

Uraneftersøgning og uranforekomster i Grønland

af Bjarne Leth Nielsen

Grundstoffet uran findes i naturen i ringe mængde i de fleste bjergartstyper. Eksempelvis indeholder en gennemsnitsgranit ca. 4 gram uran pr. ton bjergart, hvorimod f. eks. en basalt kun indeholder ca. $\frac{1}{2}$ gram uran pr. ton basalt. Gram pr. ton udtrykkes også som ppm (parts per million).

Den økonomiske interesse for uran skyldes dette metals anvendelse dels i strategisk øjemed i kernevåbenindustrien dels som brændsel i kernereaktorer af forskellig art. Særlig aktuelt i dagens debat er urans anvendelse i kernekraftværker til fremstilling af elektrisk energi.

På trods af det minimale hjemmeforbrug (forsøgsreaktorerne på atomforsøgsstationen Risø er forfatteren bekendt de eneste uranforbrugende installationer i Danmark) har den danske stat altid undtaget uran og andre radioaktive stoffer ved udstedelse af efterforsknings- og udnyttelseskoncessioner i Grønland. Man kan mene, om dette er rimeligt eller ikke – forklaringen er utvivlsomt blot, at også i Danmark er uran traditionsmæssigt blevet betragtet som

et strategisk vigtigt grundstof, som ikke alle og enhver kunne få lov til at lede efter endsige udnytte. En følge af denne politik måtte blive, at skulle der eftersøges uran i Grønland, måtte dette arbejde udføres i regi af en dansk statsinstitution. Dette krav er yderligere blevet formaliseret gennem Danmarks medlemskab af Euratom, hvor Traktaten om Forsyning, Kapitel IV, Artikel 70 siger:

„Inden for rammerne af Fællesskabets budget kan Kommissionen på betingelser, som den selv fastsætter, finansielt medvirke i prospekteringsvirksomhed på Medlemsstaternes områder.

Kommissionen kan rette henstillinger til Medlemsstaterne med henblik på at fremme prospekteringen og minedriften.

Medlemsstaterne skal tilstille Kommissionen en årlig rapport om udviklingen af prospekteringen og produktionen, de sandsynlige reserver og de investeringer i miner, der er gennemført eller påtænkt på deres områder. Disse rapporter forelægges Rådet med Kommissionens udtalelse, især vedrørende de foranstaltninger, Medlemsstaterne har truffet

efter henstillinger, der er afgivet i medfør af det foregående stykke.

Hvis Rådet på Kommissionens foranledning med kvalificeret flertal konstaterer, at foranstaltninger til prospektering og forøgelse af minedriften, til trods for at udvindingsmulighederne på langt sigt forekommer økonomisk berettigede, vedbliver at være mærkbart utilstrækkelige, anses den pågældende Medlemsstat for hele det tidsrum, i hvilket den ikke har rådet bod på denne situation, såvel for sig selv som for sine statsborgere, at have givet afkald på retten til lige adgang til andre ressourcer inden for Fællesskabet.“

Sagt med andre ord: Hvis Danmark ikke aktivt prospekterer efter uran i Grønland, vil vi ikke kunne forhindre, at et sådant eftersøgningsarbejde udføres af et andet medlemsland, for så vidt vi ønsker lige adgang til ressourcer indenfor fællesskabet.

Vi er hermed nået frem til besvarelsen af følgende spørgsmål: „I hvilket omfang har Danmark foretaget en aktiv uraneftersøgning?“

