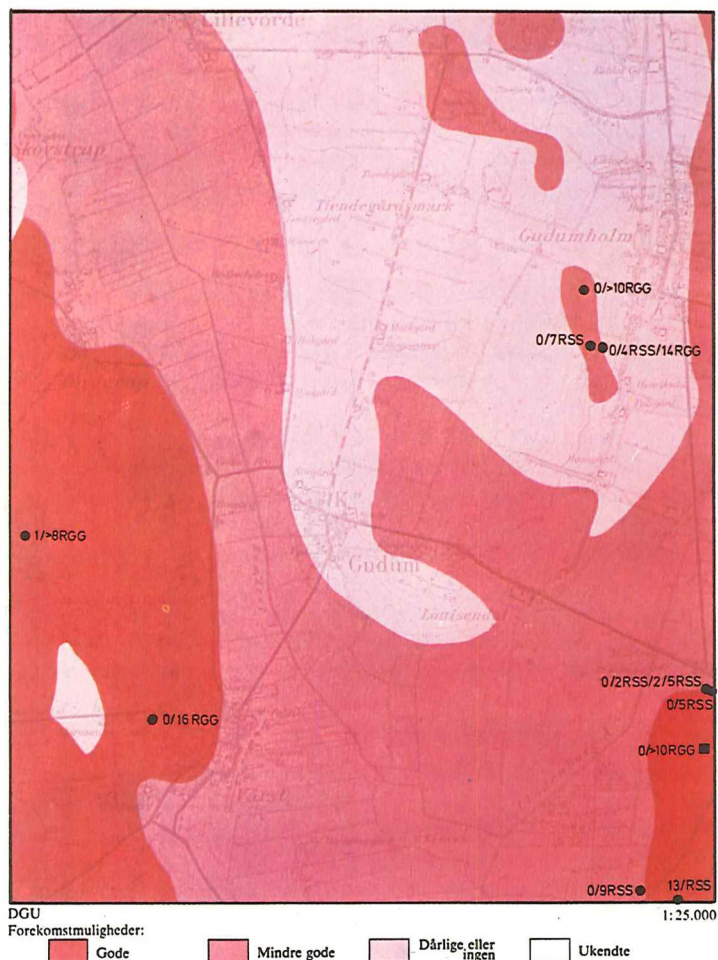




Eksempel på et foreløbigt råstofkort som viser mulighederne for forekomster af sand og grus i et område nær Ålborg. Symbolerne viser lagtykkelser, for eksempel 0/9RSS, 9 meter sand uden overjordsdække, 1/8RGG, 1 meter overjord over grus, som findes i et mere end 8 meter tykt lag. Kortgrundlag: Geodætisk Instituts 4 cm kort, 1316 IV NV Storvorde, gengivet med tilladelse (A 198/77) af Geodætisk Institut.

VARV

NR. 2 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1977



I JAGTEN PÅ ENERGIRÅSTOFFER TAGES DER IKKE ALTID HENSYN TIL NATUREN, OG GRIMME ANLÆG SKYDER OP HER OG DER. BILLEDET HEROVER VISER DENISON URANMINEN I ONTARIO, CANADA. DEN STÅENDE DISKUSSION AF ATOMKRAFTEN VISER, AT DET ER ET FØLELSESLADET EMNE - OGSÅ GEOLOGER HAR RET TIL PERSONLIG STILLINGTAGEN, MEN HAR SAMTIDIG "PLIGT" TIL AT SKØNNE OVER DE EKSISTERENDE URANRESERVER. DET ER ET AF EMNERNE I DETTE NUMMER. DESUDEN KAN MAN LÆSE OM ILTISOTOPERS ANVENDELSE SOM ET GEOLOGISK TERMOMETER, OG VI FORESLÅR EN STOREBÆLT-TUR - TIL OMØ. ENDELIG OMTALES DEN NYE RÅSTOFLOV, DER FÅR BETYDNING FOR OS ALLE.

15. maj 1977.

NYE TILBUD :

VARV's hidtil største bestseller "Geologi på Bornholm" (ekskursionsfører nr. 1, 1969) har længe været udsolgt. Men en ny revideret og udvidet udgave er lige på trapperne - den danske udgave vil foreligge midt i juni, og en tysk udgave et par uger senere. Ekskursionsføreren medtager tilstrækkelig almindelig og speciel bornholmsk geologi til forståelse af de beskrevne lokaliteter - den er gennemillustreret (kort i farver, farvefotos, tegninger) og bliver på 96 sider til prisen 33 kr. De kan allerede nu bestille "Geologi på Bornholm" (2. udgave) til snarest mulige levering ved indsendelse af 33 kr på giro 90 688 80 (mærk talonen "Bornholm").

VARV's samlekassetter til 6 årgange har ligeledes været udsolgt. Nye kassetter i rødt kunstlæder med VARV og Peter-dyret i ægte guldtryk leveres frit tilsendt mod indsendelse af 12 kr på giro 90 688 80.



med venlig hilsen
Peter

VARV

Postadresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Museum, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K. tlf. 01 - 13 50 01.

Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Mona Hansen, Erling Bondesen, Erik Stenestad.

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 30,00 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), ekskursionsførere (Stevns-Fakse-Møn 20 kr, Røsnæs 20 kr) og samlekassetter (til 6 årgange 12 kr) fås ved at indsende beløbet på postgiro 9 06 88 80.

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

© 1977 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter tilladelse.

