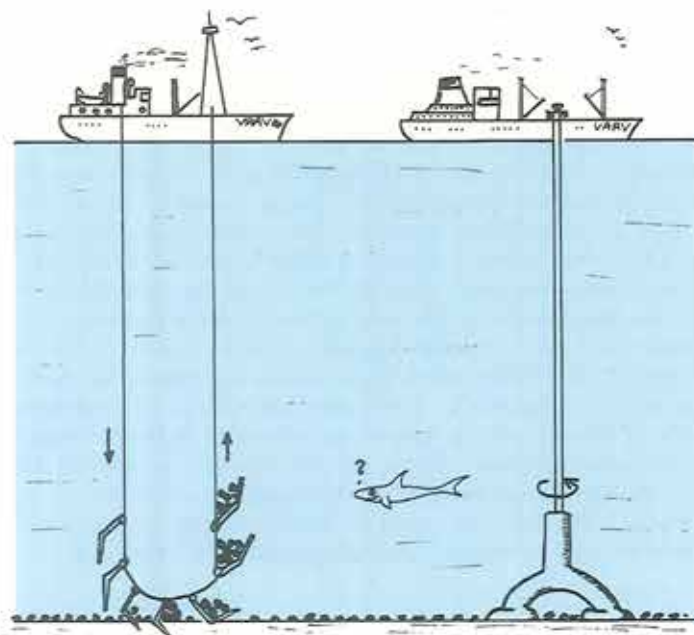
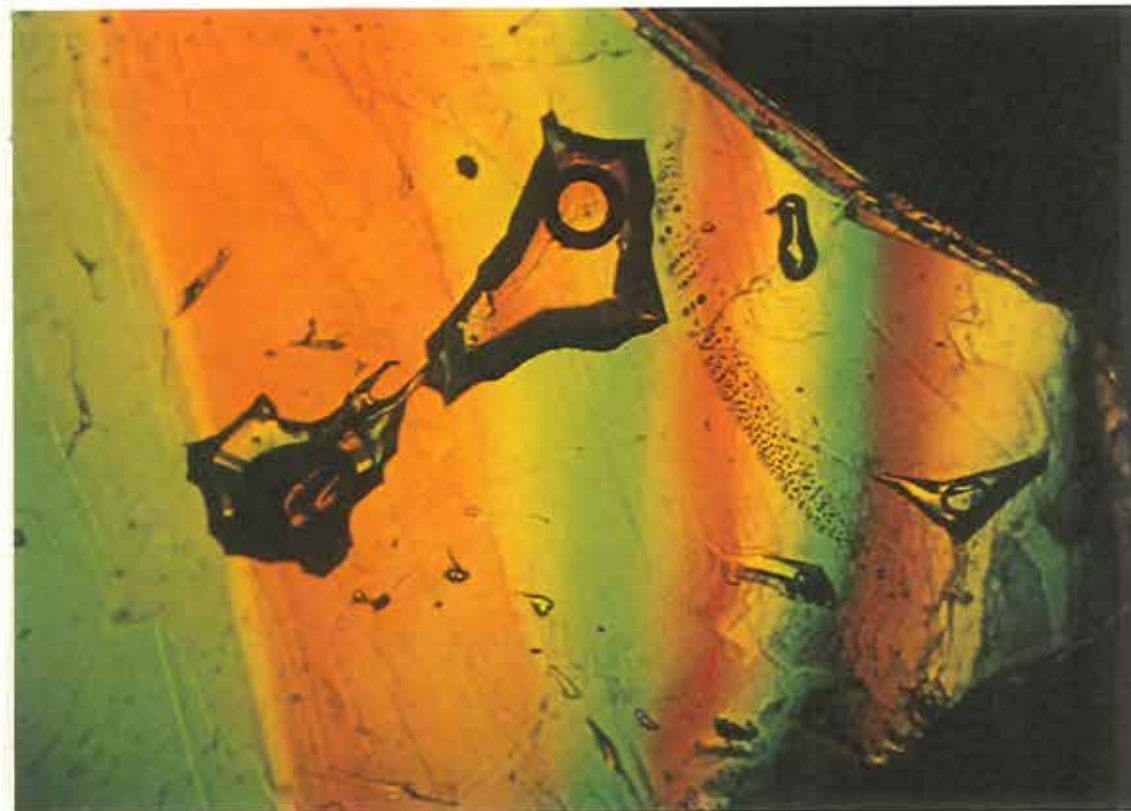




Figur 5. Skematisk tegning af to afprøvede systemer til brydning af manganknolde, til højre det hydrauliske system foretrukket af amerikanerne.

"know how" til udvinding af metalforekomsterne på havbunden. Udviklingslandene ønsker et internationalt konsortium til at forestå den undersøiske brydning. De årlige indtægter fra en sådan international organisation anslår man til cirka 100 millioner US dollars per år, under forudsætning af at der brydes 3 millioner tons manganknolde per år og at 50 % af overskuddet ved minedriften går til organisationen. Man venter derfor spændt på resultaterne af anden del af FN's havrets-konference i Geneve i foråret 1975.



MINERALER KRYSTALLISERER UD FRA EN OPLØSNING ELLER EN SMELTEMASSE - OG MED EN BJERGARTSPRØVE I HÅNDEN KAN MAN IKKE UMIDDELbart SLUTTE SIG TIL DEN KEMISKE SAMMENSÆTNING AF DEN OPRINDELIGE OPLØSNING. MEN I EN DEL TILFÆLDE INDESPÆRRES OPRINDELIGE GASSER OG VÆSKER I MINERALERNE OG KAN HER BEVARES GENNEM ÅRMILLIONERNE. BILLEDET HEROVER ER ET MIKROFOTO AF EN 0,1 MM TYK BJERGARTSSKIVE - DE FEDE KONTURER AFGRÆNSER KVARTSKORN, OG DET STØRSTE AF DEM INDEHOLDER VÆSKE OG EN RUND GASBOBLE. EN ARTIKEL I DETTE NUMMER FORTÆLLER OM TEKNIKKEN I STUDIET AF VÆSKE/GAS INDESLUTNINGER, OG HVAD DE KAN FORTÆLLE OM BJERGARTERNES DANNELSESMILJØ. DESUDEN BRINGES ARTIKLER OM GEOELEKTRISKE METODER I JAGTEN PÅ GRUSFOREKOMSTER, OM FOREKOMSTER AF MANGAN PÅ DYBHAVSBUNDEN, OG ENDELIG GIVES GODE RÅD MED HENSYN TIL UDPRÆPARERING AF FORSTENINGER.



Dansk Geologisk Forening - stiftet i 1893 - er ikke alene et mødested for professionelle geologer, men for alle med interesse for geologi. I foreningen behandles alle mulige geologiske emner ved møder, som finder sted på Mineralogisk Museum i København og Geologisk Institut i Århus, og desuden på ekskursioner i Danmark og udlandet. Direkte under foreningen sorterer Kvartærgeologisk klub, Mineralogisk klub, Petrologisk klub, Sedi-mentologisk klub og Palæontologisk klub. Alle foreningens medlemmer har fri adgang til møderne i klubberne, hvor man normalt på en uhøjtidelig måde borer i aktuelle videnskabelige problemer.

Medlemskontingentet er 75 kr om året (dog 50 kr for unge under ud-dannelse) og giver ret til deltagelse i alle foreningens arrangementer - desuden modtager man "Bulletin of the Geological Society of Denmark" (videnskabelige artikler i 4 hæfter á cirka 100 sider - overvejende på en-gelsk) og "Årsskrift fra Dansk Geologisk Forening (foredrags- og ekskursionsreferater, originale artikler - et årligt hæfte på 100 sider, skrevet på dansk). VARV-læsere, som kunne tænke sig at blive medlemmer af Dansk Geologisk Forening, kan blot sende et postkort med navn og adresse til VARV - og så får man automatisk en flyvende start som medlem.

VARV

Postadresse: Tidsskriftet VARV, Mineralogisk Museum, Øster Voldga-de 5-7, 1350 København K. (Hf. (01) 135001).

Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Mona Hansen, Erling Bondesen, Finn Surlyk.

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 24.00 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80.

VARV's plakater (10 kr), postkort i farver (8 for 7 kr), ekskursions-fører (Stevns-Fakse-Møn 20 kr) og samlekassetter (til 6 årgange 10 kr) fås ved at indsende beløbet på postgiro 9 06 88 80.

Alle henvendelser vedrørende adresseforandring, fejl ved bladets leve-ring, og lignende bedes rettet til postvæsenet.

© 1975 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter tilladelse.

Dannelseshastigheden af forekomsterne i det nordlige Stillehav an-gives i dag at ligge ved cirka 10 millioner tons per år. For nogle af me-tallerne i knoldene - for eksempel nikkel og mangan - er dannelsesha-stigheden større end verdens årlige forbrug af disse metaller. Det betyder, at vi her har den eneste malmforekomst i verden, der dannes hurtigere, end den for tiden forbruges.