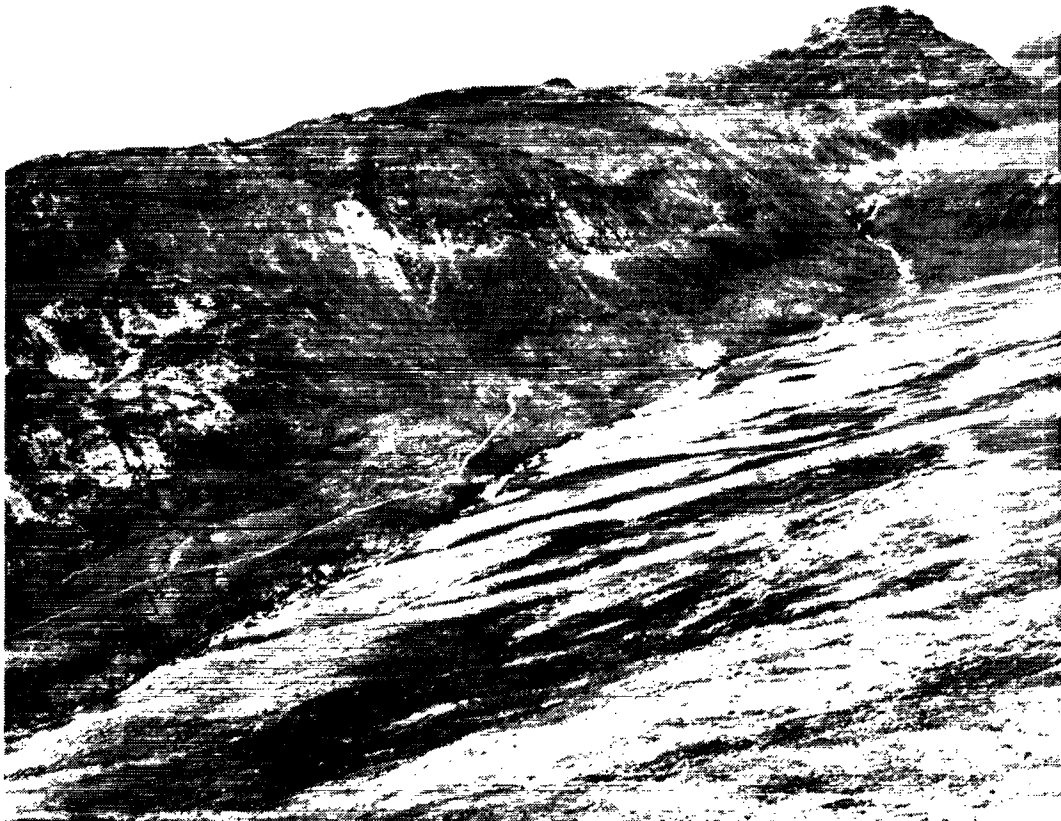
Uranprospektering i Grønland går adskillige år tilbage. Således påbegyndtes undersøgelserne i omegnen af Narsaq i 1955, undersøgelser der hurtigt førte til fundet af uranforekomsterne på Kvanefjeldet (fig. 1). Hovedparten af det efterfølgende arbejde her er udført som et teamwork mellem Grønlands Geologiske Undersøgelse (GGU), Atomenergikommissionens forsøgsanlæg Risø og Institut for Petrologi ved Københavns Universitet. Uranforekomsterne på Kvanefjeldet er behandlet i flere tidligere numre af „Grønland“

(april 1966, juni 1966, august 1966, maj 1970), og omtalen af forekomsten sidst i denne artikel vil derfor blive begrænset til de seneste tal over tonnagerne.

Som led i det systematiske geologiske kortlægningsarbejde er der foretaget et meget stort antal målinger med geigertællere. Målingerne er foretaget i mange egne af Grønland, idet alle geologhold har været udstyret med geigertæller under arbejdet i felten. Imidlertid har det vist sig vanskeligt at opnå tilstrækkeligt tilfredsstillende resultater på grund af geigerrørets ringe følsomhed, og geigermålingerne erstattes nu i stigende grad af undersøgelser ved hjælp af de mere moderne og følsomme scintillationstællere.

Efter at internationale ekspertgrupper under bl. a. IAEA og ENEA (International Atomic Energy Agency og European Nuclear Energy Agency) i 1970 havde peget på en sandsynlig mangel-situation på uran i 1980-erne, blev det i GGU besluttet at iværksætte en uraneftersøgning i Grønland uafhængig af det fortsatte Kvanefjeldsarbejde. Arbejdet begyndte i 1971 med en et-holds ekspedition til Scoresbysund området i Østgrønland. Urangruppen, der hører til afdelingen for malmgeologi i GGU, er siden denne spæde begyndelse udvidet til 3 geologer. Der er dog grund til at bemærke, at i betragtning af størrelsen af landområderne i Grønland er den indsats en tre-mands gruppe kan udføre, stadig uhyre beskeden.