C-KORTENE: DE FORELØBIGE RESSOURCEKORT

På grundlag af A- og B-kortene udarbejdes C-kortene, de foreløbige ressourcekort, som er den råstofgeologiske vurdering af alle arealer inden for kortområdet. I forhold til B-4 kortene, der viser forholdene i de enkelte observationspunkter (boringer, grave, profiler), indeholder C-kortene en vurdering af forholdene mellem observationspunkterne. På grundlag af en samlet geologisk vurdering af det foreliggende materiale. De viser sandsynligheden for forekomster af råstofrelevante lag og angiver, hvilke områder det må anses for mest lønnende at undersøge nærmere. C-kortene tilstræber ikke at give en kvalitetsvurdering af de mulige råstofforekomster, men i områder, hvor der foreligger oplysninger om materialernes kvalitet, bør disse naturligvis medtages.

RÅSTOFKORTLÆGNINGENS FASE 2: DETAILUNDERSØGELSER

Mens fase 1 i råstofkortlægningen fører frem til en generel vurdering af, hvor forskellige råstoffer kan tænkes at optræde, omfatter fase 2 de egentlige undersøgelser, som tager sigte på at fastslå mængdeforholdene og udbredelsen af råstofforekomster, samt at udføre en nærmere kvalitetsbestemmelse af råstofferne.

De områder, som i fase 1 er konstateret at kunne være af interesse i forbindelse med råstofudnyttelsen, undersøges nøjere i fase 2. Prioriteringen af disse undersøgelser kan blandt andet gøres ud fra behovet for bestemte råstoffer i den pågældende egn af landet, eller ud fra ønsket om at kende råstofforekomsterne i visse områder af hensyn til andre planlægningsopgaver.

Feltundersøgelser og prøveudtagninger samt laboratorieanalyser er hovedpunkterne i denne fase. Feltundersøgelserne omfatter geologisk kortlægning og analyse, boringer og geofysiske og geotekniske målinger.

AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER

Den af fredningsstyrelsen udarbejdede vejledning i råstofkortlægning indeholder forslag om, at fase 1 gennemføres som en serie af kort, hvor hvert kort indeholder et bestemt sæt råstofgeologiske oplysninger, for eksempel fra boringer, fra den geologiske kortlægning eller fra registreringen af råstofgrave. Denne måde at fremstille kortene på vil lette den løbende ajourføring, EDB-behandlingen og etableringen af en råstofgeologisk databank.

Det er dog muligt at udarbejde de foreløbige råstofkort på mere end én måde, idet de enkelte amtskommuner, som skal forestå kortlægningen, kan have opbygget råstofarkiverne på forskellig vis.

For at de foreløbige råstofkort skal kunne anvendes i planlægningsarbejde på region- og landsbasis, må man dog kræve at samme kortgrundlag benyttes overalt, det vil sige G.I.'s kort i 1:25.000 og eventuelt 1:100.000 - at de i vejledningen angivne symboler, signaturer og farver anvendes overalt, og at de foreløbige råstofkort udarbejdes på ensartet måde, som anvist i vejledningen.

OVERSIGT OVER INDHOLDET AF B-KORTENE

B-kortene omfatter fem korttyper, der hver for sig samler geologiske oplysninger, som skal anvendes i sammenstillingen af de foreløbige råstofkort, C-kortene.

B-1 kortene viser fordelingen af råstofrelevante overfladeaflejringer, det vil sige aflejringer, som ud fra geologiske forhold vil kunne forventes at indeholde lag af råstofinteresse. Kortene fremstilles på grundlag af DGU's kortbladsarkiv.

B-2 kortene viser beliggenheden af

1. råstofgrave registreret i forbindelse med administrationen af råstofloven og tilstødende arealer, hvor råstofindvinding er godkendt/tilladt ifølge råstofloven af 1972.
2. råstofholdige arealer, registreret i forbindelse med administrationen af råstofloven af 1972.
3. råstofgrave, udnyttet før råstoflovens ikrafttræden
4. råstofholdige borer

B-3 kortene er overfladekonturkort fremstillet ved farvelægning af intervallerne mellem kortenes højdekurver, idet de topografiske og dermed de geomorfologiske træk træder tydeligere frem. Kortene giver ikke i sig selv oplysninger om tilstedeværelsen af råstoffer, men de er et værdifuldt hjælpemiddel, idet en nærmere analyse af de geomorfologiske træk kan give oplysninger om den geologiske opbygning og dermed om muligheden for tilstedeværelsen af råstoffer.

B-4 kortene viser råstofforekomster i borer og grave. Disse kort viser alle kendte vandforsyningsboringer og råstofboringer samt udvalgte lagfølger (profiler) fra råstofgrave. Alle profiler gengives som cirkeldiagrammer fuldstændigt som de cirkeldiagrammer (basisdatakort), der fremstilles som led i den hydrogeologiske kortlægning. De adskiller sig fra disse ved at indeholde en tolkning af basisdatakortenes geologiske oplysninger, idet kun lag, som indeholder råstofmuligheder, medtages.

Er materialet tilstrækkelig fyldigt, giver cirkeldiagrammerne umiddelbart et indtryk af forekomsternes geografiske fordeling og udstrækning, og tykkelsen og arten af over- og underliggende lag kan aflæses.

