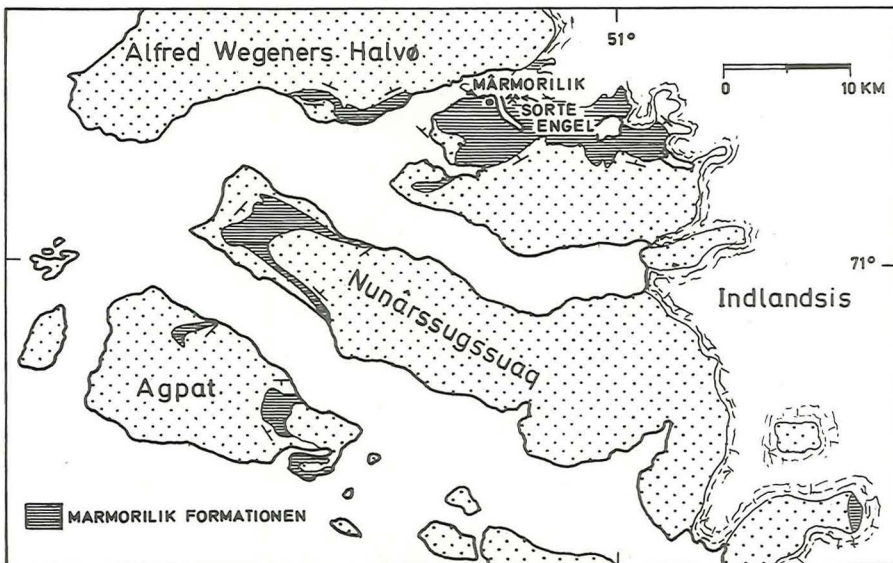


# Marmor ved Marmorilik

af Adam A. Garde

Marmorilik i Umanak-distriktet midt på Grønlands vestkyst er kendt for en enestående geologisk forekomst - den grønlandske marmor med bly-zink malmen ved Den Sorte Engel, for tiden Grønlands eneste igangværende mine. På de følgende sider beskrives marmorforekomsten og den geologiske baggrund for bly-zink malmen, der optræder som et 1-10 m tykt lag i marmoren cirka 650 m oppe på en stejl fjeldside. I en senere artikel vil selve malmen og den vanskelige brydning blive behandlet.

Marmoren har været kendt og i beskeden målestok været brudt til facadesten, for eksempel rådhuset i Lyngby, længe før man begyndte at interessere sig for bly-zink mineraliseringen ved Den Sorte Engel. Marmoren er særlig godt blottet i et 80 km<sup>2</sup> stort område omkring minebyen Marmorilik og mod øst ind mod indlandsisen, se figur 1. Stejle fjeldsider rej-



Figur 1. Marmorilik Formationens udbredelse midt på Grønlands vestkyst.



Figur 2. Udsnit af fjeldsiden øst for "Engelen" med spidse folder i marmoren, og til højre en forkastning.

ser sig op til cirka 1000 m på begge sider af en snæver fjord, og marmoren fortsætter ind mod isen som et plateau i 500-800 meters højde - i den nordlige del af området med en lang fjeldside, som strækker sig øst-vest op til 1100 m. Vegetationen er sparsom, og området giver gode muligheder for at undersøge marmoren i detaljer.

Marmoren udgør hovedparten af den lagserie, som kaldes Marmorilik Formationen. Marmoren er som nævnt værtsbjergart for malmlegemet ved Den Sorte Engel, og med en lagtykkelse på over 1 km er den tilmed en af verdens største, ældre marmorforekomster.

Marmorilik Formationen er aflejret diskordant på granodiorit (= en bjergart med lidt mere plagioklas end en granit) og gnejs. Sidenhen er området genfoldet og metamorfoseret, og marmorens alder kan derfor afgrænses som yngre end granodiorit - gnejs-komplekset og ældre end den seneste regionale metamorfose, som er dateret til cirka 1700 millioner år - altså Prækambrisk - nærmere bestemt tidlig Proterozoisk tid.



