



Kvaneffjeld set fra bugten nord for Narssaq. Det højeste fjeld i baggrunden er Ilimaussaq, som har givet navn til hele den intrusion, som Kvaneffjeldsområdet ligger i. Det lave sorte fjeld foran og til venstre for Ilimaussaq er Kvaneffjeld, som er 600-700 meter højt. Billedet viser, at der er nem adgang for skibe, ligesom adgangen til Kvaneffjeld gennem Narssaq elvdal vil være nem at etablere. Byen Narssaq ligger lige uden for billedets højre kant. Disse forhold, og det at uranmalmen på Kvaneffjeld kan brydes i åbent brud, medvirker til at billiggøre den eventuelle udnyttelse af en forekomst med kun 300 g uran per ton malm. De geologiske undersøgelser af forekomsten er afsluttet, men der skal foretages detaljerede teknisk-økonomiske undersøgelser før der kan træffes beslutning om en eventuel udnyttelse.

*Hermig Sørensen*

# VARV

NR. 2 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1974



I NATUREN OPTRÆDER MANGE DANNELSER, DER KAN SE MENNESKABTE UD, OG SOM HAR SPILLET EN ROLLE I DE LOKALE SAGN OG LEGENDER. BLANDT DISSE DANNELSER ER LANGE STENMURE - GANGE AF VULKANSKE BJERGARTER, DER NU STÅR FREM FORDI DE HAR KUNNET MODSTÅ NEDBRYDNINGEN BEDRE END DE OMGIVENDE BJERGARTER. BILLEDET VISER EN SÅDAN GANG VED REIDSKÖRD I DET NORDVESTLIGE ISLAND - HER BLEV I ØVRIGT EN BERYGTET VAGABOND, SVEINN SKOTTI, HÆNGT I 1648. EN ARTIKEL FORTÆLLER OM DANNELSEN AF FORSKELLIGE GANGTYPER, OG DESUDEN VIL LÆSERNE FINDE ET NYT GEOLOGISK KORT OVER DANMARKS UNDERGRUND, FORSLAG TIL NOGLE SMÅ SPADSERETURE NÆR FÆRGELEJERNE PÅ RÜGEN OG FEHMARN, OG ENDELIG FORTSÆTTER VARV ARTIKELSERIEN OM ENERGIRÅSTOFFERNES GEOLOGISKE BAGGRUND - IDAG OM FOREKOMSTER AF DET RADIOAKTIVE URAN OG THORIUM.

I Ghana vil udgifterne til olieimport stige fra 2 % af nationalproduktet i 1973 til cirka 10 %, og oliens andel af den samlede import vil dermed stige fra 6 % til over 20 % - kan Ghana selv producere olie fra havbunden? Hvad findes der af mineralske råstoffer i Ghana? og hvorledes hænger de sammen med den økonomiske og politiske struktur? Produktionstal, import og eksport? vandkraft? sammenspillet mellem landbrug, klima, jordbund og landets geologiske opbygning?

Alle disse spørgsmål, og flere til besvares i VARV's temahefte nr 1 "Ghana". 3 universitetslærere, som har tilbragt lang tid i Ghana, beskriver dette udviklingsland fra en ny vinkel - de naturskabte forudsætninger. "Ghana" er egnet til emnelæsning i gymnasiet og HF - og kan iøvrigt læses af enhver med interesse for ulandsproblemer.

"Ghana", VARV temahefte nr. 1, 96 sider med cirka 75 illustrationer (heraf mere end 40 farvefotografier). Pris: 25 kr (ved køb af mere end 25 stk. gives 20 % rabat) frit tilsendt. Indsend beløbet på giro 68880 og mærk talonen "Ghana".

VARV er ved at udarbejde et arbejdshefte til brug ved lejrskoleophold eller i skolernes natruffagslokaler. Emnet er analyser af danske aflejringer - ler, sand og grus. Hefte vil formentlig foreligge færdigt i august måned. Endelige oplysninger bringes i VARV nr 3.

## VARV

Postadresse: Tidsskriftet VARV, Mineralogisk Museum, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K. (tlf. (01)135001).

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

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 18.00 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 68880.

VARV's plakater (10 kr), postkort i farver (8 for 7 kr), ekskursionsførere (Bornholm 14 kr, Stevns-Fakse-Møn 20 kr) og samlekassetter (til 6 årgange 8 kr) fås ved at indsende beløbet på postgiro 68880.

Alle henvendelser vedrørende adresseforandring, fejl ved bladets levering, og lignende bedes rettet til postvæsenet.

© 1974 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter tilladelse.

## PLACERING AF RADIOAKTIVT AFFALD

Både modstandere af og fortalere for atomkraft er enige om de farer, som vi giver videre til vore efterkommere i form af stærkt radioaktivt affald. Dette affald skal opbevares sikkert og under kontrol i op mod 1000 år, før dets radioaktivitet er klinget ud. Opbevaringen sker nu blandt andet i betonhuse, hvis placering og konstruktion er bestemt af de lokale geologiske forhold. Men hvis atomkraftværker bliver ved med at skyde op som nu, bliver affaldsmængderne så store, at det vil være ønskeligt at slippe af med affaldet. Hvordan dette skal ske står endnu uløst hen, løsningen på dette problem må baseres på geologisk viden. Her skal nævnes enkelte mulige løsninger. Den mest omtalte løsning på problemet er at placere affaldet i fast form, for eksempel omdannet til glas, opbevaret i tætte beholdere af stål eller et andet stærkt materiale, i dybtliggende saltlag i tektonisk stabile områder. Saltet skal af vandstandsende lag være afskåret fra kontakt med grundvand. Placeres affaldet i huler i sådanne saltlag, vil disse lukke sig om affaldet i løbet af få år og indkapsle det. Salt flyder jo plastisk ved høje tryk. Dette turde være en sikker, men kostbar opbevaringsmåde. Det skal understreges, at det næppe vil være ønskeligt at opbevare affaldet i opskudte saltstrukturer, der som dem i den danske undergrund endnu er i bevægelse, desuden kan der blive tale om at udnytte deres salt.

Andre forslag går ud på at opbevare affaldet i skakter i nedlagte miner eller i udsprængte kamre i stærkt og uopsprækket fjeld, hvor muligheden for grundvandsforurening og undvigelse ikke er til stede.

Endelig er det foreslået at lade pladetektonik skaffe affald af vejen, idet tromler med indstøbt affald kunne anbringes på steder på havbunden, hvor oceanbund er ved at blive skudt ned under kontinentrande. Det vil muligvis kunne lade sig gøre, hvis man kan finde steder, hvor sedimentationen foregår så hurtigt, at affaldet hurtigt bliver dækket og afskåret fra kontakt med havvandet.

Ligemeget hvilket løsning man vælger, vil geologisk viden og fantasi være påkrævet.

## FOR OG IMOD ATOMKRAFT

Jeg skal ikke her gå ind i en detaljeret diskussion af atomkraftens fordele og ulemper. Der findes en righoldig litteratur herom. Jeg skal blot fremføre, at ifølge en geologisk vurdering, som jeg ser problemerne, er atomkraft nødvendig som alternativ energikilde, indtil vi har magt over solenergi og fusionsenergi. Dette ikke blot for at jordklodens befolkning skal kunne komme igennem de nærmeste tiår, men også for at vi kan efterlade vore efterkommere en jordklode med lagre af de vigtige kemiske råstoffer, olie, kul og naturgas, og mindre udpint for råstoffer og dyrkbar jord, end hvis atomkraft ikke kommer ind som en væsentlig aflastende faktor i de nærmeste år.

Det vil også være muligt at udvinde uran fra granit, idet visse store granitlegemer har indhold på op til 10 g uran/ton granit eller mere. Produktion af 100.000 ton uran fra en granit med 10 g uran/ton kræver brydning af 4 km<sup>3</sup> granit, hvilket giver et 100 m dybt hul, som måler 40 gange 1 km, samt en affaldsmængde, der fylder væsentlig mere end 40 km<sup>3</sup>, idet affaldet jo består af pulveriseret og kemikalievædet granit med et stort luftindhold mellem kornene.

Selv om det vil være teknisk muligt at udvinde uran i stor stil af havvand og granit, er de miljømæssige følger så omfattende og skræmmende, at det næppe vil være forsvarligt at gå langt ad disse baner. Man vil altså være henvist til at udnytte uranforekomster med større uranindhold. Sådanne forekomster findes der store mængder af for eksempel i alunskifer, fosforit og brunkul. Når uranminer ikke længere kan sættes hurtigt nok i drift, må man håbe, at andre mere miljøvenlige energikilder, som fusionsenergi og solenergi er gjort teknisk mulige og økonomisk overkommelige. Dette også fordi ulemperne ved atomkraft er så betydelige, at atomkraft bør betragtes som en løsning af akutte energiproblemer, og ikke som en langsigtet foranstaltning.