Foruden at manganknoldene forekommer cirka 3-5000 m under vand-overfladen, er forekomsternes særlige kendetegn, at det er meget tynde lag. Brydningen kræver derfor også en helt ny teknik. Amerikanerne har fore-slået et "støvsugersystem", hvorved knoldene suges op gennem et rør til vandoverfladen, mens japanerne vil anvende et mekanisk system baseret på skovle, monteret på et dybvandskabel. Begge systemer, der er vist skema-tisk i figur 5, er allerede afprøvet. Mens man regner med omkostninger på cirka 3 kr per kg kobber, nikkel og kobolt med det hydrauliske system, er "brydningsomkostningerne" cirka det halve ved det japanske system. Som grundlag for beregningerne går man ud fra en årlig brydning af 1 million tons knolde med 40 % mangan og jern, 1,6 % nikkel, 1,4 % kobber og 0,2 % kobolt. Udvinning af nikkel, kobber og kobolt fra manganknolde sker efter kendte principper - som gradvis udfældning af metalopløsninger. Som regel er denne form for udvinding imidlertid forbundet med høje an-lægs- og driftsomkostninger. Derfor har man udviklet en speciel udludnings-proces for de pågældende metaller, som bygger på, at kobber-, nikkel- og koboltionerne sidder på overfladen af knoldenes mangan-jern forbindelser. Denne metode skulle reducere udvindingsudgifterne betydeligt.

Brydning- og udvindingsomkostninger for 1 million tons knolde lig-ger ved cirka 150 millioner US dollars. Det er som regel langt mere end en enkelt minevirksomhed alene har råd til at investere. Der vil derfor dannes konsortier til undersøisk brydning omfattende flere store mineselska-ber. For eksempel har det amerikanske Kennecott Copper Corp. allieret sig med Inco Corp., og Deepsea Ventures Inc. med japanske mineselska-ber. Howard Hughes fra USA synes at være nået længst i kapløbet, idet han i starten af 1974 afprøvede skibet "Hughes Glomar Challenger", der udelukkende er konstrueret til brydning af manganknolde. Inden udgangen af 70'erne må man regne med, at i hvert fald 4 til 5 konsortier bestående af amerikanske, japanske, franske og tyske mineselskaber vil producere mangan, jern, kobolt, nikkel, kobber og zink fra manganknoldene.

Flaskehalsen i hele den undersøiske minedrift er de internationale aftaler om rettighederne til manganknolde forekomsterne på bunden af in-ternationale farvande. FN-konferencen i Caracas i 1974 har ikke givet nogen større tilnærmelse mellem på den ene side industrilandene, der øn-sker stabile politiske forhold for undersøisk brydning, og på den anden side udviklingslandene, der frygter, at de ikke selv har økonomisk grundlag og

på forskellige hårde genstande via karbonat- og sulfatrige strømninger i havvandet, c) biologisk udskillelse af manganopløsninger i havvandet via dyr i plankton, og d) iltning af havvand ved hjælp af bakterier. Mero siger blandt andet, at hvis bakteriers medvirken kunne påvises, kunne dette forklare knoldenes lagstruktur og den relativt konstante tykkelse af de enkelte lag. De senere års undersøgelser tyder imidlertid på, at dannelsen af manganknolde på havbunden er en simpel udfældning af metaller fra havvandet. Mangan og jern og deres følgegrundstoffer (nikkel, kobber, kobolt) tilføres vandet gennem udludning af ultrabasiske bjergarter på havbunden samt tilførsel gennem varme kilder på bunden. Der må ved klarlægning af oprindelsen af manganknolde også tages hensyn til, at knoldene hovedsagelig forekommer i forbindelse med det røde eller brune dybhavslær, der også indeholder et stort antal meget små manganknolde (diameter mindre end 1 mm). Det kan desuden nævnes, at manganknoldene i Stillehavet i 80 % af tilfældene ligger i slam, der er meget rigt på siliciumrige, encellede organismer (radiolarier). Endelig mener man også, i hvert fald ved manganknolde forekomsterne syd for Hawaii, at vulkansk aktivitet muligvis kan have haft en indflydelse på dannelsen.

HVAD KNOLDENE ANVENDES TIL - OG HVORDAN "BRYDES" MALMEN.

Den økonomisk orienterede udforskning af manganknolde blev særlig koncentreret i Stillehavet, fordi knoldene der synes at være rige på metallerne nikkel og kobber med et samlet vægtindhold på cirka 3 %. Det ligger langt over de indhold der i dag findes i brydeværdige nikkel- og kobbermalme på landjorden. Grove skøn over tonnagerne i Stillehavet fører til flere hundrede milliarder tons manganknoldemalm. Som særligt egnede områder for den undersøiske brydning betegnes i dag:

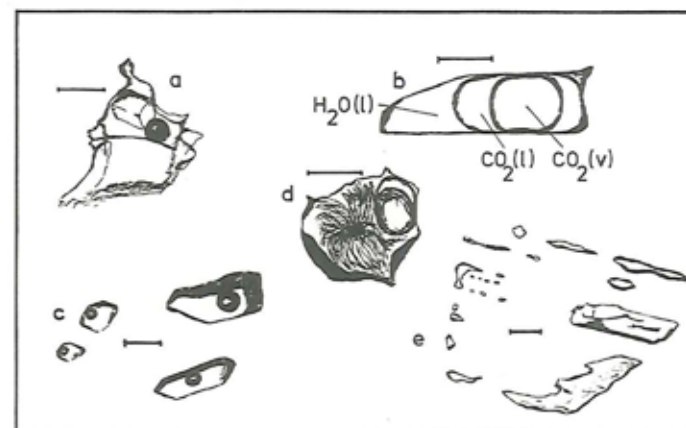
- 1) et område cirka 100 sømil syd for Mexicos vestkyst, hvor der findes manganknolde med en "belægningstæthed" på cirka 90000 tons per km^2 og hvor knoldene forekommer på en vanddybde af gennemsnitlig 4000 m.
- 2) et område cirka 1000 sømil syd for Hawaii med forekomster i en gennemsnitlig vanddybde på 5000 m og en "belægningstæthed" af cirka 5000 tons per km^2 .
- 3) et område cirka 500 sømil nordøst for New Zealand, hvor manganknoldene praktisk taget dækker hele havbunden.

Bobler og dråber i mineraler - gas-væske indeslutninger i krystaller

af Elfin Larsen, Kornerup Madsen, Rose-Hansen

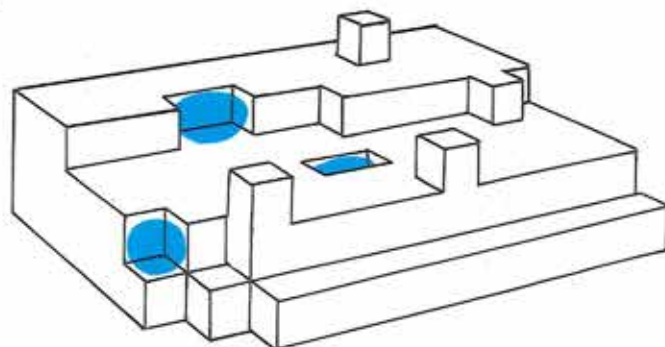
En vigtig opgave for geologerne er at bestemme de temperaturer og tryk mineralerne og dermed bjergarterne er dannet ved, samt at bestemme sammensætningen af de opløsninger hvorfra de er dannet. Den måske eneste kendte metode hertil, er studiet af gas-væske-indslutninger.

Mange kender sikkert mælkekvarter, hvis hvide mælkefarve skyldes, at kvartsen indeholder millioner af små indeslutninger af gas og/eller væske, hvorfra lyset reflekteres. Indeslutningerne er almindeligvis så små, at de ikke kan skelnes med det blotte øje. Undertiden er en stærk lup tilstrækkelig til at afsløre de enkelte indeslutninger, men oftest er det nødvendigt at bruge mikroskop for at iagttage dem. Indeslutningerne er nemlig som regel under 0,01 mm i diameter, dog kendes der indeslutninger med rumfang på 100 ml. Indeslutningerne studeres i polerede tynde skiver (0,1-1 mm tykke). En sådan skive af mælkekvarter vil under et mikroskop afsløre, at indeslutningerne er af meget forskellig størrelse og form. I mælkekvarter er der ofte over 10 milliarder indeslutninger pr. kubikcentimeter. Skønt der er mange, er de enkelte indeslutninger så små, at deres samlede rumfang sjældent udgør mere end 0,1 procent.



Figuren viser forskellige former for indeslutninger: a) meget uregelmæssig væskeindslutning, med en terning af NaCl. b) rørformet indeslutning med en blanding af CO_2 og H_2O . c) gruppe af små væske-gas-indslutninger. De mindste afgrænses af de samme krystalflader som kvarts ("negative krystaller"). d) samme type indeslutning som b. Her ses desuden "dunet" datetermineral, dawsonit. e) rekrystalliseret sprække med methanindslutninger. Målepinden er 1/20 mm lang.

I nogle indeslutninger ses en lille gasboble, der foretager hurtige bevægelser, de såkaldte "brownske bevægelser". Det skyldes, at gasboblen omgives af en væske, hvis molekyler bevæger sig og herved skubber til de små gasbobler. Det er interessant at tænke på, at disse bevægelser undertiden har foregået i millioner af år. Andre indeslutninger ligner blot "huller", idet de kun består af enten gas eller væske. Undertiden kan man være heldig desuden at finde en eller flere små krystaller i indeslutningerne.



Mineraler vokser ved, at der opbygges lag på lag. Ofte begynder nye lag at dannes før det underliggende lag er færdigudviklet, eller lagene vokser fra to sider. Herved kan der under mineralets vækst indespærres en del af de opløsninger hvoraf mineralet dannes. Sådanne indeslutninger kaldes primære. Efter at mineralet er dannet, kan krystallen på grund af ydre påvirkning revne og nye opløsninger kan gennemsive det. Derved kan de såkaldte sekundære indeslutninger dannes.

Studiet af de primære indeslutninger giver således oplysninger om den opløsning, hvorfra mineralet er dannet, mens de sekundære giver oplysninger om hvilke opløsninger, der har påvirket mineralet, efter at det var dannet.