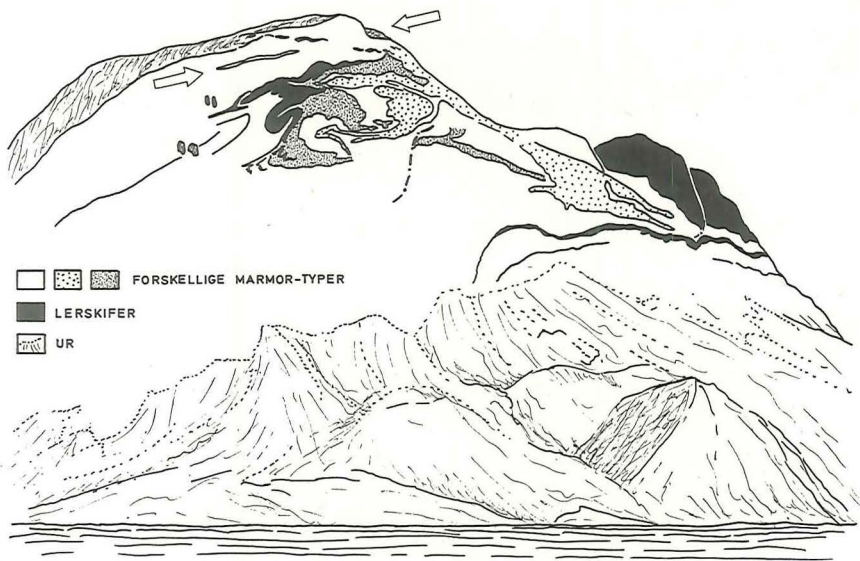
Figur 3. Pålejringskontakt mellem granodiorit (venstre) og lys kvartsit (midt) med bølgeribber i bunden af formationen.

## STRUKTURER

Marmorilik Formationen er nu kendt fra flere forskellige områder adskilt af dybe fjorde, som det ses på oversigtskortet (figur 1), og den er mange steder kraftigt foldet og deformeret. Foldestrukturerne varierer fra åbne til tætte folder, som ikke umiddelbart kan sammenstykes til en fornuftig strukturel helhed fra område til område. Forklaringen er sandsynligvis, at marmoren har været meget mere plastisk under deformationen end de omgivende bjergarter og ikke har været "styret" af stive lag.

I området øst for Marmorilik danner marmoren et åbent foldetrug med længdeakse øst-vest. Desuden findes mange tætte, liggende folder, som kun omfatter en del af lagserien. På de stejle fjeldsider ser folderne ofte endnu mere drastiske ud, end de egentlig er, fordi folderne skærer fjeldsidens retning i en spids vinkel, se figur 2.

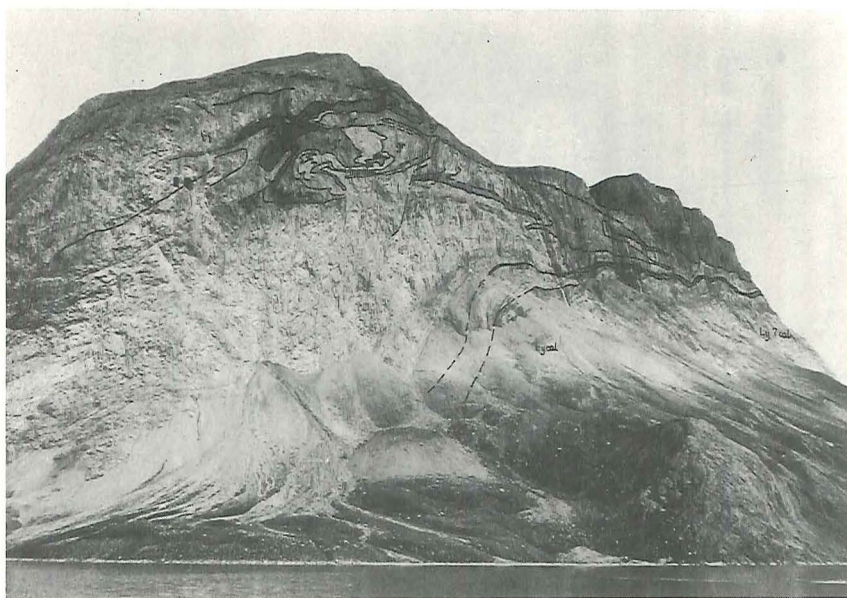
Fra isen mod vest ud mod Marmorilik bliver deformationen kraftigere, og her er foldningen kombineret med overskydninger, det vil sige, marmoren er skubbet sammen langs fladtliggende glideflader. Malmlegemet, der kommer til syne på fjeldsiden overfor Marmorilik, ligger som en stor, uregelmæssig plade i dette område, ovenover Den Sorte Engel. "Engelen" selv er et mørkt, kvarts-glimmerigt lag, der er krøllet sammen i flere tætte folder (figur 4).