Thoriumforekomsterne er mange gange større end det skønnede behov for resten af dette århundrede. Thorium benyttes idag kun som brændsel i begrænset omfang, men de mest avancerede reaktorer, højtemperatur-gaskølede reaktorer, som er under bygning i USA, vil være baseret på en blanding af thorium og uran. Thorium har derfor formentlig en betydelig fremtid for sig som nukleart brændsel.

## PLACERING AF ATOMKRAFTVÆRKER

Ved valget af placeringen af kernekraftværker skal der træffes en lang række sikkerhedsforanstaltninger. Som det kan læses i aviserne, skal kraftværkerne placeres i en vis afstand fra tætbeboede områder, og man skal tage hensyn til en lang række forhold, som for eksempel muligheden for at fødemidler dyrket på omliggende marker eller hentet i nærliggende fersk- eller saltvand kan blive radioaktivt forurenet i forbindelse med reaktoruheld.

En geologisk vurdering af byggepladsen er en af de forberedende undersøgelser. Kraftværket skal placeres i et geologisk stabilt område, det vil sige et område, som ikke trues af skred, jordskælv, oversvømmelse og så videre. Desuden skal man sikre, at jordlagene og undergrunden på stedet kan bære den tunge reaktorbygning, og at eventuelle uheld ikke medfører risiko for forurening af grundvand med videre.

Disse forundersøgelser stiller krav om omfattende samarbejde mellem geoteknikere, hydrologer, geologer, biologer med flere.

## Mange gange på Island

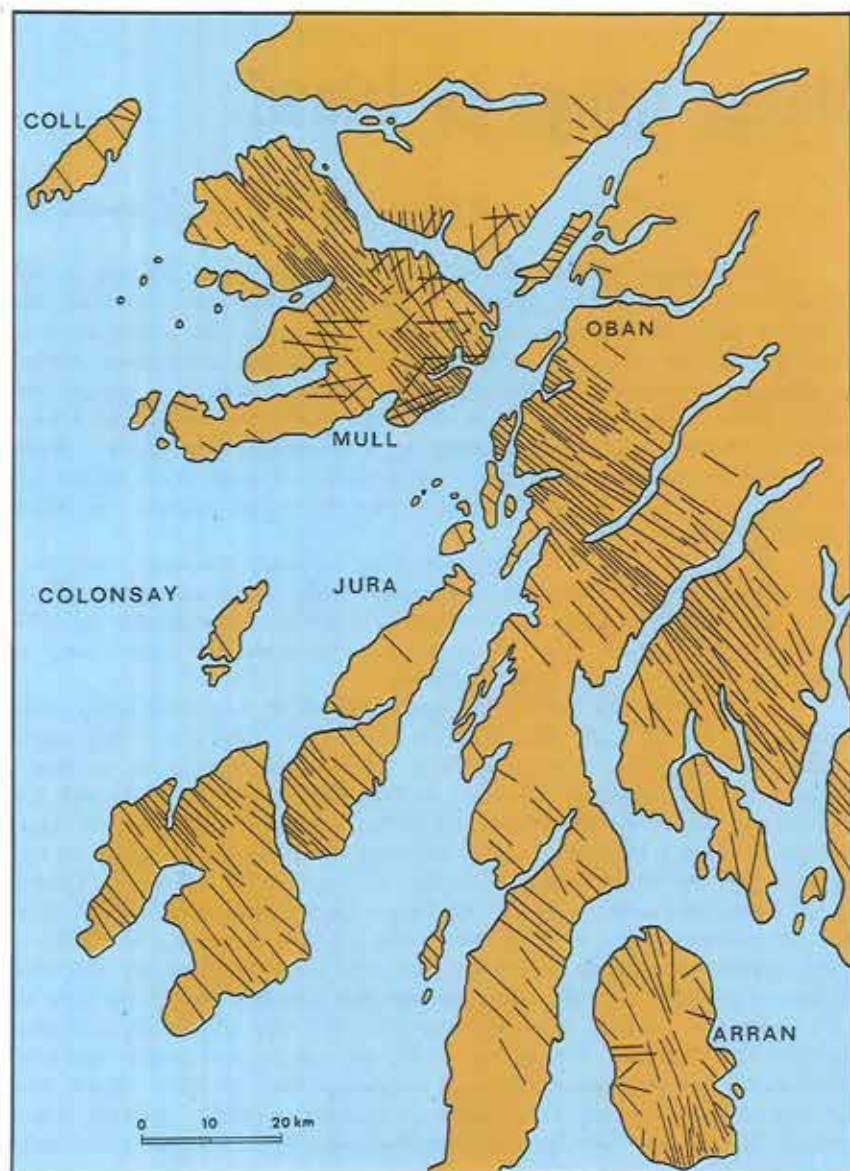
af Walter L.Friedrich og L.A.Simonarson.

For de første indvandrere, der bosatte sig på Island omkring år 900 var deres nye land fyldt af gåder. Der fandtes blandt andet vulkaner, der pludselig begyndte at udspy glødende aske og lava, som ødelagde deres huse, geysere der sprang af og til, og sorte forkullede træstammer mellem de mægtige lavabænke. Der var også murlignende dannelser - gange, der i nogle tilfælde kunne følges flere kilometer over bjergene og især i nærheden af kysten, nogle kunne endda ligne frygtindgydende uhyrer. Hvem nadre end jætten Surtur og hans slægtninge kunne have lavet sådant noget? Selveste Surtur, der for nogle måneder truede Heimaey og skabte Surtsey i 1963-67.

At det var jætter, som byggede disse kolossale stenmure, var der i gamle dage ingen tvivl om, det genspejles i hvert fald i de gamle islandske navne på gangene og de dertil knyttede historier. Jätungardar og trörlahlöð betyder gærder lavet af jætter - jätungardar på Vágar viser, at færingerne også har tænkt over problemet.

Jætterne har nok haft forskellige grunde til at lave disse store sten-gærder. Vi kan i hvert fald pege på en af dem. Den står i forbindelse med den kendsgerning, at gange på hver sin fjordside hyppigt er en direkte fortsættelse af hinanden. Engang i oldtiden boede der to jætter ved den pågældende fjord, men desværre var kvinden og manden på hver sin bred. Det går jo ikke i længden på den måde og det uundgåelige skete da også - de fik lyst til at besøge hinanden. Vejen ind til bunden af fjorden og ud langs den anden side var for lang. Derfor besluttede de sig til at lave en stenbro tværs over fjorden. Det gik fint i starten, men det var dem kun muligt at arbejde om natten, for hvis solen skinnede på dem blev de straks forvandet til sten. Efterhånden som arbejdet skred frem blev de mere og mere ivrige efter at møde hinanden. Til sidst glemte de fuldstændig solen og pludselig stod den på himlen og sendte sine stråler ned over dem med det frygtelige resultat, at de omgående blev til sten. Derfor finder man ofte for enden af en gang en isoleret stenpille, som står ude i vandet. Det er den helt igennem petrificerede jätte, kvinden eller manden (figur 2).

Gange er som regel et ganske karakteristisk træk i landskabet, og man undgår næppe at lægge mærke til dem. Det har derfor været naturligt at bruge dem som kulisser til større begivenheder.



Figur 1. Vulkan-plutonkompleks på øerne Mull og Arran i Vestskotland, præget af gangsværme.



Terningformet krystal af uraninit.  
(1 x 1 cm) Bancroft, Canada.



Uranglimmere. Skorper af autunit  
(gul) (9 x 5 cm) Frankrig. Torbernit  
(grøn) (13 x 9 cm) Cornwall.



Pyrit-rikt urankonglomerat (største  
stykke 12 x 10 cm) Ontario.



Begblendebrer i rødfarvet granit.  
(12 x 8 cm) Jachymov, Bøhmen.