Kvarts (SiO_2) og andre såkaldte gangmineraller kan dannes ved at gennemstrømmende varme vandige opløsninger afsætter SiO_2 i åbne sprækker i bjergarterne. Opløsningerne indeholder foruden silicium (Si) og oxygen (ilt = O_2) ofte et stort antal opløste salte som for eksempel NaCl (kogsalt) og KCl. Når kvartsen senere afkøles trækker den vandige opløsning sig sammen, og samtidig fordamper noget af væsken, så man får en indeslutning, der består af væske plus en gasboble. Iøvrigt trækker mineralet sig også sammen, men langt mindre end væsken. Hvis indholdet af de opløste salte har været tilstrækkelig stort, kan indeslutningen ved afkøling blive overmættet med salt, der så udfældes som små krystaller – såkaldte "dattermineraller". Der kendes indeslutninger med over 10 forskellige dattermineraller foruden gas og væske.



Figur 4. Mangan-jern materiale afsat på højttænder.



Opfiskning af en fri-fald-griber, fyldt med manganknolde fra 5000 m's dybde, under et undersøgelsestogt med forsknings-skibet "Valdivia" 1000 sømil syd for Hawaii.

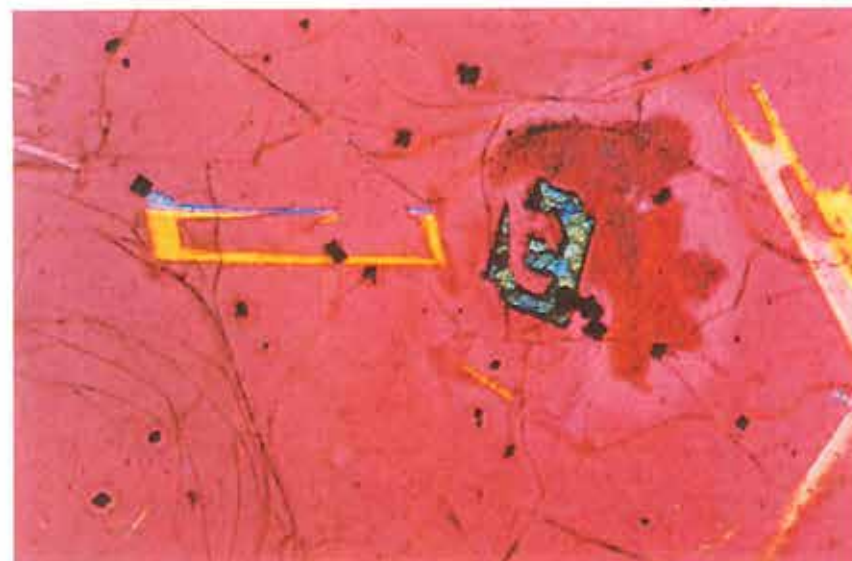


Figur 2. Manganknolde af varierende størrelse fra forekomsterne syd for Hawaii øerne. Bemærk at to af dem er tørret og derfor lysere.

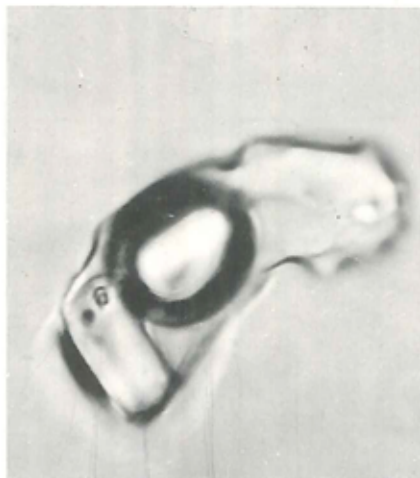
Figur 3. Gennemskårne manganknolde. Om en kerne, bestående af brudstykker af ultrabasiske bjergarter (højre og nederste manganknold) eller siliciumrige skeletter (øverste venstre knold) er der aflejret koncentrisk mangan-jern materiale samt sedimenter.



Feldspat der har indesluttet glas. Krystallen er vokset fra midten og uddefter. Forstørrelse 6,3 gange.



Feldspat og pyroxen kan ved hurtig vækst danne centrale hulrum hvori der kan indesluttet glas. Forstørrelse 6,3 gange.



Gas-væske-indeslutning med stensalt og uidentificeret krystal som datter-mineraler.

Chkalovit fra Ilimaussaq.

(se Varv 1967 nr. 2)

Forstørret cirka 3300 gange.

Som nævnt består indeslutningerne nu på grund af afkølingen ofte af gas plus væske. Idet man går ud fra, at de oprindeligt ved højere temperatur er blevet indesluttet som én fase, enten væske eller gas, opvarmer man den polerede skive på et varmebord under mikroskopet til indeslutningen homogeniseres som én fase, gas eller væske. "Homogenisationstemperaturen" er dog ikke det samme som dannelsesstemperaturen, idet man først må korrigere for tryk og den kemiske sammensætning.

Trykket kan undertiden bestemmes, når man ved i hvilken dybde mineralet er dannet. Hvis der både findes indeslutninger der består af kuldioxid (CO_2) og af vand kan trykket bestemmes ud fra såkaldte tilstandsdiagrammer.

Den kemiske sammensætning kan bestemmes dels ved at studere reaktioner under afkøling på kuldebord og dels ved mikrokemiske metoder.

Afkølingen foregår ved at der over prøven ledes gas, der er afkølet i flydende luft. Under mikroskopet studeres her indeslutningernes frysepunkt og dannelse af nye mineraler. Ud fra frysepunktet kan man få en størrelsesorden på saltindholdet. Både NaCl og KCl danner enkeltbrydende terning-formede krystaller, men NaCl omdannes ved afkøling til cirka -20° til $\text{NaCl} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, der ved lysets gennemgang i et polarisationsmikroskop ses at være dobbeltbrydende.

Den kemiske sammensætning kan også bestemmes ved, at mineralet knuses og de frigjorte salte opløses i super-rent vand. Opløsningen filtreres med super-rent filterpapir og filtratet analyseres.

Opløste gasser kan analyseres ved at prøverne knuses i kuglemølle under vacuum, hvorefter de frigjorte gasser bestemmes ved hjælp af forskellige metoder.

er vist i figur 2. Mens flertallet af knoldene på dette foto er mørke, er to af dem lysere, fordi de er blevet tørret. I denne tilstand er de meget porøse og kan opsuge store mængder af for eksempel svovl. De menes derfor også at kunne være anvendelige ved løsning af forureningsproblemer. De manganrige knolde er ofte lette at erkende på deres sorte udseende, mens de jernrige knolde er mere brune.

Foruden de egentlige manganknolde findes der ofte manganrige skorpedannelser. Skorperne kan veje op til 50 kg. Den amerikanske havforsker Mero beretter endog om en skorpe på 850 kg - den er imidlertid ikke mere tilgængelig, fordi den blev sænket ned til havbunden igen efter prøvetagningen.

Skærer vi nogle manganknolde igennem - helst i våd tilstand fordi de er så skrøbelige - får vi et indtryk af opbygningen (figur 3). Inderst er der en kerne bestående af brudstykker af mørke vulkanske bjergarter, kiselrige skaller fra mikroorganismer, sedimenter, tænder fra hajer eller andre fisk (se figur 4) - og sjældnere, stenmeteoriter. Rundt om kernen er der i løbet af en relativ kort geologisk tid afsat koncentrisk mangan-jern forbindelser samt sedimentmateriale. Lige som vækstringe siger noget om træers alder, siger vækstlagene noget om manganknoldenes alder. Selv om den geologiske datering har givet noget forskellige tal, kan vi anslå væksten af en manganknold til cirka 10 mm per million år. Den højre manganknold i figur 3 har således en alder på cirka 20 millioner år.

Manganknoldene består foruden af ikke-krystallinsk materiale hovedsagelig af tre krystallinske komponenter, nemlig af det såkaldte - mangedioxid, af mineralet manganit med en lagdelt struktur og af mineralet goethit i de jernrige manganknolde. Det er i den lagdelte manganit, at metallerne nikkel, kobber og kobolt delvis kan erstatte mangan.

MANGANKNOLDENES DANNELSE

Manganknoldene er i meget snæver kontakt med dybhavssedimenter og havvand, som følgelig må antages at spille en afgørende rolle ved dannelsen af knoldene. Der er næppe tvivl om, at opløsning af krystallinske bjergarter fra land og på havbunden kan forklare de mangan- og jernkoncentrationer, der findes i havvandet, men det er stadig ikke klarlagt, hvordan grundstofferne bindes i manganknoldene. Det vil føre for langt at diskutere alle de fremsatte dannelses teorier. Der skal dog nævnes enkelte forklaringer: a) diffusion af mangan-joner fra havvandet ind i porerne på dybhavssedimenter, hvor de derefter udfældes, b) udfældning af ekstremt finkornet (kolloidal) mangedioxid i havvandet med følgende afsætning uden

OCEANDYBETS RÅSTOFFER —

Manganknolde

af H. Kunzendorf

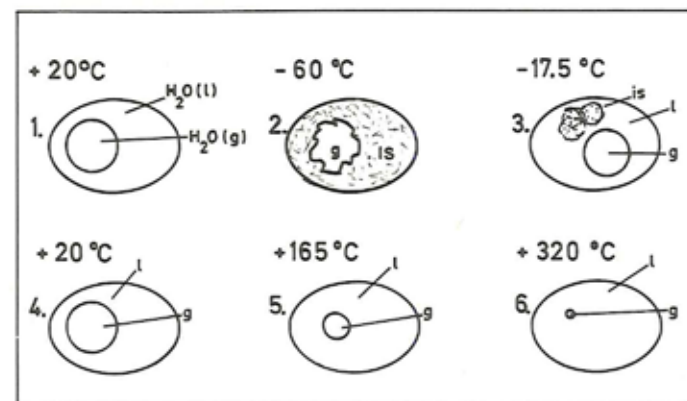
Allerede ved de klassiske dybhavsekspeditioner med det amerikanske skib "Challenger" i årene 1873-1876 fiskede man mørkebrune til sorte kartoffel-lignende knolde op fra bunden af Stillehavet. Det var de såkaldte manganknolde, som indeholder ret store mængder af metallerne mangan, jern, nikkel, kobber og kobolt. Siden har der været en voksende videnskabelig interesse for at klarlægge disse forekomsters oprindelse, men der gik cirka 100 år før man blev klar over manganknoldenes mulige økonomiske betydning. De indtil nu påviste forekomster af manganknolde, er vist på figur 1. Af kortet fremgår tydeligt, at hovedforekomsterne findes i det nordlige Stillehav, og at Hawaii-øerne vil kunne få en central betydning for udforskning og udnyttelse af forekomsterne.