Med ønsket om på langt sigt at eftersøge uranforekomster overalt i Grønland er det nødvendigt at foretage en



Figur 1. Kvanefjeldet i Sydvestgrønland. Vejen, der fører ind i Narssaq Elvdal, ender lodret under den vigtigste del af uranforekomsten, der ses mellem de stiplede linier centralt i billedet.

prioritering af de enkelte delområder. Dette er foretaget på baggrund af:

1. Geologiske kriterier.
2. Praktiske kriterier.
3. Omkostningsmæssige kriterier.

Geologiske kriterier bygger på den urangeologiske viden, man har fra allerede kendte uranforekomster andre

steder i verden. Meget skematisk kan uranforekomster inddeles i (1) magmatiske forekomster omfattende hydrotermale dannelser, pegmatiter og dissemineret uran i magmabjergarter og (2) uranforekomster i sedimenter omfattende uran i sandsten, uran i konglomerater og uran i sorte skifre og fos-

foritbjergarter. Uranforekomsterne i sedimenter omfatter langt den største del af verdens kendte uranreserver, og ligesom indenfor oliegeologien opererer man her med begreberne source rock og host rock eller kildebjergart og værtsbjergart. Det er muligt at opstille en række gunstige kriterier for sandsynligheden for at få dannet en af disse såkaldte epigenetiske uranforekomster i sandsten (dannet senere end værtsbjergarten i modsætning til syngenetiske forekomster). Ved en gennemgang af favorable kriterier for sandstensforekomster valgte man at begynde prospekteringen i det centrale Østgrønland. Der findes her lukkede sedimentbassiner omgivet af potentielle source rocks. Ironisk nok er den bedste uranmineralisering, fundet her i området, en hydrotermal mineralisering d. v. s. hørende til typen af magmatiske forekomster.

I Østgrønland havde GGU samtidig en kortlægningsaktivitet løbende, hvilket gjorde prospekteringen praktisk mulig inden for en rimelig økonomisk ramme.

Efter afslutningen i Østgrønland sigtes mod en eftersøgning i det centrale Vestgrønland med base i Sdr. Strømfjord og herefter i området mellem Nanortalik og Ivigtut i Sydgrønland med base i Narssarsuaq. Da arbejdet i den første del af prospekteringen i vid udstrækning bygger på radioaktivitetsmålinger fra mindre fly (fig. 2), er valget af område stærkt afhængig af tilstedeværelsen af en flyveplads.

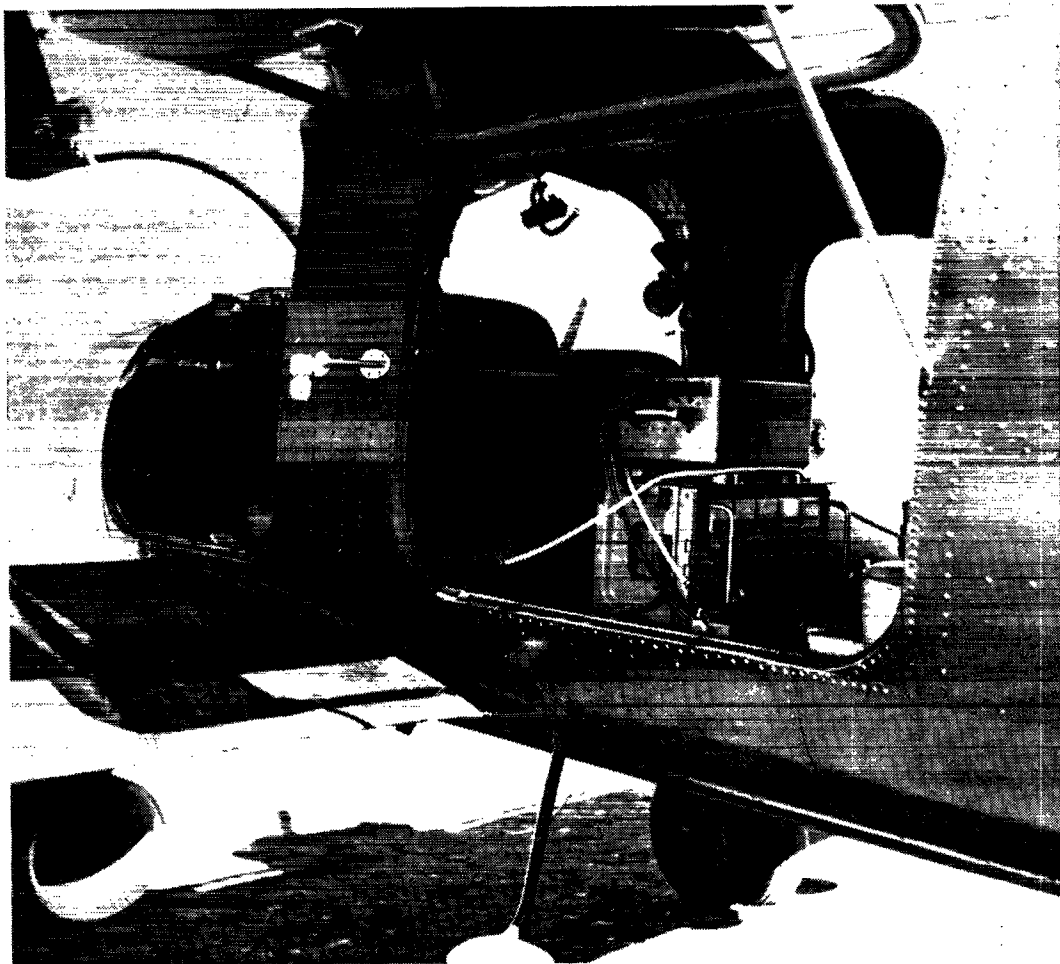
Princippet i flymålingerne bygger på en gamma-spektrometrisk opmåling af strålingsdoserne fra uran, thorium og kalium i de bjergarter, der overflyves.