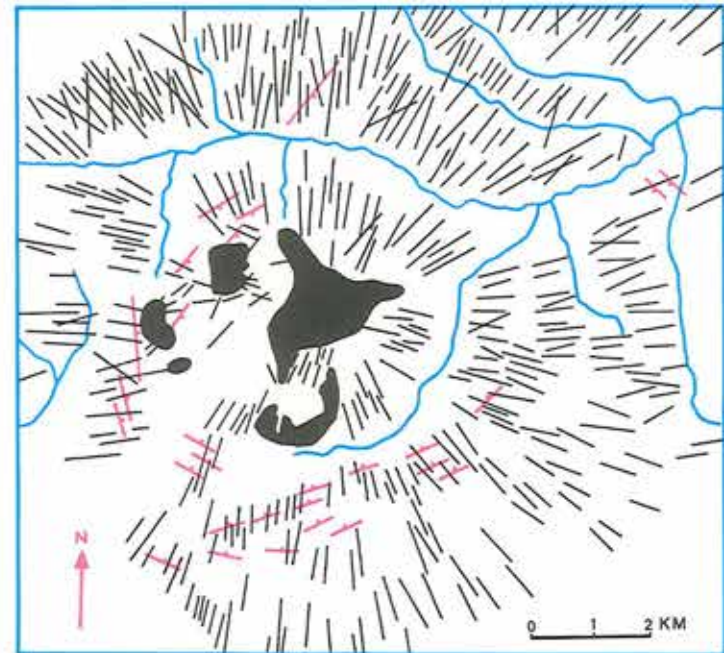


Sandstensmalm med overtræk af gu-  
le og grønne uranglimmere (25 x 15  
cm) Mounana, Gabon.

Der ligger således store arbejdsopgaver og venter på urangeologerne. Det kan her være en trøst at vide, at vor jordklode har rigelige uranmængder. Alene havvandet indeholder 5 milliarder ton uran, som vil kunne produceres til priser, der ligger fire til seks gange over de nuværende produktionspriser. Selv om uranpriserne stiger til dette niveau, vil det imidlertid være en betydelig teknisk præstation at udvinde for eksempel 100.000 ton uran per år ad denne vej. Det kræver, at al uran i et rumfang på cirka 300.000 km<sup>3</sup> havvand skal udvindes. Dette svarer til 13 gange vandmængden i Østersøen (gennemsnitsdybde 55 meter).



Figur 2. Basaltgang ved Skór, Nordvestisland, fripræpareret af havet. Den sidste stenpille er tydeligt præget af søfuglens aktivitet.



Figur 3. Radiale gange og keglegange ved "The Sunlight District" i Wyoming, USA.

Uran i den vestlige verden (angivet som ton uran) reserver - produktion - behov

|                            | Påviste reserver i forekomster, som vil kunne levere uran til pris lavere end \$ 39 kg/uran | Skønnede ressourcer i forekomster, som vil kunne levere uran til pris lavere end \$ 39 kg/uran | Årlig produktion |                      | Behov                  |                                                |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------------------|
|                            |                                                                                             |                                                                                                | 1972             | 1978                 | Årligt behov 1980 1990 | Samlede behov 1973 - 1990 (= kumulative behov) |
| Argentina                  | 16.900                                                                                      | 37.000                                                                                         | 26               | 520                  | 51.000-60.000          | 1.045.000-1.713.000                            |
| Australien                 | 100.500                                                                                     | 107.500                                                                                        | -                | 4.600                |                        |                                                |
| Canada                     | 307.000                                                                                     | 409.000                                                                                        | 4.000            | 10.800               | 100.000-224.000        | 1.045.000-1.713.000                            |
| Central Afrikansk Republik | 8.000                                                                                       | 8.000                                                                                          | -                | -                    |                        |                                                |
| Frankrig                   | 56.600                                                                                      | 49.300                                                                                         | 1.380            | 2.000                | 51.000-60.000          | 1.045.000-1.713.000                            |
| Gabon                      | 20.000                                                                                      | 10.000                                                                                         | 210              | 1.200                |                        |                                                |
| Grønland                   | 5.600                                                                                       | 10.000                                                                                         | -                | -                    | 100.000-224.000        | 1.045.000-1.713.000                            |
| Niger                      | 50.000                                                                                      | 30.000                                                                                         | 870              | 1.500                |                        |                                                |
| Portugal                   | 7.400                                                                                       | 15.900                                                                                         | 81               | 170                  | 51.000-60.000          | 1.045.000-1.713.000                            |
| Angola                     | -                                                                                           | 13.000                                                                                         | -                | -                    |                        |                                                |
| S. Afrika                  | 264.000                                                                                     | 34.000                                                                                         | 3.076            | ikke opgjort         | 100.000-224.000        | 1.045.000-1.713.000                            |
| Spanien                    | 16.200                                                                                      | -                                                                                              | 60               | ?                    |                        |                                                |
| Sverige                    | 270.000                                                                                     | 40.000                                                                                         | 7                | 120                  | 1.045.000-1.713.000    | 1.045.000-1.713.000                            |
| USA                        | 400.000                                                                                     | 839.000                                                                                        | 9.900            | 26.000               |                        |                                                |
| Japan                      | 7.000                                                                                       | -                                                                                              | 15               | -                    | 1.045.000-1.713.000    | 1.045.000-1.713.000                            |
| Jugoslavien                | 6.000                                                                                       | 10.000                                                                                         | -                | 230                  |                        |                                                |
| Andre                      | 11.900                                                                                      | 5.000                                                                                          | -                | 432                  | 1.045.000-1.713.000    | 1.045.000-1.713.000                            |
| IALT                       | 1.547.100                                                                                   | 1.617.700                                                                                      | 19.625           | 47.572 (+ S. Afrika) |                        |                                                |

Nutidens geologer har andre omend ikke så fantasifulde forklaringer på sådanne fænomener. Som gang eller dyke betegnes et langstrakt planparallelt intrusivlegeme, som dannes, når flydende magma trænger op i stejlstående revner i jordskorpen og størkner. Gangenes bredde kan variere mellem få centimeter og til over 1000 meter. På Island har langt de fleste en bredde mellem 1 og 2 meter, og nogle er flere kilometer lange. Verdensrekorden har vel Great Dyke i Rhodesia med en bredde, der varierer mellem 3 og 12 km og en længde på 500 km.

De fleste ganges dannelse skyldes tektoniske bevægelser i jordskorpen. I områder, hvor skorpen er under udvidelse, kan gange optræde som sværme parallelt med udvidelseszonen. På Island findes et område, hvor sådanne gange udgør 15 % af bjergartsarealet på en strækning af knap 3 km. De bedst kendte eksempler på gangsværme findes på øerne Mull og Arran i Vestsotland (figur 1). Også på Grønland har man iagttaget sådanne dannelser.

Når den vulkanske aktivitet ikke er knyttet til lineære strukturer, spalteudbrud og lignende, men er begrænset til punktformede områder, finder man ofte, at gange stråler radialt ud fra det vulkanske centrum. Et af de smukkeste eksempler er vel "The Sunlight District" i Wyoming, hvor man finder radiale gange og kegle-gange ("cone sheets"). Sidstnævnte holder tragtformet ind imod centrum (figur 3).

På Island har man et område på Snæfellsnes-halvøen med koncentrisk anordnede keglegange. Systemets største diameter ligger omkring 11 km (figur 4), og når man tager 30° som den gennemsnitlige hældningsvinkel for disse keglegange, kan man konkludere, at systemets spids ligger cirka 2600 m under bjerget Klakkur, nordøst for gården Setberg.

Keglegange er dannet ved intrusion og strækning af magma i revner, der er opstået, ved at magmaproppen i selve centralvulkanen presses på de overliggende lag. Stejlstående ringgange med buet forløb, der ved fuld udvikling kan opnå en lukket ringform, er en anden gangvarietet. Sådanne strukturer har man fundet på Mull og Ardnamurchan i Vestsotland.

Fladtliggende gange eller sills er dannet ved at magmaet trænger ind i svaghedszoner til siden. Ofte er det grænseflader mellem forskellige sedimenttyper, og på Island ser man tit, at svaghedszonerne er lagflader mellem to basaltlag eller afsnit med "bløde" tuflag. Man kan endda iagttage gange som er stejlstående i starten og senere går over til sills (figur 5).

Gangene er som regel glasagtige i randzonerne på grund af den hurtige afkøling langs kontakten mod sidestenen. Som følge af sammentrækning under størkningen har gangene altid mere eller mindre udpræget søjlestruktur og søjlerne står vinkelret på afkølingsfladen, det vil sige sidevæggene (figur 6).

kraftværkerne. Det er beregnet, at der per år tilføres atmosfæren nogle hundrede ton uran ad denne vej.

Kvanefjeldsforekomsten er omtalt i Varv nr. 2, 1967.

Pegmatitforekomsterne i Ontario har tidligere leveret en del uran og vil atter kunne sættes i produktion, når de eksisterende uranminer ikke kan tilfredsstille efterspørgslen.

Fosforitforekomsterne kan levere betydelige mængder uran, men en uranproduktion er vanskeligt forenelig med de metoder, som nu benyttes ved fremstilling af fosfatgødning. Uranindholdet går op til cirka 0,03 %.