B-5 kortene er geomorfo-genetiske kort. De økonomisk værdifulde aflejringer af ler, sand og grus forekommer ikke tilfældigt i landskabet, men er knyttet til specielle landskabstyper. Den geomorfo-genetiske undersøgelse af et bestemt område består i en analyse af områdets landskabsforhold (geomorfologi) og geologiske aflejringer ved vurdering af de geologiske processer, som har formet det pågældende område. Tilstedeværelsen af en bestemt landskabsform giver dog ikke fuld sikkerhed for, at landskabet rummer et bestemt råstof. Udarbejdelsen af disse kort kræver derfor en nøjere geologisk analyse af de pågældende områder.

er der nok URAN ?

af Bjarne Leth Nielsen

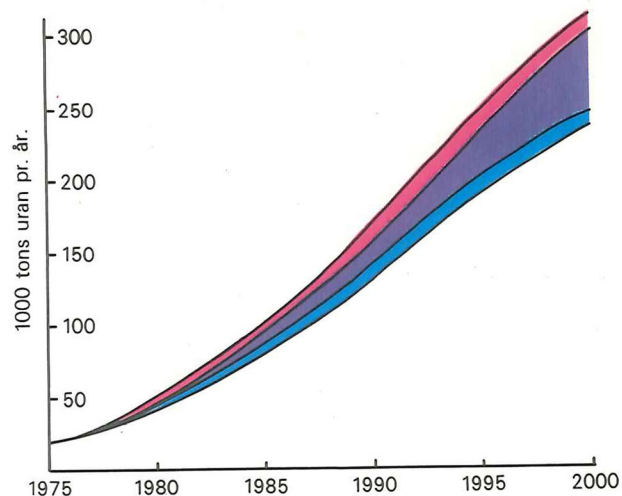
Nedenstående artikel vedrører i første række nogle af de ressourcepolitiske aspekter omkring uranforekomster og artiklen kommer ind på en begrænset del af det såkaldte brændselskredsløb. Dette kredsløb, som i videste forstand omfatter prospektering, forekomsterne og deres udnyttelse, berigning, forsyning, brændselement-fremstilling, A-kraftværker, recycling af plutonium, deponering af affald, er ikke noget egentligt lukket kredsløb, men blot en lille del af det store geologiske kredsløb, som i sidste ende kan føre til en geologisk dannelse af uranforekomster.

Problematikken omkring den globale uranforsyning kan inddeles i tre hovedpunkter:

1. Uranbehovet
2. Uranreserverne
3. Produktionskapaciteten

URANBEHOVET

Behovet for uran i den vestlige verden vokser med 15-20 % om året. Det svarer til, at det nuværende forbrug på cirka 18.000 tons uran per år vil stige til 250.000 - 300.000 tons per år i år 2000 (figur 1). Det er i denne sammenhæng interessant at se på EF-landene, hvis behov for uran i slutningen af 80'erne vil være omkring 40.000 tons per år. Organisationen for det europæiske atomenergifællesskab, Euratom, har sat sig det optimistiske mål, at 25 % af EF-landenes årlige forbrug så vidt muligt skal produceres inden for medlemsstaterne. Når der er tale om fremtidige uranbehov er det vigtigt at erkende, at sådanne tal er behæftet med meget store usikkerheder. De er for eksempel afhængige af genbrug af en del af den plutonium, der produceres i reaktorerne. De er afhængige af berigningsgraden af brændslet. (For at kerneprocessen skal kunne forløbe, må det naturlige indhold af uranisotopen U-235 i forhold til isotopen U-238 forhøjes kunstigt, men forskelligt, afhængig af reaktortype). Naturligvis er tallene for fremtidens behov også stærkt knyttet til usikkerheden omkring de nukleare programmer i de enkelte lande. I dag tegner situationen sig således, at det forventede behov vil blive størst i USA, Frankrig, Japan, Italien, Vesttyskland, England, Canada og Spanien. Man vil lægge mærke til, at 4 af landene er fællesmarkedslande. A-kraftens andel af den producerede elektricitet i disse lande ligger i dag mellem 10 og 20 %. Den projekterede stigning i A-kraftens andel svarer i størrelsesorden til omkring halvdelen af den samlede elektricitetsproduktion.



Figur 1. Den vestlige verdens årlige uranbehov frem til år 2000. De to signaturer repræsenterer henholdsvis genbrug og ikke-genbrug af den producerede plutonium.

Går vi over til at se på de opsummerede tal for uranbehovet, skal der indtil 1990 bruges cirka 1 million tons uran og indtil år 2000 cirka 3 millioner tons. Der er i disse tal ikke regnet med de reserver, som skal være påvist til cirka 10 år frem i tiden på ethvert tidspunkt. Således kan man groft regne med, at man, for at have en årlig produktion på for eksempel 10.000 tons uran, skal have reserver på mindst 100.000 tons uran.

Uden at gå i detaljer med disse ting, turde det være klart, at stigningen i behovet er voldsomt, og at en sådan stigning får indflydelse på den mineindustri, som skal forsyne brugerne, samt de lande der er i besiddelse af de nødvendige reserver.

URANRESERVERNE:

Figur 2 viser fordelingen af de idag kendte uranreserver, inddelt i "sikkert bestemte" og "sandsynlige" reserver. Disse opdeles igen i forekomster, hvorfra der kan produceres uran til mindre end 15\$/lb U_3O_8 og til mellem 15 og 30\$/lb U_3O_8 . (lb er et engelsk pund (vægtenhed) - 1 lb = 454 g. U_3O_8 er uranoxid).

Ud over selve rækkefølgen er der grund til at lægge mærke til flere karakteristiske ting. Sverige har store reserver i klassen "mere end

1. Den hydrogeologiske kortlægning, som nu er ved at blive gennemført i hele Danmark.
2. Amtskommunernes og kommunernes oplysninger angående råstofforekomster.
3. Fredningsplanudvalgenes registrering af råstofgrave.
4. Statens Vejlaboratoriums registrering af råstofgrave.
5. DGU's geologiske kortblade og forskellige arkiver, samt geologiske publikationer med videre.
6. Indvindingsvirksomhedernes viden og ekspertise.

De råstofkort, som fremstilles i fase 1, falder i tre hovedgrupper, som betegnes A-kort, B-kort og C-kort.