God kvalitet på målingerne får man ved et stort detektorvolumen, langsom flyvehastighed og lavflyvehøjde. Metoden er i højere grad velegnet til at lokalisere store områder med over gennemsnitsaktivitet end til at detektere „hot spots“ af begrænset udstrækning. Udover at være et prospekteringsredskab kan gamma-spektroskopi fra fly anvendes med fordel i den geologiske kortlægning, idet forskellige bjergartsformationer ofte også karakteriseres af forskelle i indhold af radioaktive grundstoffer.

Når en række anomali-områder er lokaliserede gennem flymålinger, kan et follow-up arbejde begynde på jorden. Der anvendes her en række forskellige opmålingsinstrumenter, afhængig af hvor detaljerede radioaktivitetsmålinger der skal foretages (fig. 3).

Feltarbejdet i Østgrønland har været koncentreret om grænseområder mellem sedimenter og krystalline bjergarter i Schuchertdalen og på Milne Land. Opmåling og prøveindsamling i sedimenterne på Jameson Land har også været foretaget i mindre udstrækning. De detailundersøgte områder er indtegnede på kortet i fig. 4.

Forud for starten af uraneftersøgningen fra fly i Østgrønland havde et privat mineselskab hjembragt en serie uranmineraliserede prøver fra en stor forcastningszone syd for Mesters Vig. Denne mineralisering repræsenterer stadig de rigeste uranmineraliserede prøver, der kendes fra dette område, og mineraliseringen vil blive omtalt senere i artiklen. I 1971 blev i forlængelse heraf den første systematiske luftbårne



(1971).

Fig. 2. Gamma-spektrometer installeret i mindre fly af typen Dornier 28. Spektrometret, der i 1971 blev anvendt af GGU og Risø i Østgrønland, er nu erstattet af et større og mere følsomt instrument.

radiometriske opmåling foretaget. Instrumentet var af en relativ simpel konstruktion udelukkende med analog data-registrering på skriver (fig. 2). Detektorenheden bestod af 2 stk. $6 \times 4''$ NaI (TL) scintillationskrystaller. Detektor-krystallerne er dyrkede kunstigt i en natrium-jodidopløsning og gjort aktive for

lysudsendelse, når de rammes af gamma-stråler, ved tilføjelse af små mængder af thallium. Instrumentet blev installeret i et såkaldt STOL fly, en Dornier 28, og opmålingen udførtes ved en hastighed på 120 km i timen og en flyvehøjde på ca. 50 m over jordoverfladen. Højden blev registreret ved hjælp af en



Figur 3. Radioaktivitetsmåling med feltscintillometer i Schuchert Dal i Østgrønland. Der søges her efter nedfaldne blokke fra en højereliggende radioaktiv anomali.