## THORIUMFOREKOMSTER

De vigtigste typer af thoriumforekomster er tungsand med mineralet monazit i Indien, Brasilien, med flere steder. Årer med et stort indhold af de sjældne jordarters metaller, for eksempel i Montana og Californien, carbonatitintrusioner, for eksempel i Sydafrika og ved Fen i Sydnorge, kvartskonglomerater i Blind River-Elliot Lake-området i Ontario, samt nefelinsyeniter i Ilimaussaq-området i Sydgrønland. Sidstnævnte forekomst er måske verdens største samlede thoriumforekomst med et indhold på 100 til 6000 g thorium per ton bjergart.

## BEHOV OG PRODUKTION

Man kan med ret stor nøjagtighed beregne, hvor meget uran, de kernekraftværker, som vil være i drift først i 1980'erne, skal bruge. Og man kan med noget større usikkerhed skønne, hvor meget uran, der skal bruges til ind i 1990'erne. Beregningerne viser, som det kan ses i tabellen på side 60, at de nu registrerede reserver, nemlig dem hvorfra uran vil kunne produceres til priser under 39 dollar per kg uran, er af nogenlunde samme størrelsesorden, som det skønnede samlede forbrug indtil 1990. Det ser jo tilsyneladende meget tilfredsstillende ud, men da der fortsat skal leveres uran til atomkraftværker også efter 1990, kan det ikke nytte at udtømme forekomsterne i 1990. Der skal altså findes yderligere forekomster inden 1990. Skal minerne råde over reserver til 8-10 års drift, hvilket er nødvendigt, for at de kan blive drevet rationelt, skal der inden 1990 findes yderligere 3 millioner ton uran, altså lige så meget som de nu kendte reserver.

Men det vil ikke være fysisk muligt at udbygge de nu eksisterende uranminer til at levere meget mere end 50000 ton uran per år. I 1985 skal der imidlertid bruges 80-130000 ton per år. Det kræver, at nye miner er i drift først i 80'erne og til dels i nye forekomster. Da det tager 5-8 år at sætte en uranmine i drift haster det med at finde nye forekomster.

uranminerale dannes over dette niveau. Sådanne forekomster udnyttes nu i det sydvestlige USA, specielt i Colorado, Utah, New Mexico og Wyoming, samt i de afrikanske stater Gabon og Niger. Disse dannelser findes hovedsagelig i Mesozoiske og Tertiære lagserier.

Cirka 30 % af reserverne findes i over 2000 millioner år gamle kvarts-konglomerater. De vigtigste forekomster findes i Blind River-Elliott-Lake-området i Ontario i Canada og i Witwatersrand-området i Sydafrika. Forekomsterne i Ontario har cirka 0,1 % uran og brydes udelukkende for dette metal. Forekomsterne i Sydafrika var oprindelig guldminer, men nu udvindes desuden et uranindhold på cirka 0,02 % og enkelte konglomerat-lag med større uranindhold brydes kun af hensyn til uran.

Uraninit er det vigtigste uranmineral. Uraninit er ustabil i en iltende atmosfære og mangler derfor i nutidige tungsandsforekomster. Det nedbrydes hurtigt, og uranets iltningsprodukter går let i opløsning og fjernes. Det at uraninit findes som tungsandskorn sammen med pyrit (svovlkis, som også er ustabil i en iltende atmosfære) i disse gamle dannelser, er et af de træk, som angiver, at atmosfæren var iltfattig, da disse forekomster blev dannet.

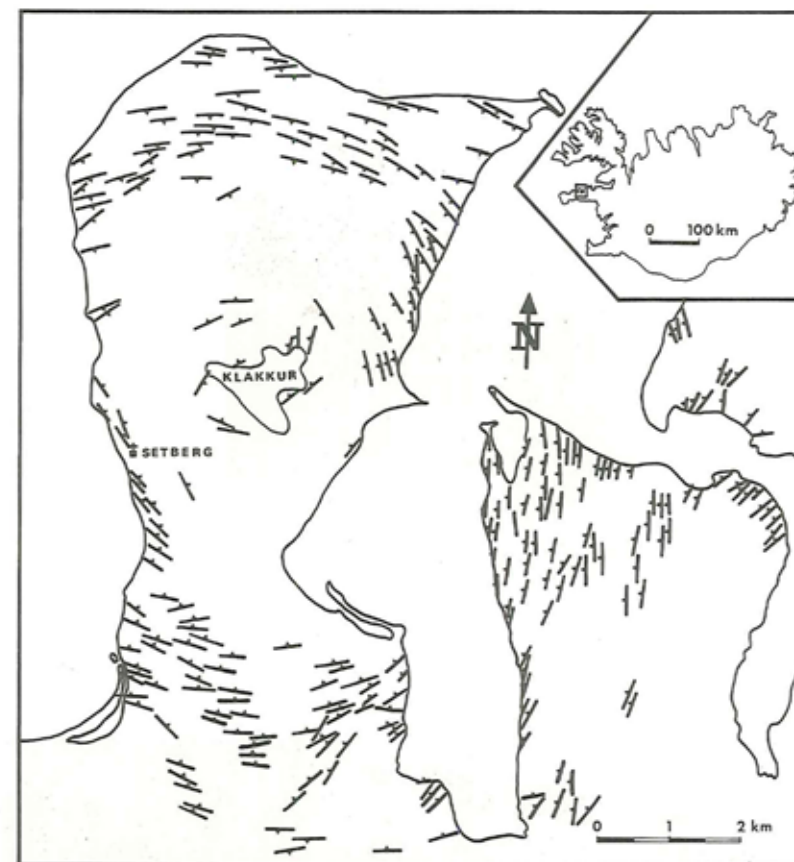
Den tredje vigtige forekomststype er begblende-førende årer, som indeholder cirka 20 % af uranreserverne. Sådanne forekomster dominerede uranmarkedet til sidst i 1940'erne, idet de nu mere eller mindre udtømte forekomster ved Port Radium ved Store Bjørne Sø i Canada, ved Shinkolobwe i Katanga, ved Jachymov i Bøhmen og i Cornwall er af denne type. Åreforekomster brydes nu ved Uranium City i Athabasca i Canada, samt i Frankrig, Portugal og Spanien. Lignende forekomster vil blive sat i produktion i Australien og i Namibia i de nærmeste år. Disse forekomster er knyttet til sprækker i metamorfoserede bjergarter og i granit. De er dannet ved udfældning af uran, som har været transporteret af varme vandige (hydrotermale) opløsninger. Om opløsningerne stammer fra dybtliggende processer, eller er af overfladeoprindelse diskuteres stadig.

De resterende cirka 10 % af uranreserverne findes i sorte bituminøse skifre (for eksempel i Sverige), i fosforit (for eksempel i USA), i visse typer af kobberforekomster (for eksempel i USA), i kul (for eksempel i Dakota, USA), i nefelinsyeniter (for eksempel ved Kvanefjeld i Sydgrønland), i granitpegmatiter (for eksempel i Ontario, Canada), med mere.

Bituminøse skifre har fra 0,002 til 0,03 % uran og indeholder kolossale mængder af uran. Brydning og udvinding er dog vanskelig. Sverige udvinder nu cirka 10 ton per år fra sådanne forekomster, der minder om den bornholmske alunskifer.

Kobberforekomsterne har meget lave uranindhold, som vil kunne udvindes ved højere uranpriser.

Kul kan have betydelige indhold af uran, op til 0,2 %. Dette uranindhold vil eventuelt kunne udvindes, når uranprisen stiger. Nu bidrager det til den almindelige radioaktive forurening, når kul afbrændes i



Figur 4. Keglegange nordøst for gården Setberg, Vestisland. (efter H. Sigurdsson).

Det er en almindelig opfattelse blandt geologer, at de fleste gange har haft med lavatilførsel at gøre, hvilket passer med, at de islandske plateaubasalter overvejende synes dannet ved spalteudbrud. Derfor bliver gangene også mere og mere sjældne, desto højere vi kommer op i stablen af basaltlag. Desværre er det kun sjældent, at man har fundet overgangen fra gang til lavalag.

Gangen er ofte mere bestandig over for erosion end sidestenen og vil i det tilfælde rage op som en mur. Det kan også ske, at den forvitrer lettere end sidestenen, hvorved der dannes en grøft. Endelig kan sidestenen gennem varmpåvirkning være blevet hårdnet i den grad, at den udgør det mest modstandsdygtige element (figur 7).



Figur 5. Basaltisk intrusionslegeme med gange (lodret) og sills (horisontalt) ved Mókollsdalur, Nordvestisland. Den lysegule farve viser den zone der blev opvarmet og forandret ved den glødende basalts indtrængen.