A-kortene omfatter allerede foreliggende geologiske kort, dels kort fremstillet som led i den hydrogeologiske kortlægning (Vejledning fra miljøstyrelsen nr. 2/1975), først og fremmest de geologiske basisdatakort, dels andre foreliggende relevante geologiske kort.

B-kortene fremstilles på grundlag af det ovennævnte arkivmateriale, idet feltundersøgelser begrænses mest muligt.

C-kortene er de foreløbige ressourcekort udarbejdet på grundlag af de oplysninger, som er sammenstillet i A- og B-kortene. De danner grundlaget for de nærmeste års råstofplanlægning.

Råstof	bogstavsymbol	sort/hvid signatur	sort/hvid fladesignatur	farvesignatur
Grus	RGG	○	○○	■
sand/grus	RSG	○		
sten/grus	RZG	○		
kvart/grus	RKG	⊙		
Robbedalegrus	RRG	⊙		
Årsdalegrus	RDG	⊙		
morenegrus	RMG	⊙		
Sand	RSS	○○	○○○	■
kvartsand	RKS	○○○		
tungsand	RTS	○○○		
flyvesand	RES	○○○		
Robbedalesand	RRS	○○○		
Årsdalesand	RDS	○○○		
morenesand	RMS	○○○		

Eksempel på signaturer til brug for råstofkortlægningen. Man kan anvende farver, bogstavsymboler og sort-hvide fladesignaturer efter behov. Bogstavsymboler kan for eksempel anvendes i profilbeskrivelser, inclusive borer, fladesignaturerne i kort over råstofgrave og farver i kort over råstofmuligheder. Grus, sten og sand har samme farve, da de oftest forekommer sammen.

Denne fase tænkes gennemført på tre år, med henblik på at skabe et grundlag for de nærmeste års arealplanlægning.

I fase 2 udføres den egentlige råstokortlægning, som skal give detaljerede oplysninger om råstofforekomsternes beliggenhed, mængder og kvalitet.

Detailundersøgelser tænkes i første række udført i de arealer, som fremgår af de foreløbige råstokort.

Herudover kan der være tilfælde, hvor man vil foretage detailundersøgelser allerede før afslutningen af fase 1, for eksempel af arealer, som påtænkes anvendt til formål, der udelukker senere råstofindvinding.

I fase 3 sker en ajourføring, således at alle nye oplysninger om råstofforekomster nyttiggøres i råstokortlægningen med henblik på løbende at forbedre planlægningsgrundlaget.

RÅSTOKORTLÆGNINGENS FASE 1

I efteråret 1975 udsendte fredningsstyrelsen en beretning "råstofresourcer og deres anvendelse", hvori det påpeges, at de kendte forekomster af en række vigtige råstoffer hurtigt vil kunne udtømmes og at det derfor er nødvendigt hurtigst muligt at få et samlet overblik over råstofmulighederne på landarealet og på havbunden. Beretningen anbefaler, at en landsdækkende kortlægning af Danmarks råstoffer bør gennemføres. En arbejdsgruppe ved Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU), foretog derfor en forsøgskortlægning af et område ved Ålborg i efteråret 1975, for at vurdere, hvorledes en foreløbig kortlægning vil kunne udføres på grundlag af eksisterende data, hvorledes den egentlige kortlægning kan tilrettelægges, samt tidsforbruget ved gennemførelsen af den foreløbige kortlægning.

Resultaterne af denne undersøgelse blev fremlagt i foråret 1976 i "Råstokortlægning - erfaringer fra en forsøgskortlægning ved Ålborg". Erik Stenestad (DGU Serie A, nr.1).

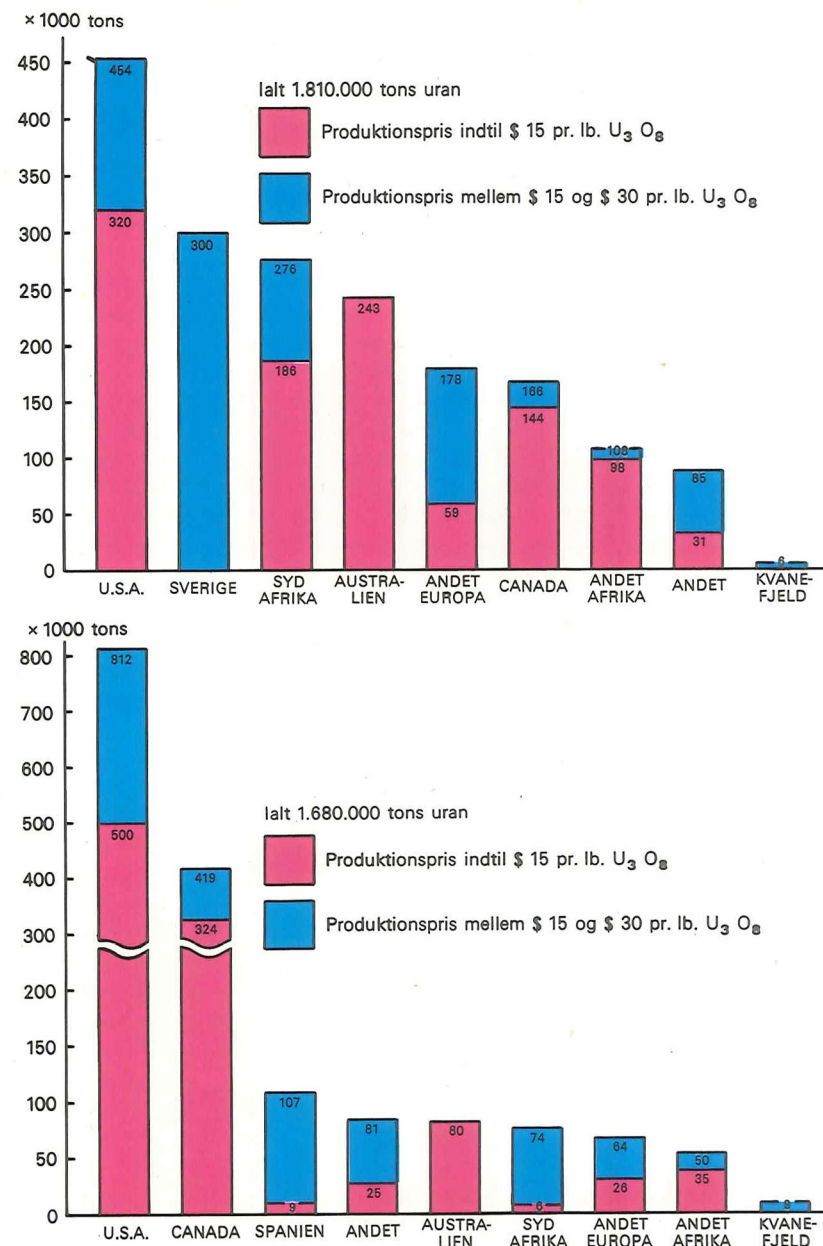
Erfaringerne fra denne forsøgskortlægning har dannet grundlag for udarbejdelsen af en vejledning i, hvorledes kortlægningens fase 1 vil kunne gennemføres. Vejledningen udsendes af fredningsstyrelsen i marts 1977.