Påviste mangan-knold forekomster (efter R.Horn, B.Horn og M.N. Delach, 1972)

Figur 1.

Manganknoldene ligner, som sagt kartofler eller nyrer og kan være op til 25 cm i diameter. I gennemsnit er de imidlertid kun 2 til 4 cm store. Mindre manganknolde kan være vokset sammen. Et udvalg af manganknolde af forskellig størrelse fra forekomsterne i det nordlige Stillehav



Figuren viser en række observationer, man gør ved frysning og opvarmning af en indeslutning. Ved afkølingen (1-2) fryser væsken (l), den får et mørkt udseende og grænsen til gassen (g) bliver uregelmæssig. Herefter opvarmes igen (3) og ud fra den temperatur, hvor den sidste del af isen smelter, kan mængden af opløste salte i indeslutningen beregnes. Der opvarmes yderligere (4-6) indtil indeslutningen homogeniseres.

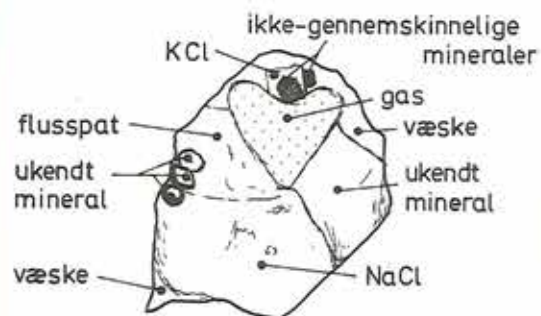
De kemiske undersøgelser har vist at natrium (Na) og klor (Cl) er langt de vigtigste joner, idet NaCl kan udgøre op til 40 vægt procent af indeslutningerne. Andre almindelige joner er kalium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfat (SO_4^{--}), carbonat (CO_3^{--}) og bikarbonat (HCO_3^-). Foruden disse kan der for eksempel findes kobber, mangan og zink. I sjældne tilfælde kan disse joner udgøre op til 1 vægt procent af indeslutningerne.

Studiet af indeslutningerne har således vist, at naturlige varme, vandige opløsninger (hydrotermale opløsninger) kan indeholde metaljoner i så høje koncentrationer, at for eksempel lagdelte bly-zink forekomster kan være dannet ved, at saltholdige opløsninger har udvasket grundstofferne fra bjergarterne på større dybde og genafsat dem i højere niveauer. Det samme kan være tilfældet for kobber og uranforekomster. Man har forgæves søgt efter væske-indslutninger i bjergarter fra Månen, men har fundet interessante glasser med gasindslutninger.

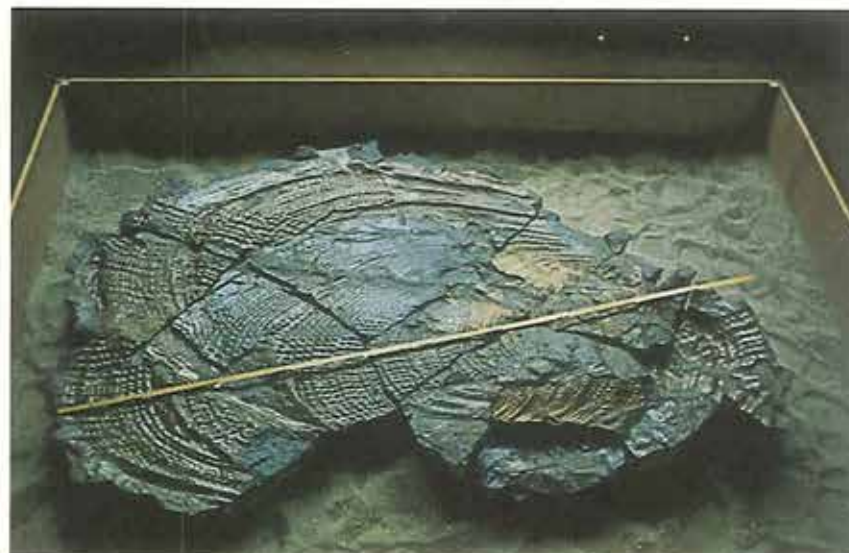
I laboratoriet for eksperimentel petrologi ved Institut for Petrologi, Københavns Universitet foretages undersøgelser af gas/væske-indslutninger. Gasserne analyseres på kemiafdelingen, Risø ved hjælp af gaschromatografi og massespektrometri.

Arbejdet har hidtil været koncentreret om mineralerne fra Ilimaus-saq intrusionen i Sydgrønland (Varv 1967 nr. 2) og den nærliggende Igaliko intrusion.

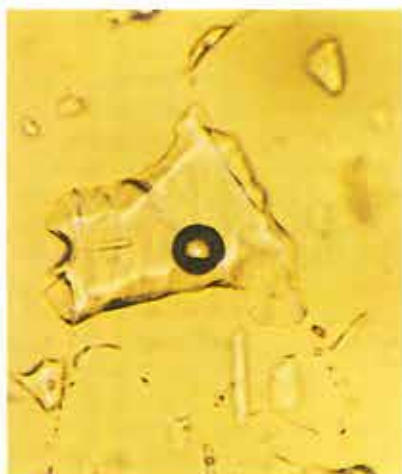
Undersøgelserne har blandt andet vist, at indeslutningerne i Ilimaus-saqs mineraler overvejende består af vand og NaCl med gasser som helium (He), brint (H), kulilte (CO), kulveilt (CO₂), og et stort antal kulbrinter som metan (CH₄), C₂H₆, C₃H₈, i-C₄H₁₀, n-C₄H₁₀.



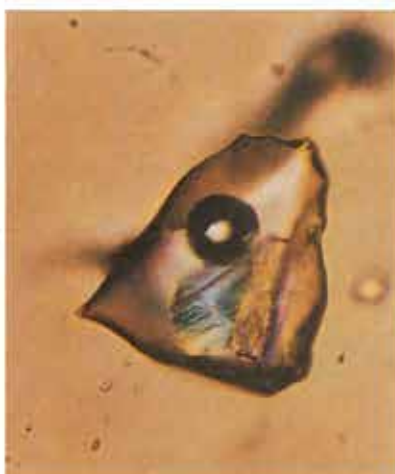
Indeslutning med mange dattermineraller, væske og hjerteformet gasboble. Røgkvarts fra Drammens graniten. Forstørret 40 gange.



De store plade-dele er lagt til justering i en sandkasse. 1974.
Farvebillederne er taget af Sten Jakobsen og Søren Bo Andersen.



Gas-væske-indeslutninger i kvarts, pegmatit ved Evje, Norge. Forstørret 16 gange.



Indeslutning med væske, gasboble og to dattermineraller. Kvarts fra Evje pegmatit, Sydnorge. Forstørret 25 gange.

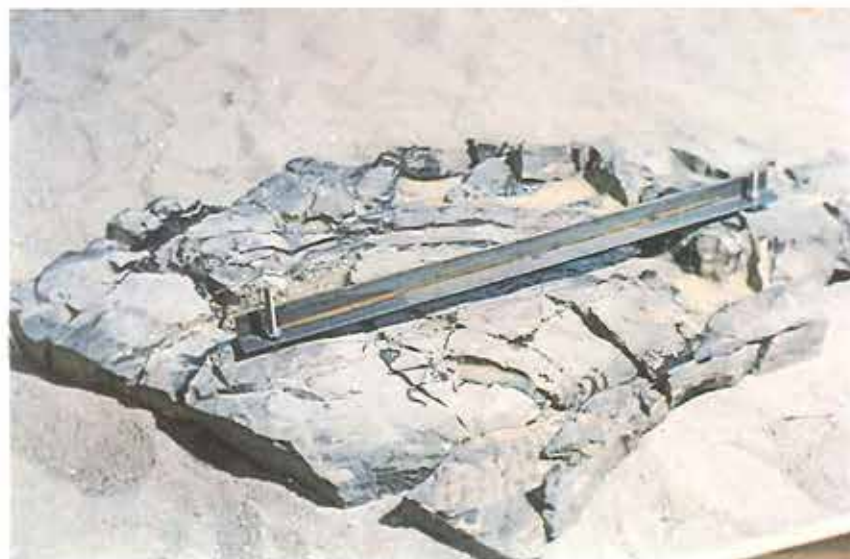
PRÆPARATION

Den videre behandling foregik i København. Her har navnlig præparator Skou og senere konservator Sten Jakobsen og Søren Bo Andersen taget sig af den bogstavelig talt omfattende opgave at gøre materialet præsentabelt. Og endelig kunne, i sommeren 1974, ni mænd, kendt for styrke og gode råd, hejse den trimmede og jernskinnearmerede stenplade op på dens sokkel i dørnichen.