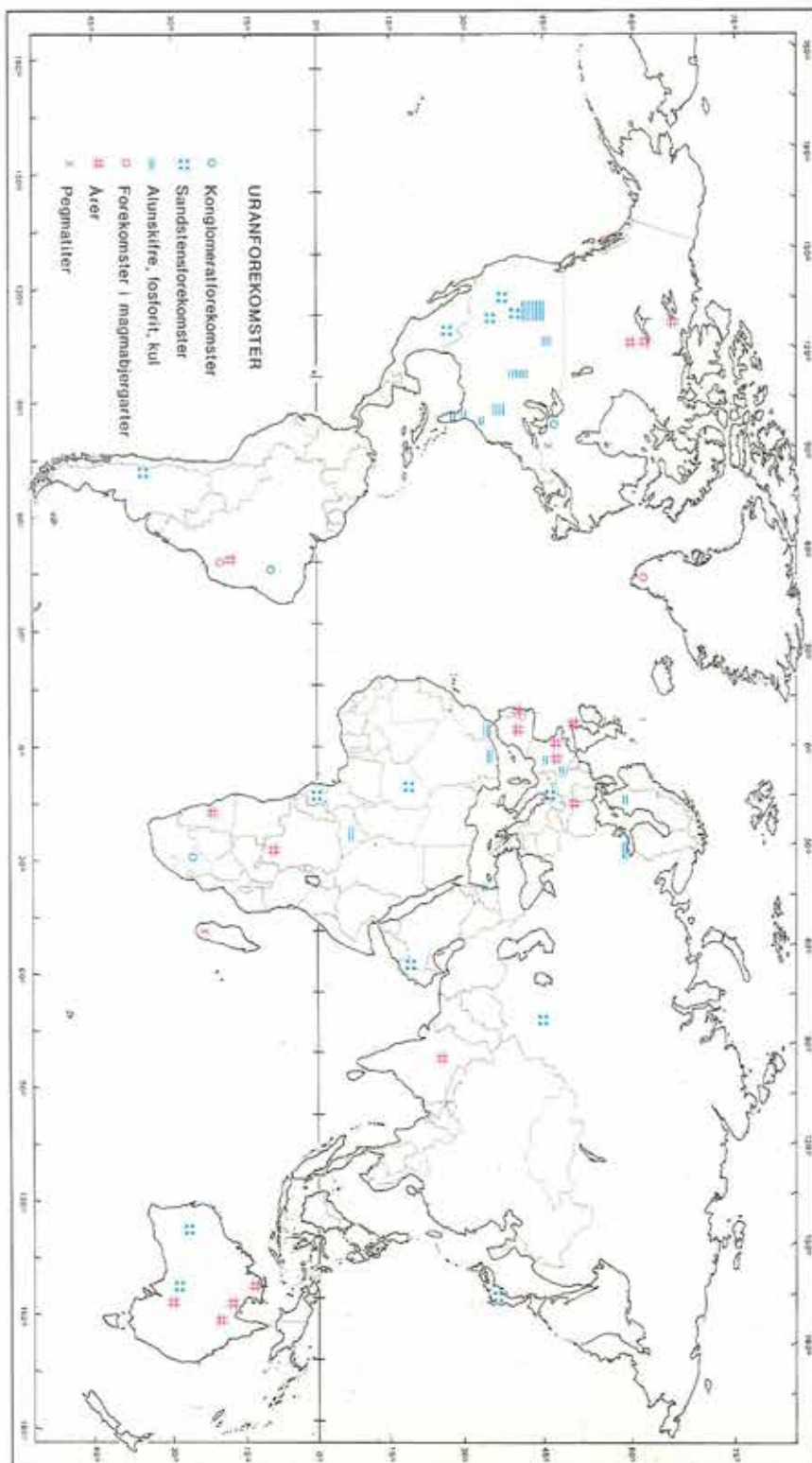
Figur 6. Basaltgang ved Nordurá dalen.

Pronto Mine, Blind River, Ontario, Canada. Denne mine var den første i Blind River-områdets konglomeratmalme. Den er nu udtømt. Slammet i forgrunden er affald fra oparbejdningen af malm.

Nogle uran- og thoriummineraller

| NAVN          | KEMISK FORMEL                        | EGENSKABER                                   |
|---------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|
| uraninit      | $U_3O_8(UO_2)$                       | sorte krystaller, tunge, vægtfylde ca. 10    |
| begblende     |                                      | sort begagtig, skorper, klumper, kugler      |
| thorianit     | $ThO_2$                              | brune til sorte krystaller                   |
| coffinit      | $U(SiO_4)_{1-x}(OH)_x$               | sorte pulveragtige aggregater                |
| thorit        | $ThSiO_4$                            | gule-brune-orange krystaller                 |
| monazit       | $(Ce,La)PO_4$                        | brune til rødbrune krystaller                |
| uranglimmere: |                                      |                                              |
| carnotit      | $K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 1-3H_2O$  | gul, grøngul, blødt pulver eller skorper     |
| autunit       | $Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10-12H_2O$ | gule tavleformede krystaller eller skorper   |
| torbernit     | $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 12H_2O$    | grønne tavleformede krystaller eller skorper |

Uranglimmere er sekundære uranmineraller dannet ved forvitring af uranholdige bjergarter eller ved afsætning fra uranholdigt grundvand nær jordeverfladen. De indeholder uranyl-ioner  $(UO_2)^{2+}$ , der fremkommer ved oxidation (iltning) af primære uranmineraller. I uraninit findes uran som uran-ioner.



Figur 7. Basaltgang ved Varnsfjörður Nordvestisland. Bækken har gravet sig ned langs den spalte gangen trængte ind i og borte- rodede størstedelen af de "blødere" sidebjergarter. Resultatet er en mur i bækken.

På Island har man lagt mærke til, at der i plateaubasaltområderne synes at være en vis sammenhæng mellem gange og varme kilder. Gangene er ofte spaltet op i midten og derfor godt vandførende. I andre tilfælde søger det varme vand op langs gangenes sider. Da gangene altid er yngre, end den bjergart de er trængt ind i, kan det også ske at de gør sig gældende i jordmagnetiseringen. Når man for eksempel har et basaltlag, der er normalt magnetiseret, og basaltgangen trænger ind på et tidspunkt, hvor jordens magnetiske felt er forandret, så vil basaltgangen "fastfryse" denne forandring, der består i at magnetisk syd og nord har byttet plads.

På Island er de fleste gange basaltiske, men der forekommer også mere kiselsyrerige (liparitiske) gange med en sammensætning svarende til granit. Man kan endda iagttage sammensatte gange, som er liparitiske i midten, men basaltiske ud til siderne.

Walter L. Frischke      hefur A. Simonarson



## MUSEUMS-NYT

af Niels Hald

I slutningen af 1973 skar de arabiske lande ned på eksporten af olie til de fleste europæiske lande. Danmark fik således kun omkring 80 % af de normale olietilførsler. Trusler om yderligere nedskæringer gjorde situationen meget alvorlig. Nu er normale tilstande næsten genoprettet hvad angår den mængde af olie, som Danmark importerer, men den pris vi skal betale for olien er til gengæld ikke længere den samme.

Det var ikke nogen pludselig opstået mangel på olie, der var skyld i denne krise. Alligevel har krisen fået folk til at tænke på, at olien en skønne dag vil være brugt op. Varv har i det foregående nummer behandlet to af oliekrisens aspekter: dels den mangel på olie, som man må regne med vil være en realitet måske allerede i slutningen af dette århundrede, dels udnyttelsen af uran fra Grønland som en supplerende energikilde.

Mineralogisk Museum har fulgt energiproblemet op med en udstilling om olie. Der fortælles om, hvorledes olien dannes og samles i de såkaldte olie-fælder og om, hvorledes geologerne er i stand til at lokalisere olien, der oftest ligger flere kilometer under jordoverfladen. Der redegøres for produktionen forskellige steder i verden og for størrelsen af de reserver, som man regner med er til stede. Særligt omtales den olie, der findes i Nordsøen, og de muligheder, der er for at finde olie på Grønland.

En udstilling om kontinentaldrift åbner efter de foreløbige planer i begyndelsen af juni.

Teorien om, at Jordens fastlande ikke ligger stille, men bevæger sig i forhold til hinanden, blev fremsat af den tyske geofysiker Alfred Wegener i 1912. I begyndelsen mødte teorien meget modstand, men nye epokegørende opdagelser inden for geovidenskaberne i de sidste 15 år har betydet, at de fleste geologer nu er overbevist om, at teorien (i en moderne udformning) er rigtig.

Wegeners teori giver blandt andet en forklaring på, hvorfor der er bjergkæder i Sydamerika, vulkanudbrud på Island og jordskælv i Japan, og hvorfor der i Ordovicium var istid i Sahara, mens det i Perm 200 millioner år senere var Sydafrika, der var dækket af is.