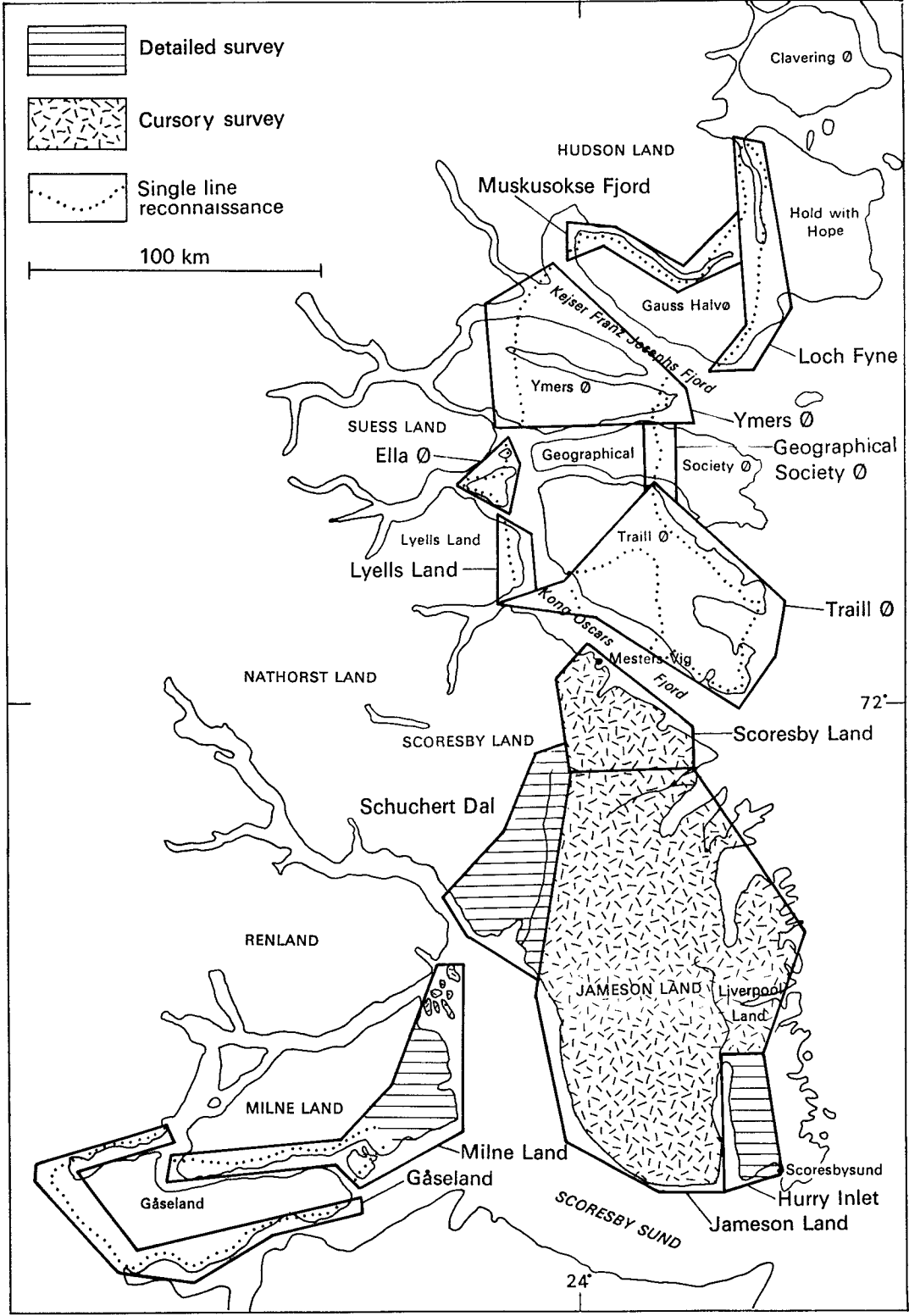
(1971).

radarhøjdemåler, hvorimod selve navigationen var rent visuel. Efter et langt og besværligt kompileringsarbejde er alle flydata fra 1971 nu færdigbearbejdede, og de vil foreligge i GGU's rapportserie i løbet af 1974. (Nielsen & Løvborg, in prep).