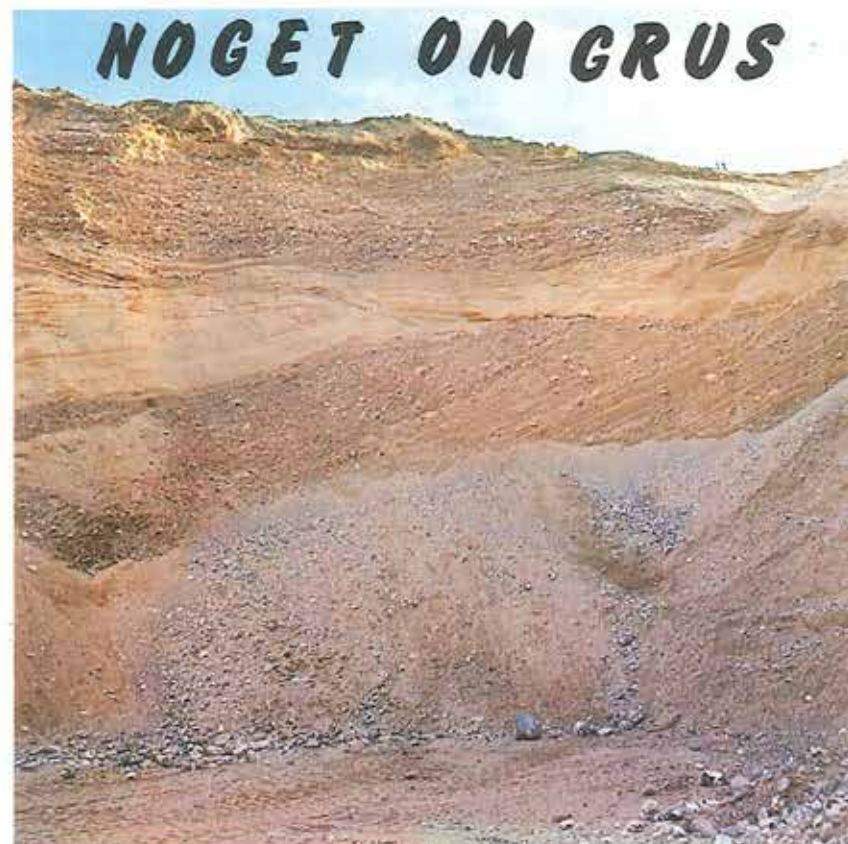




Oplægning af stykkerne. 1971.



En del af stykkerne er limet sammen og har fået en jernskinne på bagsiden. 1974.



af P.Falkesgård og Kurt Klitten.

De tider er ved at være forbi, hvor man i nærmeste bakke henter det grus og sand, man skal bruge til veje, beton og byggepladser. Dels er nærmeste bakke ofte tømt, og dels er det af miljømæssige og planlægningsmæssige årsager ved lov bestemt, at man ikke længere blot skal kunne give sig i lag med at grave i en forekomst. En tilladelse til udnyttelse kan blandt andet afhænge af en dokumenteret påvisning af forekomstens størrelse og kvalitet.

For at finde de efterhånden sparsomme grusforekomster, må man gå til værks næsten på samme måde, som når der ledes efter olie - i hvert fald i det små.

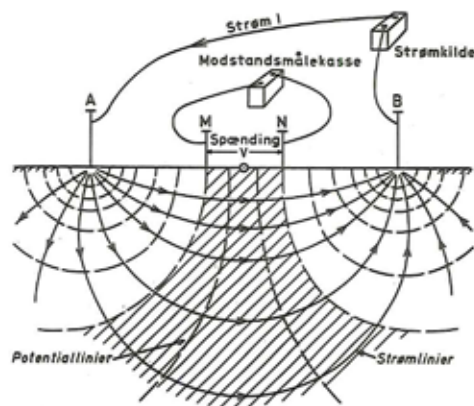
I artiklen "Noget om grus" i Varv nr. 3 1973 fik vi opremset nogle af forudsætningerne for med succes at søge grus: 1) kendskab til allerede foretagne borer og undersøgelser i interesseområdet, 2) kendskab til den geologiske egnsbeskrivelse og -kortlægning og 3) fornemmelse af landskabets udviklingshistorie ud fra dets former.

HVAD ER GEOELEKTRIK ?

Blandt en hel række geofysiske undersøgelsesmetoder, hvoraf seismik vel er den bedst kendte, finder vi den geoelektriske metode. Metoden er baseret på en undersøgelse af jordens specifikke elektriske modstand, som for forskellige jordarter varierer over en bred skala, se nedenstående tabel:

Jordart	Specifik modstand (ohm-meter)
Ferskvandstør, -dynd, -gytje og ler	10 - 30
Marint dynd, gytje og ler (postglaciale)	1 - 10
Moræner	40 - 80
Tertiært, fedt ler	1 - 10
Yngre, Tertiært ler (glimmerler)	10 - 40
Sand og grus under grundvandspejl	50 - 300
Sand og grus over grundvandspejl	100 - 2000
Kalk og kridt (uden saltvand)	100 - 500

I stedet for at gå ud i terrænet og hente jordprøver hjem til laboratoriebestemmelse af modstanden, bevæger man sig ud i marken med måleudstyret, som i princippet består af en strømkilde, en modstandsmålekasse og nogle ledninger med elektroder. Strømkilden kan være en serie almindelige elementer, som dem man benytter i en transistorradio, eller man kan bruge en let nikkel-cadmium akkumulator. Modstandsmålekassen indeholder blandt andet nogle meget nøjagtige modstande, som efter behov kan indskydes i det elektriske kredsløb. Ideen er, at man i et erstatningskredsløb indskyder en lige så stor samlet modstand som den modstand, man forsøger at måle og - ja, så kender man jo straks ved sam-



Figur 1. Måleopstilling - det skraverede jordvolumens ohmske modstand måles.



Fra bjergningen i 1953. På den vandrette lyse flade ses lidt af en muslingeskal. A. Rosenkrantz fot.

FUND OG BJERGNING

Geologer fra Grønlands geologiske Undersøgelse fandt i 1952 nedstyrtede løse skalrester, der antydede forekomst af enorme muslingeskaller. Dette materiale ledte frem mod findestedet 800 meter over havet på en fjeldryg i siden af dalen Qilakitsoq på den store halvø, Nugssuaq. I 1953 bjergedes under professor Rosenkrantz' og præparator K. Skou's ledelse omtrent 1000 kg kalkhærdnet skifer med kæmpeskaller. Stykkerne blev i rygsække båret ned fra fjeldet til en lejr cirka 700 meter nedenfor og omkring 3 km borte. Rejsen videre foregik med jeep hen over stenede uvejsomme sletter og senere med kutter og atlantehavsskib.



VERDENS STØRSTE MUSLING

PÅ MUSEUM

af Søren Floris

Der er fornylig flyttet rundt på møblerne i den grønlandske sal på Mineralogisk Museum i København. I en frigjort dørniche er der på højkant indfældet en vældig stenplade på 4-500 kg. Den er egentlig sammenlimet af mange små stykker. De viser tilsammen skallen af en muslingeart, der er den største kendte i Jordens historie. Dyrene levede for 70 millioner år siden, i den yngre del af Kridttiden.

STORE MUSLINGER

Skallerne kunne (som her) blive mindst 178 cm lange. De har i hvert fald tilsyneladende været næsten urimeligt tynde. Men inden for det endnu bevarede lag af kalkspat kan der have været et nu opløst lag af perlemor (kalktypen aragonit). Et sådant forstærkende lag kendes hos beslægtede former.

Nærmeste konkurrent i størrelse er en jævndalende musling, der for øvrigt er af samme familie. Den kendes fra USA og blev halvanden meter lang. Den største musling i nutiden er kæmpemuslingen *Tridacna* fra Stillehavet. Den kan blive 90 cm på den længste led.

FRA SLUTNINGEN AF KRIDTTID

Det udstillede materiale blev af grønlandsforskeren, professor Alfred Rosenkrantz bestemt til arten *Sphenoceras steenstrupi*, der iøvrigt kun er kendt fra Grønland. Man ser skalresterne i mørk kalkhærdnet lerskifer, som repræsenterer en hærdnet havbund fra et hav, som hen mod slutningen af Kridttid lå hen over det midterste af Vestgrønland. Havet udfyldte et dengang nydannet indsunkningsområde, hvor der gennem Kridttid og ældste del af Tertiærtid blev opsamlet en 2000 meter tyk serie af aflejringer.

MILJØ

De store muslinger har sandsynligvis ligget løst på havbunden. Man kan regne med, at de har ligget stilfærdigt på blødt lermudder og ernæret sig ved indfiltrering af drivende små-organismer og halvråddent materiale. De bevarede bjergarter tyder på, at mudderet har været fuldt af kun delvis nedbrudt organisk materiale og knyttet til stille iltfattigt bundvand.

menligningen størrelsen af den ukendte ohmske modstand - i dette tilfælde i et vist jordvolumen mellem nogle elektroder. Elektroderne, som man normalt anvender i et antal af fire, er blot nogle stålpløkke med håndtag. Elektroderne placeres på linie og stikkes cirka 10 cm ned i jorden. Figur 1 viser en skitse af målearrangementet. Strømkilden forbindes til de to yderste elektroder (strømelektroderne A og B), modstandsmålekassen kobles til de to inderste elektroder (måleelektroderne M og N).