Udstillingen er udlånt til Mineralogisk Museum af Geologiska Institutionen i Uppsala.

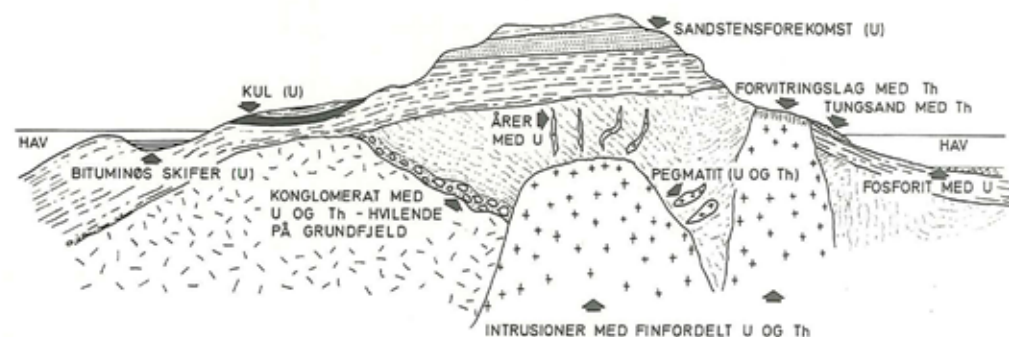
Nogle træk af urans geologiske optræden og jagten på uran er behandlet i Varv nr. 1, 1974. Her vil andre sider af urans og thoriums geologi blive behandlet.

Uran og thorium er vidt udbredte i naturen og findes i små koncentrationer i de almindeligt forekommende bjergarter. 1 ton granit indeholder for eksempel 4 gram uran og cirka 12 gram thorium.

En brydeværdig uranforekomst har indtil nu skullet indeholde mere end 800 gram uran/ton bjergart eller i visse tilfælde op til 3000 gram/ton = 0,3 %. Kun hvor uran har kunnet udvindes som biprodukt ved anden metaludvinding, har man kunnet udnytte lavere koncentrationer, for eksempel 0,02 % i Sydafrikas guld-uran-miner. I Sverige har man udvundet uran af forekomster med 0,03 % uran, men til priser, som har ligget højt over markedsprisen.

Markedet for thorium har til nu været så beskedent, at udvinding af thorium som biprodukt ved forskellige mineproduktioner rigeligt har kunnet dække behovet. Det kan her indskydes, at thorium ofte i naturen ledsager visse metaller, de såkaldte sjældne jordarters metaller, som i de seneste år har været stærkt efterstræbt, blandt andet på grund af deres anvendelse i farvefjernsynsapparater. Der har derfor været en så stor biproduktfremstilling af thorium, at man i en række miner har opgivet at udvinde thorium, der således bortgår med affaldet.

SKEMA OVER FOREKOMSTMÅDER AF URAN (U) OG THORIUM (Th)



## URANFOREKOMSTER

Uran udvindes nu af tre typer af forekomster. Cirka 40 % af reserverne findes i sandsten, hvor uran efter aflejring af sandet udfældes af cirkulerende grundvand, når særlige fysisk-kemiske betingelser er opfyldt. Uranindholdet er på 0,1-0,3 %. Under grundvandsspejlet dannes uranminerale uraninit og coffinit, mens carnotit og andre sekundære

# ATOMKRAFT OG GEOLOGI

af Henning Sørensen

Oliekrisen i efteråret 1973 gjorde det klart for de olieimporterende lande, at det er risikabelt at forlade sig på olie som den dominerende energikilde. Nødvendigheden af at finde alternative energikilder blev på en gang åbenbar for alle. Disse forhold er diskuteret i Varv nr. 1, 1974. Siden den artikel blev skrevet, er oliekrisisens akutte stadium passeret, og den fremtidige udvikling begynder at tegne sig. De olieimporterende lande har vist, at det er muligt at nedskære olieforbruget gennem mere effektiv udnyttelse af energien, gennem besparelser og gennem bekæmpelse af spild af energi. Ydermere har man, i den udstrækning det er muligt, anvendt alternative energiråstoffer, først og fremmest kul, og forsknings- og udviklingsarbejde er intensiveret både med hensyn til at finde nye olie-felter og at udvikle nye energikilder. Disse foranstaltninger vil formentlig tvinge de olieproducerende lande til at nedsætte olieprisen, selv om man næppe skal regne med atter at kunne købe råolie til så lave priser som i september 1973. En forudsætning for at holde olieprisen nede er, at der er konkurrence på energimarkedet. De to eneste virkelige konkurrenter til olie og naturgas er i dag kul og atomkraft. I det følgende vil kun atomkraft blive omtalt, idet kul vil blive behandlet i en senere artikel.

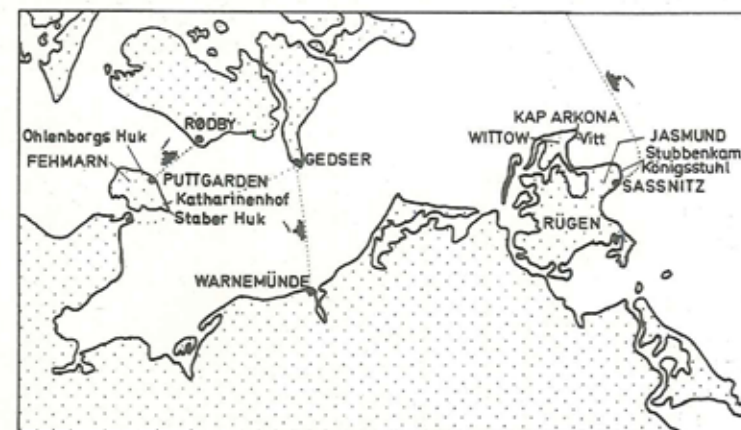
Som nævnt i forrige nummer af Varv, anvendes cirka 20 % af energiråstofferne til at fremstille elektricitet. Men elektricitet forventes at brede sig på andre energiformers bekostning. Man regner med, at elektricitet vil blive benyttet til opvarmning i stigende omfang, at industriens el-forbrug vil vokse, og at transporten i betydeligt omfang vil blive elektrificeret. Det sidste gælder både tog og biler. Denne tendens skyldes, at el-fremstilling kan baseres på flere energiråstoffer, hvilket vil lette presset på olie og naturgas. Dette er en af årsagerne til, at atomkraft nu er i hurtig fremmarch. Mens en forsvindende del af el-fremstillingen i dag er baseret på atomkraft, forventes atomkraftværker at levere cirka 50 % af den elektricitet, som vil blive fremstillet i år 2000.

Geologien har en central betydning inden for tre områder af atomkraftsektoren: 1. ved fremskaffelsen af energiråstofferne, 2. ved valget af placering af atomkraftværker, og 3. ved opbevaringen af det radioaktive affald.

## DE NUKLEARE ENERGIRÅSTOFFER

Atomkraft baseres nu på de tre metaller uran, thorium og plutonium, hvoraf de to første forekommer i naturen, mens plutonium dannes i reaktorer ved bestråling af uran med neutroner. Bliver fusionsenergi realiseret engang i fremtiden udvides listen med tung brint (deuterium) og lithium.

# Geologiske billeder fra Rügen ~ Fehmarn



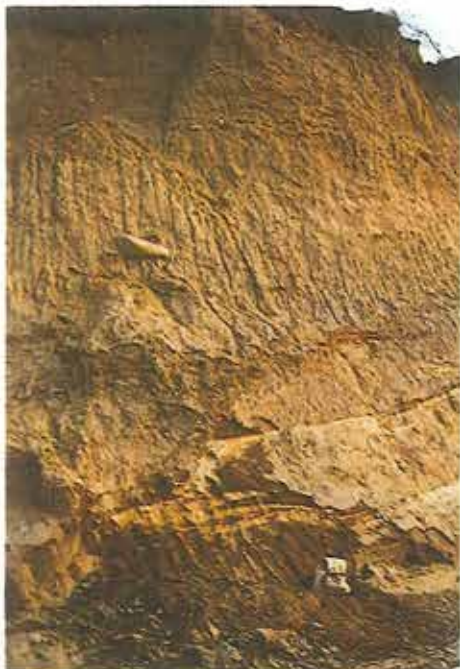
af Kaj Strand Petersen

Det har længe været almindeligt, at mange danske undergrundskort strengt har holdt sig indenfor vore grænser. Nu har netop dette nummer af Varv brudt med dette og angivet dannelserne lige under istidslagene på strækningen fra Sønderjylland til ind i Polen (se side 48-49). Det ville vel da være nærliggende gennem en række billeder med korte kommentarer at søge at illustrere denne geologiske "landvinding". Måske især da mange læsere af Varv vil passere igennem dette område i den tilstundende sommer. De udvalgte lokaliteter ligger som det ses netop ved de fra turen sydpå kendte overfartssteder.