Usædvanlige høje radioaktive anomalier blev ikke afsløret gennem disse flyvninger eller det efterfølgende feltarbejde. Imidlertid var der indikationer, som opfordrede til en fortsat eftersøg-

ningsaktivitet og i 1973 begyndtes derfor en ny undersøgelsesperiode i områderne nord for Mesters Vig mellem 72° og 76° n. b. 1973 var viet rekognosceringsflyvninger i hele området. Geologerne havde ingen helikopterhjælp, hvorfor man først under ekspeditionen i 1974 kan begynde feltarbejdet i anomaliområderne. Flymålingerne fortsætter uafhængigt af feltarbejdet. Det luftbårne udstyr blev fra 1973 nykonstrueret på Risø og er af stærkt bedret

Fig. 4. Kort over det centrale Østgrønland, hvor uranprospekteringen foregår. De indrammede områder viser 1971-undersøgelsesnes placering. For øjeblikket koncentrerer eftersøgningen i områderne nord for Mesters Vig.



kvalitet. Data opsamles nu foruden i analog form også i digital form på hulstrimmel. Flylinierne fotograferes kontinuerligt, og detektorenhedens krystalvolumen og dermed dens følsomhed er tredoblet.

Foruden flymålingerne vil 1974-sæsonens feltarbejde omfatte et geokemisk indsamlingsprogram, hvilket vil blive et værdifuldt supplement til det radiometriske arbejde.

Geologernes samarbejde med Risø stammer tilbage fra sidst i halvtredserne, hvor medarbejdere ved Risø Kemiafdeling foretog kemiske analyser under ekspeditionerne til Kvanefjeldet. Senere blev Risø's Elektronikafdeling inddraget i arbejdet først gennem konstruktion af et beryllometer, idet der var fundet berylliumminerale i området, og senere gennem konstruktion af feltgamma-spektrometre. De har siden været rådgivende for geologerne i spørgsmål om nuklear instrumentel og i øvrigt foretaget større konstruktionsopgaver af nukleare måleinstrumenter. En gruppe på Kemiafdelingen har i en årrække arbejdet på problemer vedrørende oparbejdningen af malmen på Kvanefjeldet.

Samarbejdet med Gruppen for Nuclear Geofysik på Elektronikafdelingen omfatter aktiviteter både i (1) felten og i (2) laboratoriet. (1) Risø-medarbejdere deltager i ekspeditionerne til Grønland og kan f. eks. udføre målinger og indsamling i forbindelse med instrumentelle kalibreringsopgaver. De giver yderligere nødvendig service på de medbragte feltinstrumenter. (2) I laboratorierne på Risø foretages hvert år en lang række analyser på det hjembragte prøve-

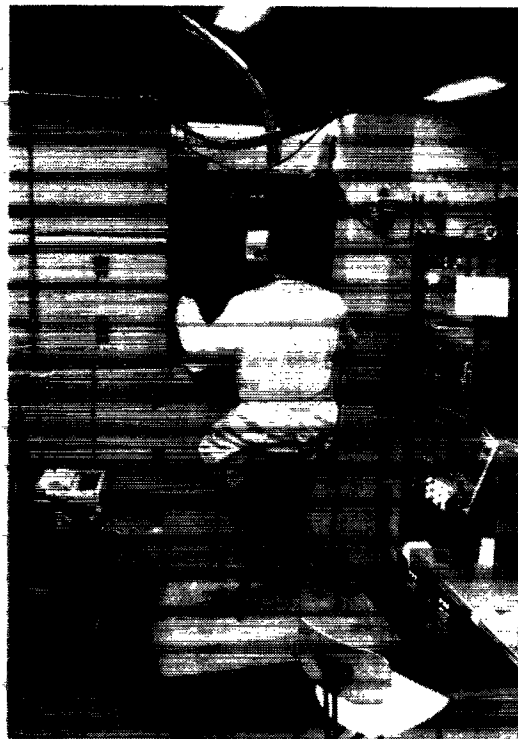


Fig.5. Opstilling for neutronaktiveringsanalyse på DR-2 på Risø. Operatøren arbejder med den bestrålede prøve ved hjælp af fjernbetjeningsstænger. Han er beskyttet mod strålingen fra prøven af en bly- og betonvæg.

(1973).

(Foto: L. Løvborg).

materiale. Det drejer sig specielt om følgende tre analysemetoder:

1. Neutronaktiveringsanalyse. Her analyseres for uran og thorium, og detekteringsgrænsen for uran er mindre end 10 ppb (part per billion). Analyseopstillingen findes på reaktoren DR2 (fig. 5).
2. Røntgenfluorescensanalyse baseret på excitation ved hjælp af radioaktive isotoper. Analysen kan anvendes på de fleste vigtige basemetaller og en lang række mere sjældne grundstoffer. Detekteringsgrænsen er her ca. 10 ppm.