Kortlægningen omfatter især råstoffer, som findes i de Kvarter aflejringer, i mindre grad råstoffer fra undergrunden.

De vigtigste af de råstoffer, som omfattes af kortlægningen, er sten, grus, sand, ler, kalk og kridt.

Fremstillingen af de forskellige råstokort sker på basis af Geodætisk Instituts (G.I.) 4-cm kort med UTM koordinater, det vil sige i målestoksforholdet 1:25.000. Ved udarbejdelse af oversigtskort anvendes G.I.'s kort i 1:100.000.

Råstokortene fremstilles ved hjælp af eksisterende kildemateriale, som:



Figur 2. De to sæt søjler viser den vestlige verdens uranreserver, som de var opgjort i januar 1975. Øverst ses de "sikkert bestemte" reserver og nederst de "sandsynlige" reserver. Uranforekomsten på Kvanefjeldet i Sydgrønland er tegnet ind på figuren, selvom det endnu ikke er vist, at produktionsprisen kan holdes under 30\$ per lb U_3O_8 .

15\$/lb". Dette er de sorte skifre i det sydlige Mellem Sverige ved Randstad. Forekomsterne, der er lavværdige, ligger i et tætbeholdt område, og der er knyttet store miljømæssige problemer til deres eventuelle udnyttelse. Man ser også, at Australien efter USA har verdens største reserver i klassen "sikkert bestemte" til en produktionspris mindre end 15\$/lb. Forholdene i Australien er specielle i den forstand, at der så godt som ingen produktion finder sted. Dette skyldes, bredt udtrykt, at emnet "uran" er ømtåleligt, og regeringen ønsker en sikker fornemmelse af den offentlige mening, før den lægger sig fast på en bestemt politik. Det er imidlertid klart, at et pludseligt grønt lys for en produktion af australsk uran kan forrykke den nuværende pris og markedssituation.

Den lavere australske placering i gruppen "sandsynlige" reserver skyldes, sammenholdt med USA og Canada, den begrænsede prospektering og forekomsternes relativt lette tilgængelighed. På figur 2 ses yderligere de grønlandske reserver på Kvanefjeld indtegnet. De er med på figuren under forudsætning af, at uranet kan produceres til mindre end 30\$/lb U_3O_8 , hvilket ikke er endeligt fastslået. Forholdene omkring Kvanefjeldsforekomsten vil blive diskuteret i en senere artikel.

PRODUKTIONSKAPACITETEN

Sammenligner man de opsummerede uranbehov med de totale reserver, der fremgår af figur 2, er der ikke noget, der entydigt viser, at vi kan vente uranmangel i dette århundrede. Følgende forhold komplicerer imidlertid situationen: Hvor det tager cirka 7 år at bygge en atomkraftreaktor, tager det i gennemsnit mere end 10 år at "finde" og sætte en uranforekomst i produktion. Dette betyder, at mineselskaberne må kunne sætte lid til brugernes planer for udbygning af A-kraften, hvis man skal kunne opretholde en stabil forsyningssituation. Forventningerne om stigningen i A-kraftens andel af energiforsyningen har imidlertid ofte været for optimistisk, hvilket tidligere har medført en overproduktion af uran. Mineselskaberne kan i så tilfælde gøre en af to ting: De kan stoppe produktionen, eller de kan producere løst, så de eventuelt må dumpe priserne for at bevare deres markedsandel. Under sådanne betingelser foretrækker de fleste mineselskaber nu at regne med et fremtidigt minimumsbehov. Netop denne ubalance mellem producent og forbruger synes nu at skulle føre til en mangelsituation på uran i løbet af cirka 10 år.

Andre forhold spiller også en stor rolle for eksempel politikken vedrørende stockpiling (lageropbygning). Netop stockpiling-spørgsmål markerer en interessant forskel mellem uran og olie. Uran er billigt at oplagre, det fylder lidt og kræver ingen specielle installationer. Olie fylder meget, og de importerende lande har sjældent mere end 2-3 måneders la-

kortlægning i gang. Denne vil blive fulgt op af en kortlægning af søteritoriets råstofforekomster, som miljøministeriet vil forestå.