Som undergrundskortet viser, har man i Rügen området kridtidens aflejringer lige under istidernes afsætninger. Kridtlagene ses allerede fra båden under indsejlingen til Sassnitz. Ved at gå nordud af byen vil man kunne gå nedenfor disse 100 meter høje klinter frem mod Stubbenkammer med Königsstuhl - her som på Møn viser kridtklinterne sig at bestå af store flager opskudt foran den is, som trængte fra øst gennem Østersøbasinet. Tilstedeværelsen af Kvartære lagserier, der også omfatter moræner, som er medfoldet, viser, at denne opskydning må være sket efter at tidligere gletschere havde passeret området. Det storformede kystprofil på Jasmund gør dog studiet af den Kvartære lagserie vanskelig. Den ses bedre på halvøen Wittow mod nordvest, hvor man på strækningen fra Kap Arkona med vnderborgen Jaromarsburg mod syd til den hyggelige lille landsby Vitt på en strækning af 2 km har Kvartæret hvilende på skrivekridt, der træder frem mod nord i flere gode blotninger. Man finder to moræneaflejringer med mellemliggende sand- og lerlag, som er disloceret (flyt-



Figur 1. Oppresset kridt- og flintfattigt moræner, samt overliggende lagdelt sand. Den overlejlende moræne øverst i profilet, afsat af den dislocerende gletscher, er rig på bjergartsstykker fra Kridttiden.



Figur 2. Vest for Geinitz Ort udfylder en flintrig moræne det meste af klint-afsnittet - stedvis indeholder den Tertiære "smører". Den overlejlende store sand/ler serier man har passeret på vejen fra Warnemünde i den isforstyrrede del af klinten. Man bemærker de deformerede sandlag ved basis og den fremtrædende bænking i morænen.

konsentration på 4 tusendedele g/tonn? Det betyr at for å få dannet en "nugget" på 4 g rent gull måtte samtlige gullatomer innenfor en skorpekule med radius 4,5 m gå med dersom gull hadde vært jevnt fordelt over hele skorpen".

Vi får endvidere at vide, at en guldforekomst med dagens guldpriser og brydningsteknik, skal indeholde mindst 5 til 10 gram guld pr. ton brutt sten for at være brydningsværdig, - at "i Hohe Tauern i Alperne drev allerede kelterne 150 år f.Kr. på tertiære gull-kvartsganger av denne type", - og at ægypterne fik "kontroll over kobberforekomstene på Kypros og gullforekomstene i Nubia. Dette var i over 2000 år forutsetningen for faraonenes kunstsatter og velstand". Disse opplysninger er hentet fra andre og mere naturlige sammenhænge i kapitlerne "Jorden, Månen og planetene", "Mineralogi", "Malmgeologi" og "De geologiske vitenskaper og menneskene".

En naturlig forudsætning for, at der kan være et menneskelig aspekt, er selvfølgelig hele den biologiske utvikling, og den behandles i kapitlet "Livets oppståen og utvikling". Her er teoriene for dannelsen af de første ikke-biologiske organiske molekyler og disses sammenkobling til stadig større enheder ved hjelp af lermineraler og protein-enzymmer. Et vigtigt trin i utviklingen var, "at noen tilfeldigvis venstredreierende proteiner virket som de tidlige biologiske katalysatorer" ved dannelsen af nye store molekyler, der "utkonkurrerte andre organiske stoffer som hadde tilløb til liv".

De flercellede organismer oppstår, og vi får de palæontologiske vidnesbyrd om plantelivets og dyrelivets utvikling, vekslende med almene opplysninger. Et eksempel: "Skallbærende blekkspruter (nautiloider) utviklet gassfylte kamre, og det fant sted en rask oppblomstring av denne dyregruppe, med høydepunkt i mellom-ordovicisk tid. De hører antagelig til de første virkelige rovdyr i de paleozoiske hav". Hele forløpet er fængslende, fordi vi alle er "direkte etterkommere etter de samme få organiske molekyler som tilfeldig sluttet sig sammen på en vellykket måte i den probiotiske suppe".

Som citatene viser, er det let både at læse og at forstå denne gode og anbefalelsesverdige norske bog.

Intet menneskeværk er dog fuldkomment. Denne bog mangler et emneregister. Men selvfølgelig, - når man har læst bogen, bør man vite om det afsnit, man ønsker at læse igen, skal søges i "Petrografi", "Geologi og regional utnyttelse", "Teknisk geologi", eller et af de andre kapitler. Risikoen er blot, at mens man leder efter en opplysning, bliver oppmerksomheten fanget af en helt anden.

Geologien og Mennesket. Redigeret af Ivan Th. Rosenqvist. Gyldendal Norsk Forlag, Oslo 1973. Bestilt gjennom en dansk boghandel er prisen 173,00 kr - der er meget geologi for pengene.



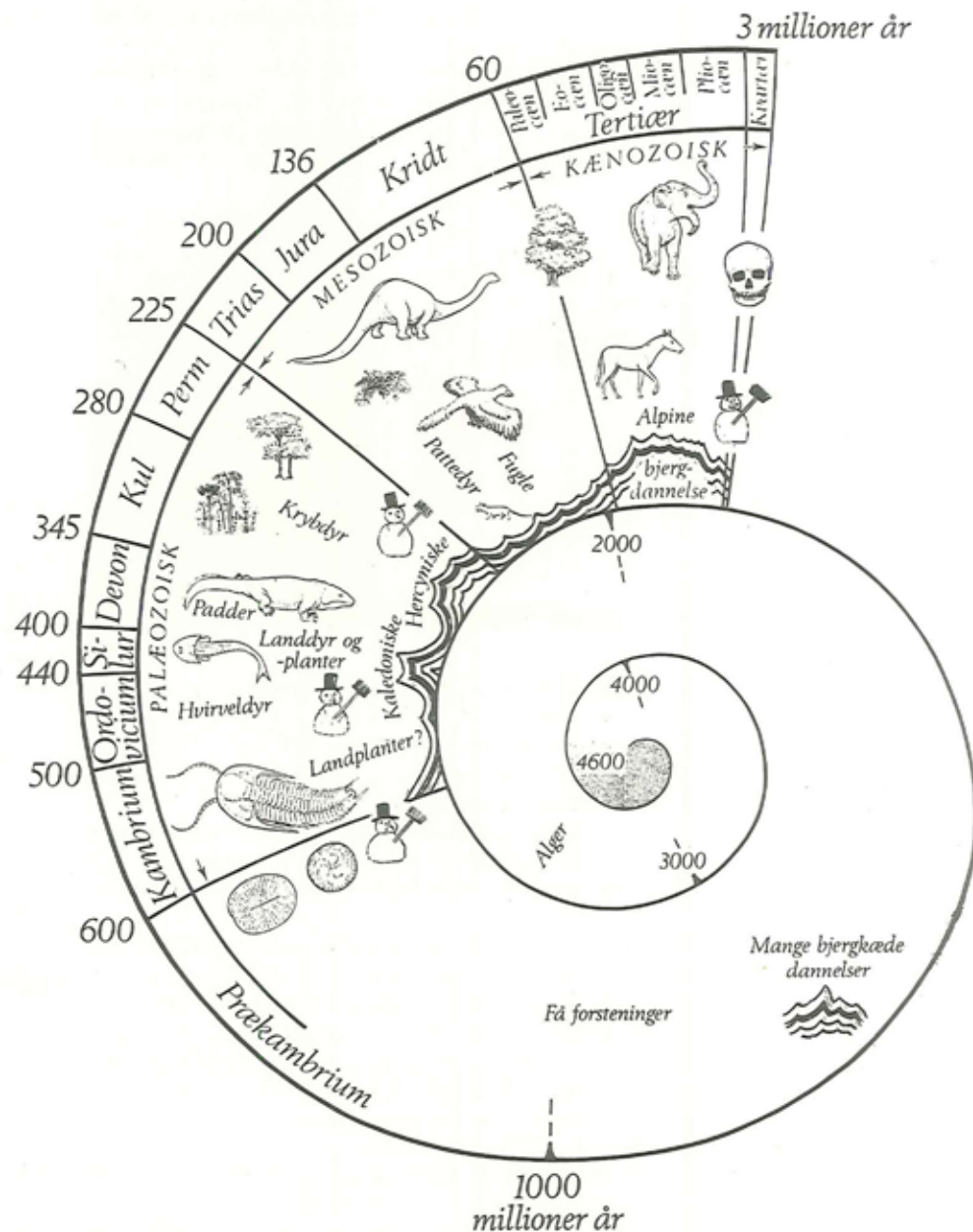
tet fra oprindelig stilling) af en is, der har overskredet området fra nord-øst (figur 1). Denne is afsatte under sin passage og afsmeltning det moræneler, som findes øverst i profilerne. Indslaget af marint ler i den dislo- cerede lagserie stammer måske fra sidste interglaciertid. I hvert fald vid- ner den marine aflejring om udbredelsen af et hav her i et tidsrum mellem nedslingerne og inden isen skabte det storformede bakkelandskab, som nu udgør det Rügenske arkipelag.