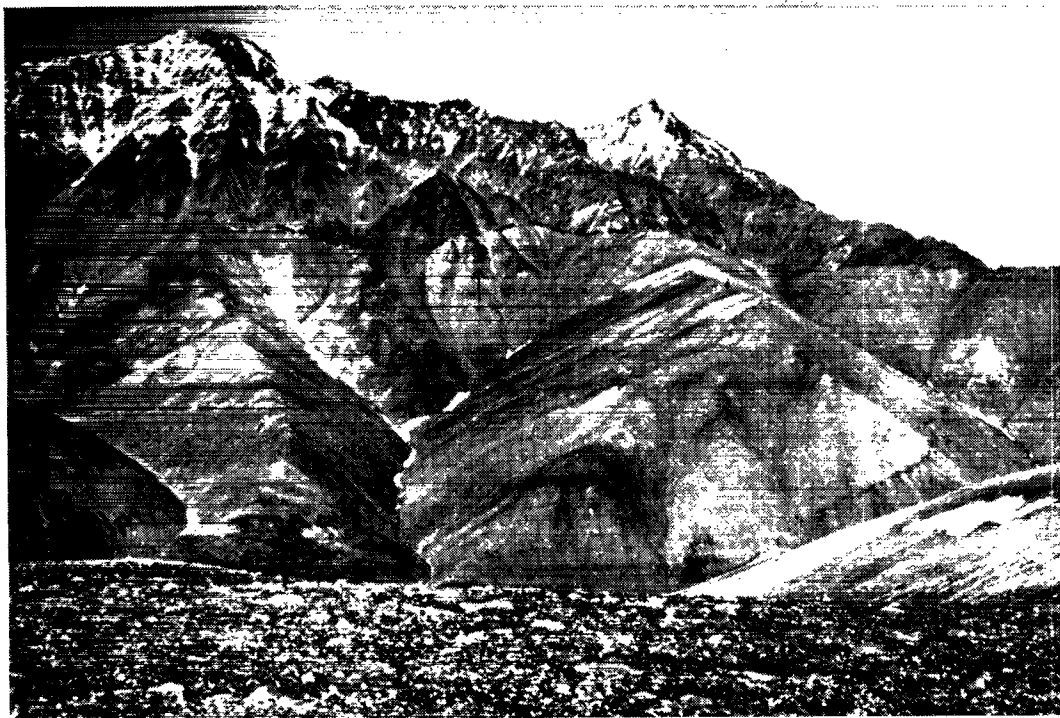


Fig. 6. Uranmineraliseringen i Arkosedal i Østgrønland. Mineraliseringen findes i den lyse zone over pilen. Dannelsen er kontrolleret af forkastningszonen, der adskiller granit (øverst i billedet) og sandsten (midt i billedet). Forkastningen er markeret med en stiplede linie. (1973).

3. Gamma-spektrometrianalyse. Gennem flere laboratorieopstillinger kan der analyseres for uran, thorium og kalium både i nedknuste håndstykker og i borekerner. Detekteringsgrænsen for uran er ca. 1 ppm.

Endelig foretages alle større beregninger af felt- og laboratedata på Risø's Borroughs 6700 computernlæg. Regneprogrammerne udarbejdes af fysikerne på Risø. De endelige beregninger af uran-tonnagerne på Kvanefjeldet er

udført på Risø's regneanlæg, efter at ca. 3500 meter borekerne var blevet analyseret for uran, thorium og kalium ved hjælp af gammaspektrometrisk kernescanning. Gruppen for Nuclear Geofysik består i dag af 3 fysikere og 2 tekniske medarbejdere.

Inden omtalen af enkelte af de radioaktive anomalier, der gennem prospekteringen er lokaliseret i Østgrønland, er der grund til at nævne, at der ved siden af den rene eftersøgningsvirksomhed er udført et sideløbende mere grundviden-



Fig. 7. Sandsten med thoriumholdigt radioaktivt bundlag på Milne Land i Scoresby Sund området. Sandstensområdet (under pilen) overlejrer de krystallinske bjergarter inden for et begrænset areal. De højeste toppe består af basalt fra Tertiærtiden.

skabeligt arbejde. I dette arbejde har også geologer fra Institut for Petrologi spillet en aktiv rolle, specielt i forbindelse med materiale fra Ilímaussaq intrusionen.