En anden forudsætning er, at man kender udviklingen i forbruget af de enkelte råstoffer. Denne udvikling kan desværre ikke beregnes nøjagtigt, idet for eksempel forbruget er nøje knyttet til den på ethvert tidspunkt rådende økonomiske aktivitet. Dertil kommer, at fremtidig teknologi kan stille andre krav til råstoffer end de der stilles i dag, ligesom teknologisk udviklingsarbejde vil kunne ændre forbruget af de enkelte råstoffer på drastisk vis. Ændrede normer for materialeanvendelsen i bygge- og anlægssektoren kan for eksempel spille ind, ligesom indførelse af erstatningsstoffer, som for eksempel slagge, vil kunne erstatte truede råstoffer.

Disse eksempler viser, at der er behov for omfattende forskning og udviklingsarbejde inden for råstofsektoren med hensyn til geologisk forekomst, materialenormer, anvendelse af erstatningsstoffer, samt genbrug.

På grundlag af et detaljeret kendskab til landets geologiske opbygning og fordelingen og mængderne af grus og andre råstoffer på landarealet og i de omgivende have, og af et skøn over udviklingen i forbruget af de forskellige råstoffer i de forskellige dele af landet, vil man kunne udarbejde en detaljeret planlægning af anvendelsen af Danmarks areal. I denne planlægning må nødvendigvis indgå, at forekomster af råstoffer, som der kan blive mangel på, udvindes før givne arealer anvendes til andre formål, som for eksempel vejanlæg eller bebyggelse.

RÅSTOFKORTLÆGNINGEN

Den detaljerede kortlægning af Danmarks råstoffer vil vare så mange år, at man må forudse, at størstedelen af råstofferne vil være udvundet længe før de er kortlagt, og at resten vil være gjort utilgængelige af anlægsarbejder. Det haster således, hvis man skal nå at planlægge udvindingen af de resterende råstoffer på den samfundsmæssigt mest forsvarlige måde.

At det haster fremgår også af, at de endelige forslag til regionplaner forventes at foreligge i 1979. Disse planer skal ifølge lands- og regionplanloven indeholde retningslinier for anvendelsen af arealer til udnyttelse af råstoffer.

Med henblik på at fremskaffe et grundlag for planlægningsarbejdet så hurtigt som muligt, vil råstofkortlægningen blive opdelt i tre faser:

I fase 1 foretages en sammenstilling af eksisterende geologisk viden med henblik på udfærdigelsen af foreløbige råstofkort, det vil sige arealsorteringskort, som afgrænser områder med mulighed for tilstedeværelsen af udnyttelige råstofforekomster. Man kan i denne fase få oplysninger om art og beliggenhed af formodede råstofforekomster, men ikke - eller kun i ringe grad - oplysninger om mængde og kvalitet af forekomsterne.

Også regionplanlovene af 1972, kystfredningsloven, vandforsyningsloven og miljøloven indeholder bestemmelser, som giver myndighederne mulighed for at regulere råstofindvindingen.

Råstofloven omfatter sten, grus, sand, ler, kalk, kridt, brunkul, tørv, myremalm, kiselgur, moler, kaolin, skifer, sandsten og granit.

DEN NYE RÅSTOFLOV

Forbruget af sten og grus er nu så stort i Danmark, at de kendte reserver af disse naturgivne råstoffer vil kunne forudses at slippe op i løbet af få tiår. Forekomsterne af ler, sand, kalk, kridt, granit og sandsten er i og for sig store nok til at dække forbruget i en lang årrække, men mange forekomster ligger på en sådan måde, at byudvikling, anlægsarbejder eller fredningssyn kan begrænse størrelsen af de udvindelige mængder. Forekomsterne af moler, kiselgur og kaolin er af begrænset omfang, hvorfor udnyttelsen heraf bør planlægges nøje.

Risikoen for at vigtige råstoffer vil kunne slippe op eller blive gjort uudnyttelige på grund af samfundsudviklingen, stiller mere vidtgående krav til en styring gennem lovgivning og planlægning, end loven af 1972 giver mulighed for, og stiller også krav om teknologisk udvikling.

I erkendelse af dette har miljøministeren fremsat forslag til en ny råstoflov, som indeholder regler for råstofkortlægning, råstofplanlægning og materialeanvendelse, de elementer som er nødvendig for en samfundsmæssig styring af råstofudvindingen.

Den nye råstoflov og de ovennævnte planlægningslove giver myndighederne de rammer, der er nødvendige for at styre udnyttelsen af de naturgivne råstoffer, som findes i Danmarks jord og i omgivende farvande. Der åbnes mulighed for at inddrage forsyningssynspunkter i afvejningen af de samfundsmæssige hensyn i langt højere grad end før, ligesom det offentlige må medvirke til, at de resterende ressourcer udnyttes på den for samfundet som helhed mest hensigtsmæssige og økonomiske måde.

Den nye råstoflov sætter en tidsbegrænsning på retten til at udnytte en given forekomst og indeholder regler for, hvordan et område, hvor råstofudvinding har fundet sted, skal efterbehandles, når gravningen er opført.

ELEMENTERNE I RÅSTOFPLANLÆGNINGEN

Administrationen af den mest hensigtsmæssige udnyttelse af grus, sand og de andre naturråstoffer kræver kendskab til råstoffernes mængde, deres kvalitet og det fremtidige forbrug.