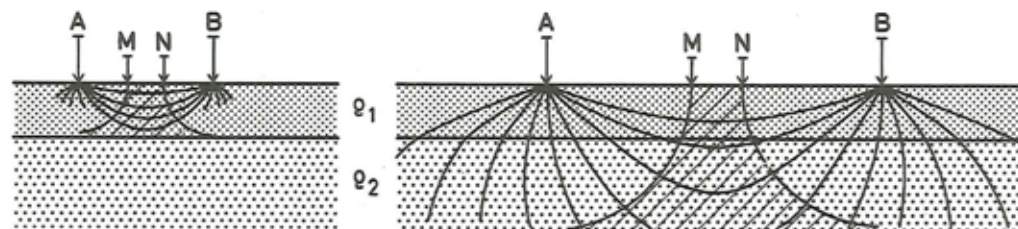
Ved målingen bestemmes den ohmske modstand R i jordmassen (skraveret på figur 1) mellem de to inderste elektroder, og modstanden er lig spændingen V mellem de inderste elektroder divideret med strømstyrken I i det etablerede kredsløb gennem jorden, jævnfør den klassiske "Ohms lov": $R = V : I$. Den ohmske modstand må omregnes til specifik modstand for at kunne oversættes (tolkes) til information om jordartstype. Omregningen sker ved multiplikation med en faktor K , der kun er afhængig af måleopstillingens geometri, det vil sige afstandene mellem elektroderne. Den opnåede specifikke modstand er imidlertid kun en "tilsyneladende specifik modstand", idet der jo oftest er tale om en lagfølge af flere jordartstyper.

HVORDAN BRUGES GEOELEKTRIK ?

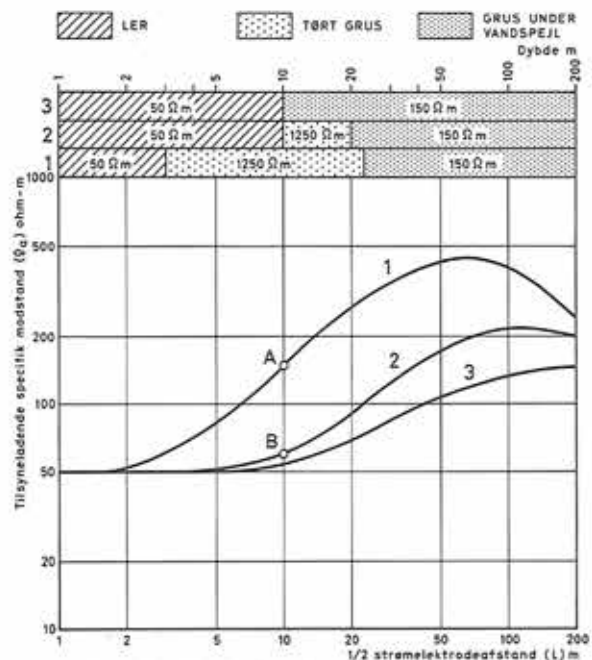
Man anvender målearrangementet med de fire elektroder på to principielt forskellige måder, nemlig til punktprofilmåling - også kaldet elsondering, og til linieprofilmåling.

PUNKTPROFILET

Punktprofilmåling er en geoelektrisk dybdesondering, hvor den lodrette variation i specifik modstand bestemmes. Det sker ved at man ud fra et fast målested foretager en serie af målinger, idet man trinvis flytter strømelektroderne ud i stadig større afstande. Herved tvinges den elektriske strøm dybere ned i jordlagene (se figur 2), og rækken af modstandsmålinger repræsenterer således den "tilsyneladende specifikke modstand" af et stadig større og dybere jordvolumen.



Figur 2. Stigende måledybde med større elektrodeafstand.

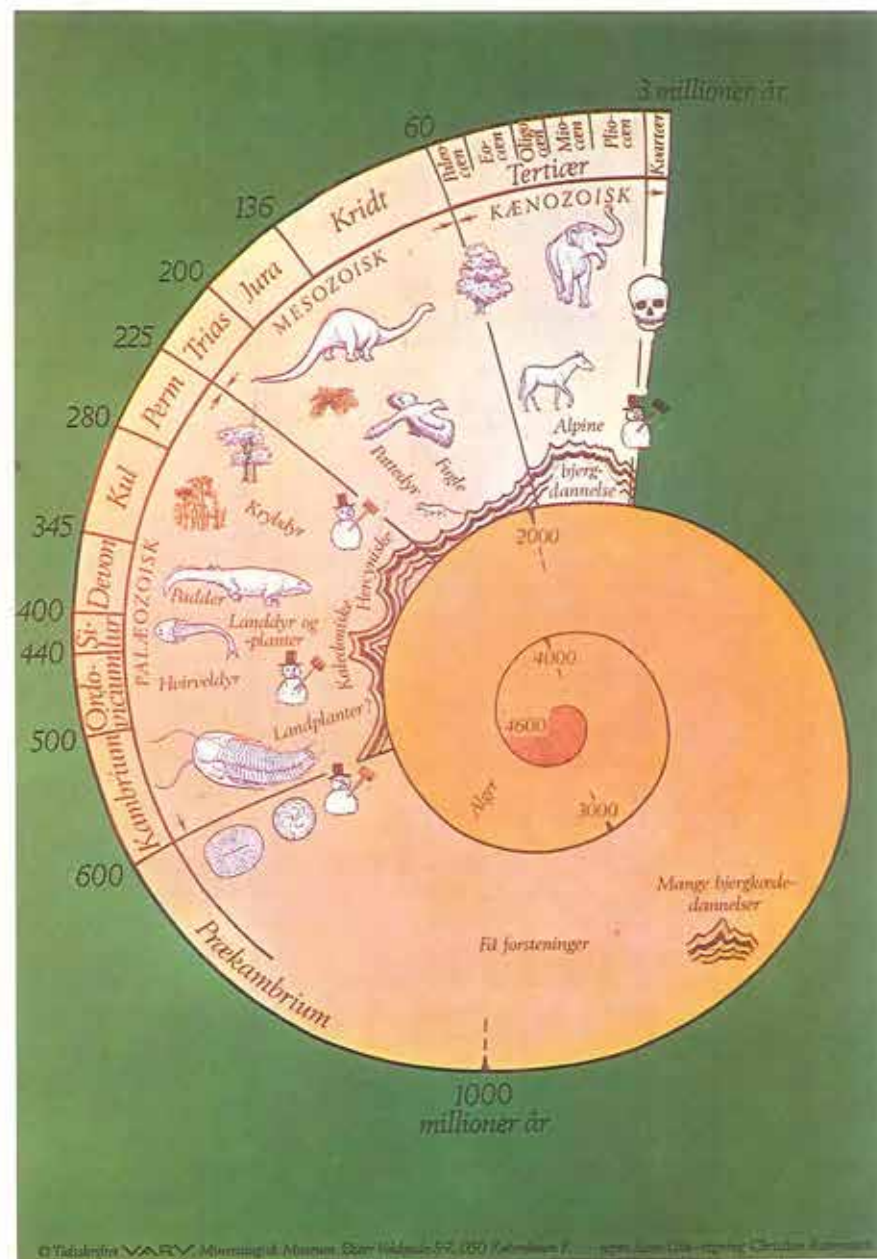


Figur 3. Typiske punktprofil- eller dybdesonderingskurver fra gruskortlægninger.

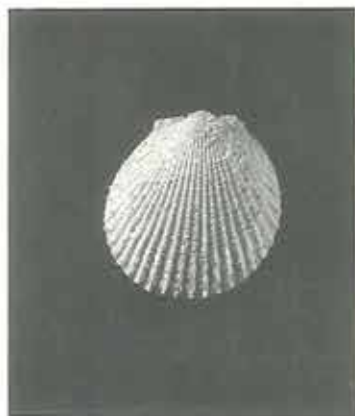
Resultaterne af en punktprofilmåling illustreres ved en såkaldt punktprofilkurve, det vil sige en dobbeltlogaritmisk afbildning af de målte specifikke modstande i forhold til de anvendte strømelektrodeafstande (se figur 3). En sådan "elektrisk dybdesonderingskurve" afspejler den virkelige specifikke modstands variation med dybden, og dermed den eventuelle jordartsvariation.

En kvantitativ udtolkning af karakteristiske laggrænser og jordartstyper ud fra punktprofilkurven er mulig, og sker i praksis ved sammenligning med teoretisk beregnede modelkurver. Tolkingsproceduren kan imidlertid være ret kompliceret og vil ikke blive beskrevet her.