En radioaktiv anomali er blevet fundet i en forkastningszone i Østgrønland syd for Mesters Vig. Mineraliseringen, der er en ren uranberigning, kan følges over en strækning på nogle hundrede meter på en bjergskråning i Arkosedal i 1100 meters højde (fig. 6). Uranindholdet i de prøver, der er bragt hjem fra stedet, varierer fra nogle få ppm til 3000 ppm. Gennemsnitsindholdet i 300 prøver er 240 ppm. I den mineraliserede

zone ses også et stort indhold af flussspat og tungspat, og mineraliseringen hører til typen af hydrotermale uranbegblende-flussspat forekomster. Der er ikke på overfladen fundet uranbegblende, som er det økonomisk vigtige mineral. Derimod findes sekundære uranminerale, der er omdannelsesprodukter i den overfladenære del af mineraliseringen. Når prospekteringsarbejdet i Østgrønland er kommet så vidt, at det meget store område kan vurderes som en helhed, vil der fra geologisk side blive taget stilling til, om yderligere undersøgelser i Arkosedalmineraliseringen kan anbefales.

Høje radioaktive anomalier er også

fundet på Milne Land i Scoresby Sund området. I dette tilfælde har anomalierne imidlertid vist sig at være domineret af thorium, som fra et økonomisk synspunkt er mindre tiltrækkende. Mineraliseringerne, der findes på grænsen mellem krystallinske bjergarter og yngre sandsten, er dannet ved, at radioaktive tungminerale fra det krystallinske område i takt med bjergarternes forvitring er transporteret og aflejret langs en kystlinie, der i Juratiden havde sit forløb her (fig. 7). De sorte tungmineralhorisonter, der findes på de fleste af vore sandstrande, er et nutidigt fænomen af tilsvarende art. Hovedparten af de radioaktive tungminerale på Milne Land er zirkon, der er det vigtigste råprodukt for fremstilling af metallet zirkonium. Af denne årsag er der stadig en økonomisk geologisk interesse knyttet til disse forekomster.

GGU har netop offentliggjort en rapport (Sørensen et al., 1974) med en indgående beskrivelse af uranforekomsterne på Kvanefjeldet. Rapporten omfatter en behandling af de geologiske forhold, af uranreserverne og af selve oparbejdningsprocessen. Uranreserver kan opgives i forskellige kategorier f. eks. (1) sikre malmreserver og (2) formodede malmreserver. Tallene for Kvanefjeldet er for kategori (1) 18 mill. tons malm med 5.800 tons uran og

for kategori (2) 29 mill. tons malm med 8.500 tons suran.

Hvor vidt en brydning af Kvanefjeldets uran vil blive økonomisk rentabel vides endnu ikke. Dels er der stadig mange usikre punkter ved beregningen af produktionspriser, dels er uranpriserne på verdensmarkedet i forlængelse af energikrisen, stærkt svingende, og der vil gå endnu nogen tid, før priserne finder et mere stabilt leje.

Lad det her være slået fast, at Grønland ikke, med de for øjeblikket kendte reserver, kan forsyne evt. danske atomkraftværker med atombrændsel på længere sigt. Uraneftersøgningen bør derfor fortsættes i Grønland i en rolig udvikling på linie med undersøgelser af reserver af olie, kul, gas og vandkraft. På denne måde opnår vi et nuanceret overblik over Grønlands og Danmarks energireserver, og vi undgår at tage forhastede og forkerte beslutninger ved løsningen af vore energiproblemer.

Litteraturhenvisninger:

- Nielsen, B. L. & Løvborg, L. in prep: Radiometric survey of the Scoresby Sund region, Central East Greenland. Rapp. Grønlands geol. Unders.
Sørensen, H., Rose-Hansen, J., Nielsen, B. L., Løvborg, L., Sørensen, E. & Lundgaard, T. 1973: The uranium deposit at Kvanefjeld, the Ilímaussaq intrusion, South Greenland. Geology - reserves - beneficiation. Rapp. Grønlands geol. Unders. Nr. 60.