Et indgående kendskab til råstoffernes omfang, beliggenhed og kvalitet er selvsagt en nødvendig forudsætning for al planlægning og administration af anvendelsen af det danske land. Miljøministeriet, amtsrådene og hovedstadsrådet har derfor planlagt at sætte en landsdækkende råstof-

gerkapacitet, hvilket økonomisk svarer til cirka 1 % af kilowattprisen. Hvis man satte tilsvarende 1 % af til oplagring af uran ville man opbygge lagre til op mod 3 års forbrug. Producenterne ville hilse en sådan politik velkommen, idet den for en lang årrække ville gøre markedet undermættet.

Der er endelig grund til at nævne vanskeligheden ved med kort varsel at nedsætte uranproduktionen såfremt markedet ikke udvikler sig som ventet. Når engang mine og fabrik er etableret, kan dette ikke gøres uden alvorlige økonomiske konsekvenser. Olieproduktionen har ikke tilsvarende problemer. Der er kun få mennesker involveret i produktionen og man kan så at sige blot skrue lidt til for hannerne.

Vi kan altså konkludere, at der ikke er en egentlig fysisk mangel på uran, men at den usikre markedspolitik har medført, at det kan være vanskeligt at sætte nye miner i drift i takt med stigningen i uranbehovet.

DANMARK OG EF

Idet man erindrer sig fællesmarkedslandenes uranbehov samt størrelsen af de europæiske reserver står det klart, at selv en 25 % selvforsyning vil blive vanskelig at etablere. Prospekteringen i EF-landene intensiveres for tiden voldsomt, hvilket også har betydning for Danmarks forhold til EF vedrørende atomenergi og uraneftersøgning. Gennem sit medlemskab af EF er Danmark medlem af Euratom og som sådan underlagt Euratomtraktatens bestemmelser. I traktatens artikel 1 siges at "Fællesskabet har til opgave gennem skabelsen af de nødvendige betingelser for den hurtige dannelse og udvikling af en kerneenergiindustri, at bidrage til højnelse af levestandarden i Medlemsstaterne ...". I artikel 2 udtales blandt andet at Fællesskabet skal "sørge for regelmæssig og ligelig forsyning med malme og nukleart brændsel til alle brugerne i Fællesskabet ...". Disse bestemmelser medfører, at der fra EF lægges pres på Danmark mod en snarlig afklaring af spørgsmålet vedrørende indførelse af A-kraft, og ønsket går helt klart i retning af en snarlig bygning af atomkraftværker i Danmark. Dette ville være i overensstemmelse med EF's energipolitik, som blandt andet tilstræber en formindsket politisk risiko gennem en bredere og mere afbalanceret import af energiråstoffer. Samtidig støtter EF råstofforskningen og råstofeftersøgningen indenfor sine egne områder. I Eurotomtraktatens artikel 70 gives mulighed for at Kommissionen finansielt kan medvirke i prospekteringsvirksomhed efter uran på Medlemsstaternes områder. En sådan støtteordning er netop udformet, og Danmark gennemfører i 1977 et boreprogram på Kvanefjeldet i Sydgrønland med en støtte på 30 % fra EF. Det må i denne sammenhæng ikke glemmes, at EF på lignende måde søger at fremme efterforskning vedrørende olie, gas, geotermal energi, vandkraft med mere.



Figur 3. Uranminen Commanderie i Frankrig



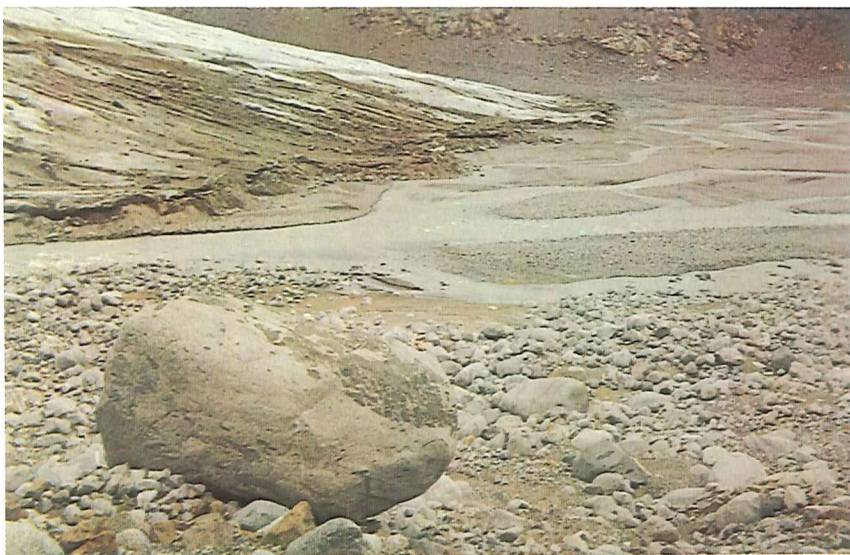
Figur 4. "Heap-leaching" eller "bunkeudludning" af uranmalm ved la Crouzille i Frankrig. Malmen anbringes på et vandtæt underlag og overrisles med svovlsyre. Efter mange gentagelser er en væsentlig del af uranet udludet, hvorefter det udvindes fra svovlsyreopløsningen.



Snit gennem smeltevandssand og -grus som underlag for forsiden af vejledningen i råstofkortlægning.



Undergrundens dannelser indgår også i råstofkortlægningen. Her ses Faxe kalkbrud med den isskurede kalkoverflade i forgrunden. (Foto: DGU).



Istidens gletschere har været de vigtigste leverandører af råstoffer til bygge- og anlægsarbejder. Fotografiet af en sydgrønlandsk gletscherrand og den foranliggende smeltevandsslette giver et godt indtryk af isens betydning som transportør af sten, grus og sand. (Foto: Steen Andersen).