Warnemünde, som man ankommer til fra Gedser, ligger indenfor det område, hvor Tertiæret (Eocæn) danner basis for Kvartæret. Det indgår dog ikke som store flager i kystprofilen på dette sted, men findes indarbejdet som mindre partier i moræneleret. På et stykke af en 5 km lang tur mod vest langs stranden fra Warnemünde vil man finde lagene kraftigt disloce- ret. Herved er det muligt i det kun 15 m høje klintprofil at studere en Kvartær lagserie omfattende 4 forskellige morænelerslag med tre mellem- liggende sand/ler lag. Man har forsøgt at jævnføre disse aflejringer med den Kvartære serie på Rügen, men da man ikke her har fundet spor af den ovenfor omtalte havaflejring, gør det sammenligningen vanskelig, det is- afsatte materiale ændrer sig nemlig stadig noget efter det underlag, som isen udbredte sig over. Hvis man går helt frem til Geinitz Ort, har man passeret det område, hvor de ældre aflejringer er blottet ved opskydnin- gerne, og har nu foran sig videre mod vest en kyststrækning, hvor moræ- neler lagdelt ved fin bækning overlejrer plastisk deformerede sandaflej- ringe ved basis af klintprofilen (figur 2).

Ved ankomsten til Fehmarn fra Rødby er det værd at besøge øst- kysten. Ved at betragte øen fra denne side får man en forklaring på den dynamik som med lavt relief karakteriserer denne ø's overflade. Øst for Puttgarden ved Oldenborgs Huk eroderes en sådan øst-vest orienteret bæk- ke hvori store blokke fastsiddende i moræneleret viser en skurestribe øst-vest. Den geologiske kortlægning i dette område har vist, at bakke- dragene er randmoræner opskudte fra nord og senere overskredet østfra af en gletscher, der ved sin erosion har givet dem deres endelige facon. I øens sydøst-hjørne ved Staberhuk ses i klintens moræneler en horisont af blokke med skurestriber (figur 3). Blandt de udvaskede sten herfra findes cementsten med askelag fra nedre Eocæn, der også er kendt fra det nord- jyske nedre Eocæne molerområde (Varv 1972 side 44). I større mængde præger det ældre Tertiære ler kyststrækningen nedenfor Katharinenhof (fi- gur 4). Bølgerne udvasker her lerjærsten og fossiler imprægneret med svovl- kis. Det Tertiære ler optræder som en flage i Kvartæret, men er faststæ- ende på større dybde under de glaciale dannelser - se undergrundskortet side 48-49.

Som det er fremgået sætter præ-Kvartæret sit præg på de unge dan- nelser, hvorunder det findes faststående, men det er dog de glaciale dan- nelser med deres rigt varierede sammensætning og dynamikken under deres afsætning, som dominerer billedet.

*Heidi Rasmussen*



Derfor fremtræder saltstrukturerne på kortet som cirkulære eller aflange "vinduer", hvor ældre lag stikker igennem yngre. Om en saltstruktur fremtræder rund eller aflang hænger sammen med mere regionale tektoniske bevægelser i jordskorpen. Således betinges de aflange nordnordøst-sydsydvest gående saltrygge i Slesvig-Holsten af en sideværts bevægelse parallel med den fynsk-jyske højderyg, der igen er afhængig af regionale bevægelser, som stadig foregår i Rhingrav-systemet og videre ud i Nordsøen, medens de mere eller mindre cirkulære salthorste i Nordjylland afspejler mere rolige regional-tektoniske forhold.

Udbredelsen af de tertiære aflejringer i Danmark har ligeledes en tydelig sammenhæng med bevægelserne i Nordsøbassinet, idet man i Danmark, og vel tydeligst i Jylland, generelt kan finde de ældste aflejringer i den nordøstlige og de yngste i den sydvestlige del af landet svarende til en kipning omkring en nordvest-sydøst akse. Dette forhold skyldes at der siden begyndelsen af Tertiær i Nordsøen er sket en indsynkning på over 3 km.

Kun lokalt kan vi altså - som for eksempel ved salthorsten ved basis af istidslagene se dannelser fra den dybere undergrund, men da de dybereliggende strukturer i aflejringsbassinerne har strakt sig ud over landegrænserne, er det geologisk set mere rigtigt også at vise geologien i de nært beslægtede områder.

Lagene fra de forskellige jordperioder er vist i den internationalt vedtagne farvekode - her skal blot nævnes at Tertiærtidens lag vises i gule og brune farvetoner. Kortet viser at Danien-etagens aflejringer (for eksempel koralkalken ved Fakse) regnes til Tertiær. I ældre tid regnedes Danien-kalkstenene for at være det yngste Kridt - blandt andet på grund af de bjergartsmæssige ligheder med de øvrige kridtaflejringer, men Danien-etagens forstenede dyreverden viser meget stor tilknytning til den efterfølgende Tertiærtids fauna.

Et geologisk kort er ikke en engangsforeteelse, men ændres gradvist i takt med fremkomsten af ny viden. Det viste kort repræsenterer summen af det øjeblikkelige kendskab til undergrundens overflade.

*E. Schou Jensen*

VARV's redaktion synes godt om det nye kort over Danmarks undergrund på side 48-49, og nu vil vi prøve at fremstille kortet i de samme farver som en plakat i formatet 110 x 85 cm. Det er endnu i støbeskeen, og desværre kan prisen endnu ikke opgives. I augustnummeret af Varv fortæller vi alt om, hvorledes man skaffer sig det nye kort - og om prisen, der forhåbentlig vil ligge på den rigtige side af 20 kr (inklusive forsendelse).

## Nyt Undergrundskort

af Erik Schou Jensen

Det her gengivne undergrundskort viser Danmarks overflade, hvis man fjernede Kvartærets 0-150 meter tykke istidsaflejringer. Det er i sin oprindelige udgave fremstillet dels på baggrund af daglokaliteter, hvor ældre dannelser stikker gennem Kvartæret, som for eksempel i Nordjylland, i Skåne og på Bornholm, dels med støtte i en række borer rundt om i landet.

På dette kort har man valgt at gå ud over snævre politiske grænser og vise Danmarks undergrund i et bredere regionalgeologisk perspektiv.

Kortet viser Danmarks placering umiddelbart op til en meget markant brudzone i jordskorpen - den fennoskandiske randzone - der strækker sig fra Polen i sydøst over Bornholm og Skåne videre under Kattegat til noget nordvest for Skagen.

Det er bevægelser i denne brudzone, hvor større eller mindre blokke har bevæget sig i forhold til hinanden, der ligger til grund for det specielle skånske og bornholmske landskab med granit- og gnejskorste stikken gennem yngre, Palæozoiske og Mesozoiske dannelser.

Området sydvest for denne fennoskandiske randzone har gennem flere perioder udgjort et indsynkningsbassin, medens den skandinaviske halvø er forblevet et højtliggende område, hvorfor vi da heller ikke her, bortset fra Skåne, finder aflejringer, der er yngre end ældre Palæozoikum.

I det danske indsynkningsområde er derimod store dele af den geologiske lagsøjle repræsenteret. Hele området er dog ikke sunket ind på en gang, men har været delt op i to til tider helt adskilte bassiner - det danske og det nordtyske bassin.

Adskillelsen var betinget af den højtliggende grundfjeldsryg, der strækker sig fra Lolland over Fyn og Jylland til Doggerbanke i Nordsøen.

Denne grundfjeldsryg, der er påvist i flere borer samt gennem omfattende geofysiske undersøgelser, har samme længde-orientering som den fennoskandiske randzone og er formentlig opstået som følge af de samme tektoniske bevægelser i jordskorpen, som gav anledning til dannelsen af de skånske åse.

Ryggen selv kan ikke direkte erkendes på undergrundskortet, men bassinstrukturen genspejles indirekte gennem tilstedeværelsen af de saltstrukturer der ses i Nordjylland og Slesvig-Holsten.

Saltaflejringerne, som i Øvre Perm afsattes i bassinerne på begge sider af den fynsk-jyske højderyg, har siden slutningen af Trias på grund af saltets relativt lavere vægtfylde bevæget sig op gennem de overliggende lag, som derved selv er presset opad eller til side.