Figur 4. Geologiske strukturer i fjeldet overfor Mårmorilik med Den Sorte Engel, malmen ses mellem pilene. Sammenlign bagsiden af Varv 4, 1974.

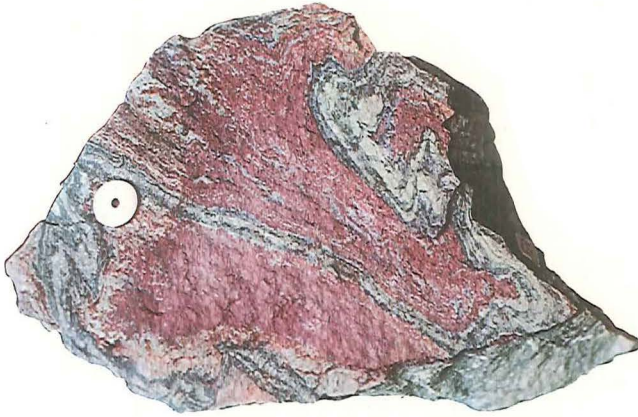
## MARMORILIK FORMATIONENS BJERGARTER

Marmorilik Formationen indledes med et få meter tykt lag af næsten ren kvartsit, som i området ind mod isen hviler på en jævn overflade af granodiorit. I kvartsiten kan man flere steder finde krydslejrning og overflader med bølgeribber, som tydeligt viser, at bjergarten oprindeligt blev aflejret som sand i uroligt vand nær en kyst, se figur 3. Stedvis findes små rullesten af kvarts, men iverdigt meget lidt andet materiale - landskabet bagved har været nedslidt og fladt, således at der ikke kunne komme et større materialetilskud herfra. Kvartsiten går hurtigt over i mørke lerede sedimenter, dog med et stort indhold af finkornet kvarts, og herover følger adskillige hundrede meter marmor med tynde indslag af mørke, glimmer- og kvartsrige bjergarter. Toppen af formationen er ikke blottet - den øverste kendte del består af mindst 100 meter mørke kvarts- og glimmerholdige sedimenter. Der er ikke fundet oprindelige aflejringsstrukturer eller organiske strukturer i marmoren (som for eksempel stromatoliter, der kendes fra andre marmorforekomster af lignende alder). I de mindst forstyrrede områder findes marmoren som plane lag med en utydelig 10-100 cm bækning, men næsten overalt kan man se små, tætte folder.



Marmor er metamorfoseret kalksten og/eller dolomit og består hovedsagelig af karbonatminerale kalkspat (calcit) ( $\text{CaCO}_3$ ) og dolomit  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . I den grønlandske marmor findes også kvarts, mindre mængder af silikatminerale som lys glimmer, tremolit, feldspat, scapolit og desuden ofte svovlkis (pyrit)  $\text{FeS}_2$  og meget finfordelt grafit.