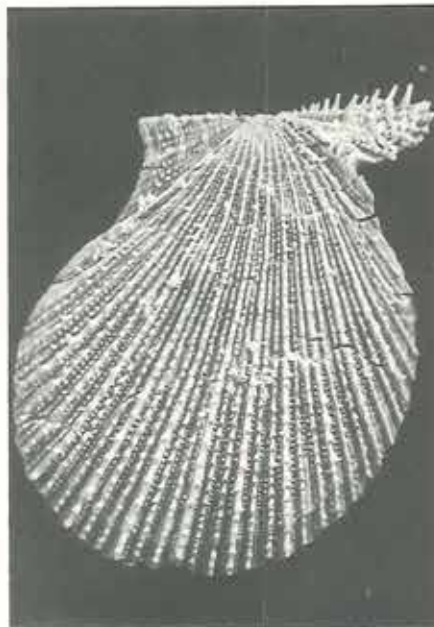
En kvalitativ tolkning af punktprofilkurverne er ofte - og netop i forbindelse med grusprospektering - forholdsvis simpel. Opgaven ved de fleste grusprospekteringer er netop at afgøre, om der er tilstrækkelig tykke forekomster af grus til stede over grundvandspejlet, det vil sige lag med meget høj specifik modstand (ofte over 1000 ohm-m). Endvidere at kortlægge tykkelsen af de lag, der eventuelt overlejrer gruslagene (overjord). En sådan overjord har normalt en forholdsvis lav specifik modstand (40-80 ohm-m). Kurve 1 på figur 3 er en typisk "gruskurve", hvor de lave modstande på første del af kurven skyldes overjord af moræneler, mens den stigende del af kurven afspejler indflydelsen af de tørre gruslag med meget høj modstand. Når stagnationen i stigningen og tendensen til falden-



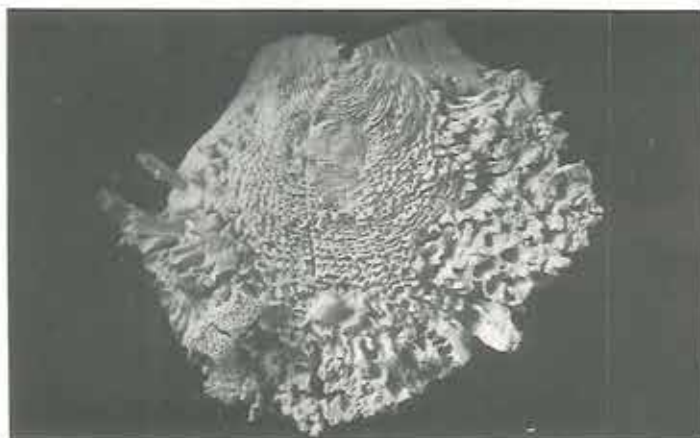
© Tidslinjen VAV, Miljøgeologisk Museum, Øster Voldgade 5-7, 2300 København K. - tegnet af Ole Wingberg Christensen, København.



Figur 5. *Lima granulata* - 17 mm

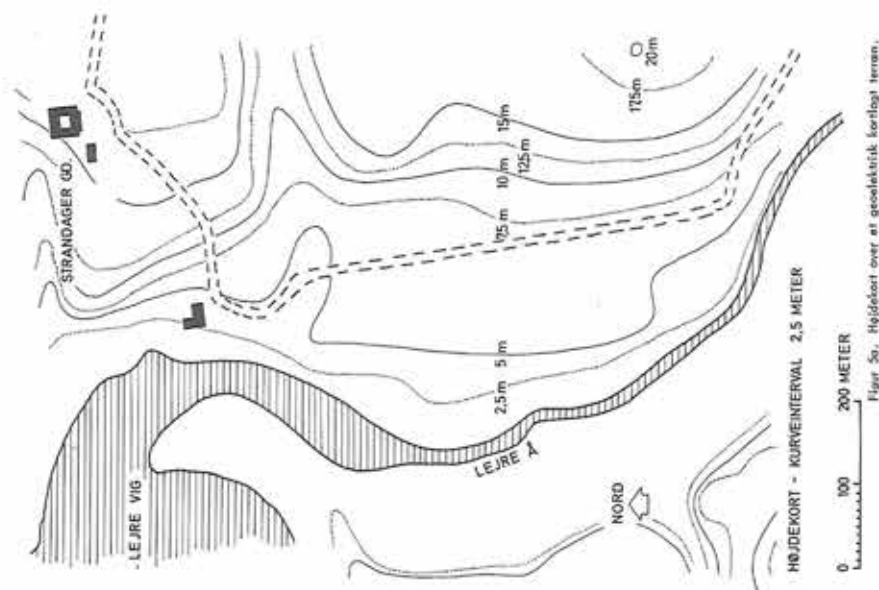
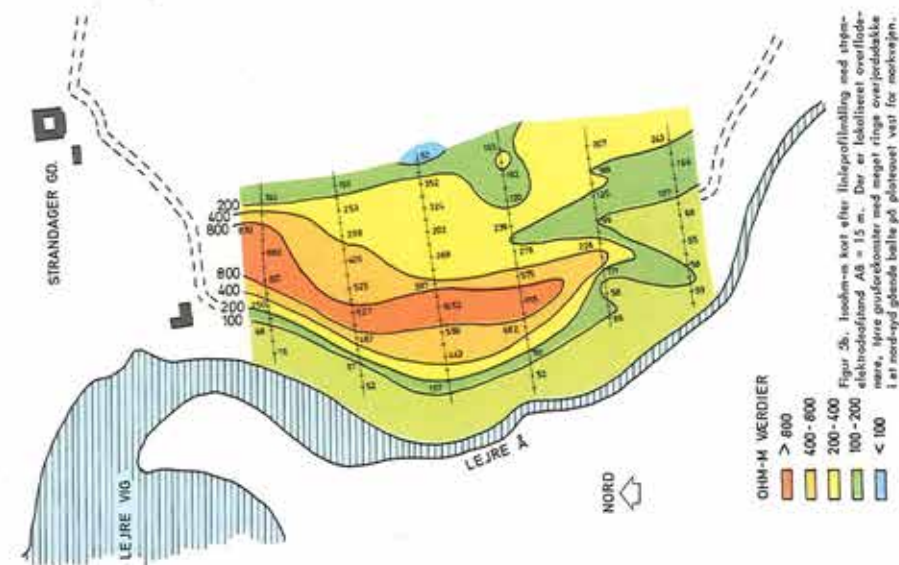


Figur 8. *Pecten variabilis* - 16 mm



Figur 9. *Spondylus dutempleanus* - 45 mm

Figur 5 til 9 viser en række eksempler på præparation af muslinger fra skrivekridtet fra Stevns Klint.



de modstand på kurve 1 først viser sig ved en elektrodeafstand ($\frac{1}{2}$ strømmelektrodeafstand) på 40-50 m, skyldes det de tørre gruslag, der her har en anelig tykkelse (cirka 20 m). Kurve 2 på figur 3 illustrerer et profil med mere overjord, men mindre tykkelse af de tørre gruslag, hvorimod kurve 3 svarer til et profil med moræneler over vandførende gruslag, altså grus under grundvandspejlet.

Et punktprofil kan måles i felten på cirka 30 minutter af et målehold på 3 mand (1 måler og 2 elektrodeflyttere). På en normal arbejdsdag kan der således produceres cirka 10 punktprofiler, idet transport fra målested til målested også tager tid. Antallet af nødvendige punktprofiler ved en grusprospektering kan imidlertid begrænses stærkt ved også at anvende linieprofilmåling.

LINIEPROFILET

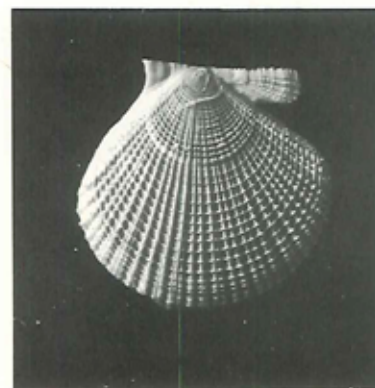
Ved linieprofilmåling flyttes elektrodearrangementet langs linier i terrænet, og ved hver måleopstilling anvendes hele tiden den samme elektrodeafstand (figur 4). Ved hvert målested bestemmes derved kun een modstandsværdi, svarende til eet punkt på en punktprofilkurve. Ved målested eller måleposition forstås elektrodearrangementets midtpunkt. Af figur 2 ses, at hvis man for eksempel anvender en strømmelektrodeafstand på 20 m ($L = 10$ m), vil modstandsmålinger på målesteder med et tyndt dække af overjord over de tørre gruslag (kurve 1 - punkt A) give højere værdier end på målesteder med mere overjord (kurve 2 - punkt B).

Variationen i den specifikke modstand, bestemt ved een og samme elektrodeafstand, langs linier i et undersøgelsesterræn vil således kunne afspejle den vandrette variation i tykkelsen af dæklaget over eventuelle tørre grusforekomster (se figur 4). Ved gruskortlægning har det i Københavns-egnen vist sig hensigtsmæssigt at anvende en strømmelektrodeafstand på 20 m. Grusforekomster, der ikke ved denne elektrodeafstand afsløres som modstandsmaksima, har med det øjeblikkelige prisniveau normalt ingen økonomisk interesse, idet overjordstykkelsen da vil være over 10 meter.

Af de to målemetoder udføres linieprofilmålingen først, idet man derved får lokaliseret eventuelle grusforekomster. Et kurvekort med linier tegnet gennem punkter med samme modstand (isoohm-m kort) (se figur 5) giver endvidere et indtryk af den relative variation i overjordstykkelsen. Efter linieprofilmålingens afslutning måles nogle punktprofiler, placeret på steder valgt ud fra isoohm-m kortets kurvebillede. I disse enkelte undersøgelsespunkter giver punktprofilerne oplysninger om den absolutte overjordstykkelse samt tykkelsen af de tørre gruslag.

Man skal ikke ukritisk "vende" alle muslingeskaller, da det også kan være af videnskabelig betydning at kende muslingeskallens indre karakterer, som for eksempel hængslets udformning, muskelafttryk, kappebugt samt eventuelt epifauna (eksempelvis bryozoaer). I tilfælde hvor det er nødvendigt at bevare disse karakterer til senere studium, kan man naturligvis fotografere disse, men man kan også lade fremstille en gummi afstøbning af skallens indre karakterer inden udtagning af muslingen foretages (om siliconegummi afstøbning henvises til Varv nr. 2, 1970 "Formfuldendt").

