpen, som har så stor (omend oftest indirekte) økonomisk og miljømæssig betydning for os jordboere. De er med til at præge landskaberne, hvor overordnede brudmønstrene ofte har en markant indflydelse, og de besværliggør og fordyrer anlægsarbejder som tunnelboringer. Sidstnævnte bl. a. på grund vandindtrængning langs sprækkerne. Det betyder omkostninger til tætning, foring og eventuelt også til pumpning både under og efter, at tunnelarbejdet er afsluttet.

Helt speciel betydning har sprækkerne som transportkanaler (og reservoirer) for væsker/gasser. Det kan være alt ligefra malmdannende opløsninger, olie og gas til drikkevand/forurenede vand, som betjener sig

af disse lette transportveje, men også magmaer og dertil knyttede væsker og gasser. I krystallinske bjergarter og helt sammenkittede eller impermeable sedimenter er eksistensen af brud direkte fundamental for en effektiv væske/gas transport, idet transporten ellers udelukkende vil være henvist til at foregå den trøge vej langs bjergarternes korngrænser.

Vi kan selv jævnligt observere sprækkedannelse i geologiske materialer og erfare spændingernes betydning både i stor og lille skala. Næsten alle jordskælv opstår ved udløsning af spændinger relateret til pladetektoniske bevægelser. De resulterende brud ses jævnligt på selve jordoverfladen som mindre forkastning og sprækker. Disse og andre brud, der direkte er knyttet til bevægelser i jordskorpen, kaldes tektoniske brud. Helt nydannede sprækker kan vi jævnligt se, f.eks. i nyligt udtørrede lerede vandpytter, hvor leret ved udtørringen har trukket sig sammen og er blevet opdelt i mangekantede flager omkranset af sprækker. Disse brud, der ikke er tektonisk betingede, kaldes non-tektoniske.

Denne notits er oplægget til en efterfølgende artikelserie, hvor forskellige brudtyper og deres dannelse vil blive belyst. Indledningsvis er tre forskellige brudtyper vist i nedenstående fotografier.



Tørkesprækker fra Høvringsvatn, Syd norge. Foto: L.Skjernaa



Åbent tektonisk sprækkesystem i Thingvellir, Island. Sprækkerne er udviklet i forbindelse med indsynkningen i den aktive Thingvellir gravsænkning.



Sprækkesystem 'udfyldt' med dolerit-gange. De udfyldte sprækker er frembragt ved selve intrusionen af det basaltiske magma. Ca. 600 m høj stejlvæg ved Evighedsfjorden, Vestgrønland.



Metamorfoseret gabbroid bjergart (basaltisk materiale) visende et gammelt sprækkemønster langs hvilket, der blev transporteret en vandig væske. Sprækkemønsteret er i dag markeret af de omdannelser, der skete i bjergarten langs sprækkerne. Her reagerede bjergarten med væsken og dannede vandholdige silikatminerale f.eks. glimmermineralet phlogopit. Foto fra Kosterøerne, Vestsverige.