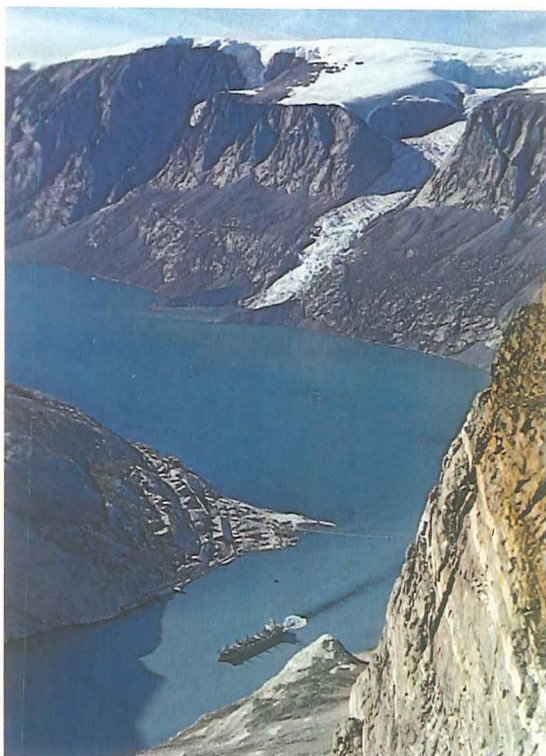
Unge kalksten består hovedsagelig af mikroskopiske skaller af én-celledede dyr og alger (se Varv 1970 side 52). Man kender også nulevende alger, som udskiller kalkkrystaller inde i deres væv. Når algen dør og nedbrydes, kan kalkkrystallerne sedimenteres, og sedimentet vil senere være umuligt at skelne fra kalk udfældet uden biologisk medvirken. Kalkskaller er geologisk set en relativt "ny opfindelse", idet de først optræder i Kambrium. Derfor må Prækambriske karbonater enten være dannet som rent kemiske sediment, eller eventuelt under medvirken af planter - indholdet af finfordelt grafit i Marmorilik Formationen er sandsynligvis rester af organisk materiale, hvis mulige rolle ved karbonat-dannelsen, vi kun kan gisne om. Ved rekrystallisation kan eventuelle organiske strukturer let gå tabt, og i almindelighed gælder, at jo ældre kalksten er, jo længere vil rekrystallisationen være skredet frem. Den grønlandske marmor er temmelig ren, det betyder, at der ikke har været tilført ret meget materiale fra land - klimaet har sandsynligvis været tørt og varmt.



Figur 5. Man kan farve kalkspat rødt med et organisk farvestof, dolomit farves ikke. Her ses en båndet dolomit-kalkspat-bjergart, som senere er smukt foldet.



Figur 6. 5 cm bred malmåre med zink - åren er parallel med de stejltstående marmorlag.



Minebyen på næsset og et stort malmskib syner ikke meget mellem 1100 meter høje fjelde.

## DOLOMITISERING?

Det bliver almindeligvis påstået af geologer, at forholdet mellem dolomit og kalkspat stiger med karbonaternes alder, således at karbonatbjergarter yngre end Jura overvejende består af kalkspat, og at Prækambriske karbonater skulle bestå næsten kun af dolomit. Ændringen fra kalkspat til dolomit kan foregå ved "dolomitisering", tilførsel af magnesiumioner og eventuelt desuden borttransport af calcium-ioner efter aflejringen af karbonatbjergarten, i den fase, som med et fint ord kaldes diagenesen (græsk: omdannelse). Når man i mange år har holdt fast ved "dolomitiserings"-teorien, skyldes det blandt andet, at det indtil for nylig ikke er lykkedes at udfælde dolomit i laboratoriet under forhold, der kunne formodes at herske i naturen. Det vil sige, at man ikke mente, at dolomit kunne dannes som primære aflejringer.

Nok om dolomitisering - her skal blot nævnes, at Marmorilik Formationen indeholder over 100 meter tykke lag af næsten ren kalkspat, samt et enkelt 10-20 meter tykt kalkspatlag, inde i massiv dolomit som - trods folder og forkastninger - kan følges i felten over 8 km på samme niveau i lagserien. Dette udbredelsesmønster viser, at kalkspat-dolomit-lagdelingen fandtes før deformation og metamorfose, og muligvis kan være oprindelig sedimentær.

## HVORDAN ER BLY-ZINK-MALMEN

### VED MÅRMORILIK DANNET ?

Mange steder i verden findes bly-zink sulfidmalme i marmorforekomster, og der er flere muligheder for at forklare deres oprindelse. Især nordamerikanske geologer har ment, at zink og bly stammer fra hydrotermale opløsninger, det vil sige varme restopløsninger rige på tungmetaller, der stammer fra magmaer under størkning, og som ikke kunne få plads i de almindelige mineraler. Denne teori kan underbygges i forekomster, hvor man i felten kan vise, at de malmdannende opløsninger er trængt op tværs igennem marmoren, for eksempel langs forkastninger som har forbindelse med et magmatisk kompleks på større dybde.