Før man forsøger at fjerne eksemplaret fra matrix er det af stor betydning at kende skallens form og bygning, og man må være opmærksom på eventuelt fine torne, der meget nemt kan beskadiges ved for voldsom behandling. Glatte muslinger eller muslinger med kun svag ornamentering (figur 6 og 7) renses meget nemt blot ved forsigtig børstning med vand.



Figur 6. *Pecten puggaardi* - 8 mm Figur 7. *Lyropecten inflexus* - 9 mm

Nylonbørster må frarådes, da de er for "hårde" ved skallerne. Muslinger med tornede ribber (figur 5 og 8) eller ekstremt udviklede kamme og pigge (figur 9) kan ikke præpareres helt så nemt. Her må man successiv afdække skallens yderside ved brug af specielle præparerenaale (nåle sat på skaft) og undervejs styrke det frilagte område med fortyndet zaponlak (opløst i acetone). Itubrækkede ribber eller pigge der knækker under præparationen limes omhyggeligt på, hvor man kan se brudflader.

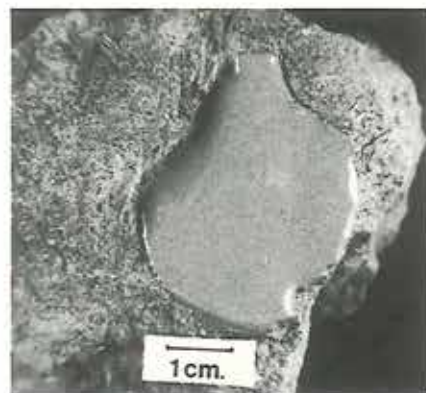
Der behøves undertiden flere timers tålmodighedskrævende arbejde for at præparere et eksemplar som vist i figur 9, men besværet hermed opvejes dog af glæden over at se det færdige resultat - et helt lille "kunstværk".



Figur 1.



Figur 2.



Figur 3.

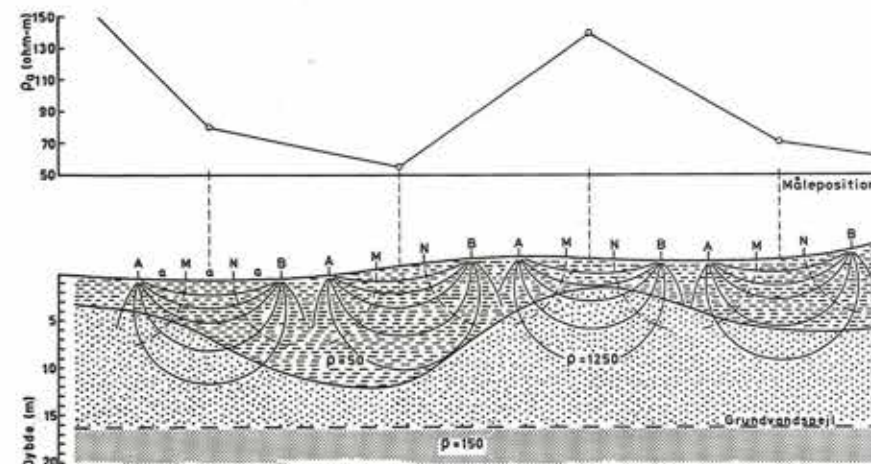


Figur 4.

Figur 1 viser indersiden af en musling (*Pecten cretosus*) delvis indesluttet i Bavnoddegrønsand.

Figur 2. Sammen musling præpareret fri med præparernål, og i figur 3 er muslingen blevet forstærket med plastic padding.

Figur 4. Muslingen er udtaget af blokken og ydersiden rensat for bjergartsmasse.



Figur 4. Linieprofilmåling: Den tilsyneladende specifikke modstand ρ_s varierer med tykkelsen af moræneleret, der dækker de tørre grusaflejringer.

Kortlægning af grusforekomster ved hjælp af geoelektrik er en overordentlig billig fremgangsmåde i forhold til metoder som gravning og boring. Det skal imidlertid understreges, at en kvalitetsvurdering i reglen ikke kan foretages ud fra de geoelektriske data, idet modstanden i tørre sandlag ikke er væsentlig forskellig fra tørre gruslags modstand. Heller ikke indholdet af kalk eller flint afspejles eentydigt ved størrelsen af jordlagenes specifikke modstande.

Vil man, efter at have indkredset de bedste områder, kende materialets kvalitet nøjere, kan det kun ske ved at man direkte tager prøver af materialet.

PRÆPARATION

af fossiler

af Sten Jakobsen

Formålet med enhver form for præparation af fossiler er at befri disse så komplet som muligt for den omgivende bjergartsmasse. Man skelner mellem 2 former for præparation - mekanisk præparation og kemisk præparation. Hvilken metode man skal anvende afhænger af en lang række faktorer såsom fossilets form og størrelse, bevaringsmåden, bjergartens beskaffenhed. Hvis der er forskel i den kemiske sammensætning mellem fossil og omgivende bjergartsmasse (matrix), som det er tilfældet med forkislede fossiler i kalkholdige sedimentter, kan disse relativt nemt frigøres ved brug af syre. Denne behandlingsmåde falder naturligt indenfor kategorien kemisk præparation.

MEKANISK PRÆPARATION

Mekanisk præparation er den metode der anvendes mest når det gælder fossiler af hvirvelløse dyr (snegle, muslinger, koraller, søpindsvin, brachiopoder, hvis skeletdele er opbygget af kalk (CaCO_3)). Her kan man ikke benytte syre uden at beskadige fossilet, og særlige mekaniske behandlingsmåder er nødvendige for at præparere disse. Man taler om mekanisk præparation, enten det blot drejer sig om simpel "håndpræparation" med hammer og mejsel, eller man tager mere avanceret laboratorieudstyr (for eksempel ultralydsbehandling og præparation ved hjælp af sandblæsning med trykluft) i brug. Det kan være vanskeligt generelt at sige, hvilken metode man skal benytte ved præparation af et givet fossil, da de forskellige behandlingsmetoder ofte lapper ind over hinanden. Tager man som eksempel kiselsvampe, der er indlejret i kalksten, er det fristende at benytte kemiske virkemidler til at lette eller helt bevirke adskillelsen, men herved risikerer man at opløse eventuelt kalkskallede organismer, der har levet fastvokset på svampen. Man er derfor nødt til at vurdere hvert enkelt fossil- emne nøje før præparationen påbegyndes.

Hensigten med denne lille artikel er at danne optakt til en række specialartikler om forskellige præparations- og afstøbningsteknikker, der vil blive behandlet i kommende numre af Varv.

Den teknik, der i det følgende skal beskrives, er resultatet af eksperimenter som er foretaget af forfatteren med den hensigt at tilvejebringe en simpel metode, hvormed det er muligt at udtage og frilægge tyndskallede muslinger af ukonsoliderede, bløde bjergarter (eksempelvis skrivestik- kere).

METODE

Når man indsamler muslinger ved at kløve kridtblokke med en hammer, sker det oftest at blokken spalter langs skallernes glatte inderside, mens den mere ujævne, skulpterede yderside sidder skjult i kridtet. Forsøger man at udtage muslingerne resulterer det blot i at skallerne beskadiges eller går helt itu, da de ofte er tyndskallede. For at få sådanne skaller fri må de forinden styrkes. Tidligere benyttede man smeltet segllak, der blev dryppet ned på muslingeskallen, til denne var helt dækket. Herefter blev stykket lagt i vand nogle minutter til kridtblokken var mættet med vand. Den lakimprægnerede musling kunne nu brækkes løs med en kniv eller lignende, og skallens yderside kunne herefter børstes ren med en neglebørste. Segllak som konsolideringsmiddel har dog visse ulemper og resultaterne stod ikke altid mål med forventningerne. Traditionelle limtyper (lufttørrende) har ligeledes været anvendt, men heller ikke disse er anbefalelsesværdige, idet almindelig lim tørrer ved luftens påvirkning eller ved fordampning af de opløsningsmidler den indeholder, og dermed mister op til 60-70 % af volumen, når den er tør. Mange værdifulde eksemplarer behandlet på denne måde er i tidens løb blevet ødelagt som følge af limens krympning.

Det kan derimod anbefales at bruge en hurtighærdende 2-komponent epoxy, for eksempel af fabrikaterne stabilit, express og super-epoxy, plastic padding (kendt af mange hobbyfolk) kan også benyttes. I modsætning til de lufttørrende limtyper hærdner epoxy ved en kemisk reaktion som fremkommer ved sammenblanding af en binder- og hærdkomponent, og skrupmningen er så minimal, at den praktisk taget er uden betydning. Om selve fremgangsmåden ved sammenblanding og brug af epoxy henvises til den ved limen medfølgende brugsanvisning. Før påføring af epoxy limen må der drages omsorg for, at muslingeskallens inderside er fuldstændig frilagt og rensed for overflødig matrix (de forskellige stadier af behandlingen fremgår af figurerne 1, 2, 3, 4). Det er særlig vigtigt at hængsel- og hvirvelpartiet bliver rensed for vedhængende matrix, da netop dette område på mange muslinger er meget tyndskallet. Hvis man ikke sørger for at epoxy limen får kontakt med hele skallen risikerer man, at denne del af skallen bliver hængende i kridtblokken, når skallen brækkes løs. Det er endvidere vigtigt at notere sig, at skallens inderside ikke må børstes ren med vand, da våde skaller er mere skøre end tørre. Brug derfor hellere acetone. I reglen er det dog tilstrækkeligt blot at børste skallens inderside ren med en tør, kortklippet pensel. Påføring af den sammenblandede epoxy foretages bedst med tilspidsede træpinde (tandstikkere).