En helt anden teori går ud på, at bly- og zinksulfiderne er udfældet som kemiske sedimenter fra havet på lignende måde som karbonaterne. Dannelsen af kemiske sedimenter fra havvand hænger nøje sammen med havvandets iltspænding (oxidationsgrad)(Eh) og surhedsgrad (pH), og eventuelt med tilstedeværelse af komponenter, som kan danne uopløselige forbindelser. Havvand kan indeholde både opløst svovl (som sulfationer,  $\text{SO}_4^{--}$ ), og små mængder opløste bly- og zinkioner, hvis der er passende mængder af ilt til stede. Hvis ilten fjernes, reduceres svovlet fra sulfat til sulfid - og da bly- og zinksulfider er uopløselige vil de derfor udfældes. Moderne have er normalt iltrige, men i lukkede have med begrænset cirkulation, som for eksempel Sortehavet, kan der på dybt vand ophobes rådende dyre- og planterester, som gennem nedbrydningen forbruger al tilstedeværende ilt. Under sådanne forhold reduceres svovl som omtalt ovenfor. Da forrådnelsen ikke er fuldstændig på grund af et iltunderskud, vil der samtidig blive indlejret rester af organisk materiale i sedimenterne - resterne kan senere blive til grafit under metamorfose. Grafitten ses ofte som de gråsorte bånd i den lyse marmor. I de seneste år har man i øvrigt opdaget, at bakterier spiller en vigtig rolle, ikke alene i forbindelse med forrådnelse - de kan også udnytte reduktionen af svovl og på den måde fremskynde kemiske processer, som ellers ville løbe meget langsomt.



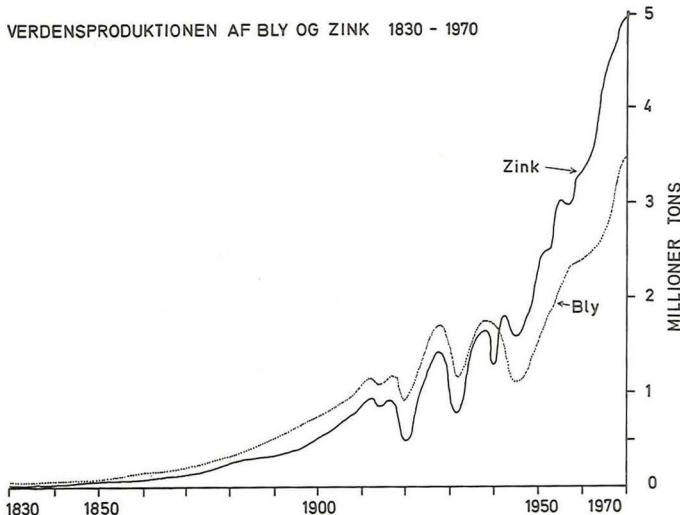
Med denne baggrund vender vi tilbage til Marmorilik. Bly og zink findes ikke kun i malmlegemet ved Den Sorte Engel. Også mange andre steder i marmoren kan man finde små mængder af zinkblende (ZnS) og blyglans (PbS), og det interessante er, at malmineralerne optræder i flere, ganske bestemte horisonter i lagserien. Tit kan man se, at malmen helt lokalt har samlet sig i cm-tykkede småårer (se figur 6), som kan gå "på tværs af lagsøjlen", men det store, generelle mønster synes at vise, at malmen er dannet i bestemte horisonter samtidig med karbonaterne - altså syn-genetisk - og udfældet som kemiske sedimenter.

Sandsynligvis er der desuden senere sket en vis "malmvandring" indenfor marmoren i forbindelse med den senere deformation og metamorfose, hvorved malmen er blevet sekundært koncentreret i den forekomst, som brydes nu. Der er endnu et indicium for, at malmen har en rent sedimentær oprindelse - der findes ingen yngre magmatiske bjergarter i området, som kunne være kilde til eventuelle hydrothermale opløsninger.

Tilbage står spørgsmålet om, hvordan de kemisk/fysiske forhold (Eh, pH) blev reguleret under aflejringen af karbonaterne med deres indhold af bly- og zinksulfider. Skal vi drage en nutidig parallel til de reducerende forhold i Sortehavet, eller kan atmosfærens sammensætning dengang - lavt iltryk? - have spillet ind? Atmosfærens mulige udvikling gennem tiderne er behandlet af J. Allaart i Varv 1972 side 8.

*Adam A. Garde*

VERDENSPRODUKTIONEN AF BLY OG ZINK 1830 - 1970



Malmen ved Marmorilik har en lødighed på 17,6 % zink og 5,0 % bly - i sidste nummer side 128 var det blevet til 50 % bly, da maskinen løb tør for kommaer.