Is som transportør af sten og grus. Isfjeld i sydgrønlandsk fjord.



Figur 5. Borekerne af uranmalm fra Koongarraforekomsten i Nordaustralien. Uranet findes i klorit- og grafitkifer.

DANMARK OG GRØNLAND

Til afrunding af billedet kan der være grund til at se på, hvorledes EF-politikken mekanisme passer ind i den aktuelle debat om forholdet Danmark-Grønland. Medens Hjemmestyrekommissionen, der blev nedsat januar 1973, arbejder og ejendomsretten til den grønlandske undergrund diskuteres, fortsætter private og statslige institutioner deres eftersøgning af økonomisk vigtige mineraler og kulbrinter på landjorden og på kontinentalsoklen. Hvor praksis imidlertid tidligere var, at Ministeriet for Grønland afgjorde alle koncessionsspørgsmål, skal alle sager af denne art nu forelægges Styringsudvalget vedrørende Mineralske Råstoffer. Styringsudvalget blev først etableret i 1976. Ministeren for Grønland er formand for udvalget, og de øvrige medlemmer kommer fra Grønlands Landsråd. Den nye praksis og ukendskabet til fremtiden har medført, at man har været tilbageholdende med hensyn til forlængelser og udstedelser af nye koncessioner, og antallet af mineselskaber, der arbejder i Grønland har været langsomt dalende.

DANMARKS RÅSTOFFER skal nu kortlægges

af Henning Sørensen

Almindelige danske råstoffer som grus, sand, ler og kalk har så stor udbredelse, at de umiddelbart forekommer at være udtømmelige - og der er brugt løs af dem, som om de var det. Man har derudover bygget byer og veje uden tanke for, at indvinding af de råstoffer, som de pågældende arealer rummer, måske for stedse er umuliggjort. Dette er ikke gjort af ond vilje, for man har i mange tilfælde ikke ulejlighet sig med at undersøge, hvad jordlagene rummer og har heller ikke haft pligt til det. Man har også i mange tilfælde anvendt de nærmestliggende råstoffer til formål, hvor ringere materialer fra fjernereliggende forekomster burde have været benyttet, idet man kun har taget hensyn til transportøkonomi, og ikke til råstoføkonomi. Et eksempel er anvendelsen af velsorteret grus til simpel opfyldning.

Det eneste, som kunne begrænse indvinding af råstoffer i en bestemt forekomst, var hensyn til frednings- og landbrugsinteresser og til byudvidelser og andre anlægsarbejder.

RÅSTOFLOVGIVNING ER AF SEN DATO

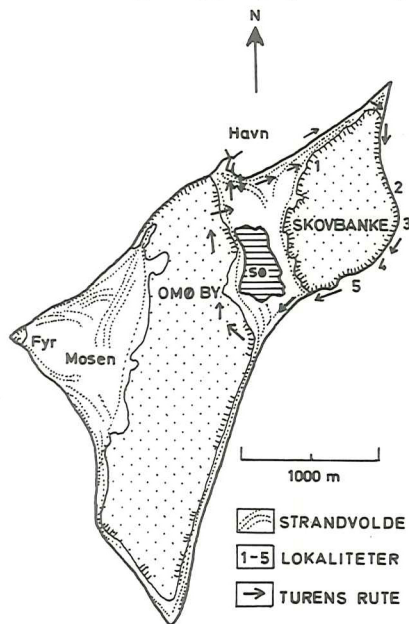
Det er betegnende, at råstofindvinding i overfladelagene ikke har været omfattet af nogen lov før 1972. Den første danske råstoflov, undergrundsloven af 1932, gav kun retningslinier for udnyttelsen af råstofferne i Danmarks undergrund, det vil sige salt, olie og naturgas. Grus, sand, ler, kalk og andre forekomster i overfladelagene, som havde været udnyttet før 1932, blev udtrykkeligt holdt uden for loven. Dette må dels ses som et udtryk for, at man opfattede disse råstoffer som nærmest udtømmelige, dels for anerkendelse af hævdvundne rettigheder og den private ejendomsret.

Først i begyndelsen af 70'erne fik man en lovgivning, som muliggjorde en vis styring af råstofindvindingen. Vigtigst i denne sammenhæng var råstofloven af 1972 om udnyttelsen af sten, grus og andre naturforekomster i jorden og på søterritoriet. Denne lov har som formål at sikre, "at udnyttelsen af disse forekomster finder sted efter en samlet vurdering af foreliggende samfundsmæssige hensyn, herunder ressourcernes omfang, erhvervs- og beskæftigelsesmæssige interesser, risikoen for skader eller ulemper i sundhedsmæssig henseende og for vandforsyningen, bevarelsen af landskabelige værdier og videnskabelige interesser, fremme af hensigtsmæssig byudvikling og varetagelse af landbrugsmæssige hensyn, samt risikoen for kystnedbrydning, havforurening, ændring af strømforholdene og for ulemper for skibsfart og fiskeri".

Både Landsrådet og Styringsudvalget har dog udtrykt ønske om, at undersøgelserne omkring uranforekomsten på Kvanefjeldet fortsættes, også gerne ved hjælp af støtteordninger fra EF. Denne holdning skal formodentlig blandt andet ses på baggrund af, at Regeringen overfor Folketingets Energipolitiske Udvalg i 1975 har udtalt, at Kvanefjeldsprojektet anbefales videreført i statsligt regie. Selvom man kunne påpege, at en uranmine på Kvanefjeld under alle omstændigheder ville være en god forretning, er der næppe tvivl om, at de bevilgende myndigheders bevågenhed forståeligt nok er influeret af et ja eller et nej til atomkraft i Danmark.

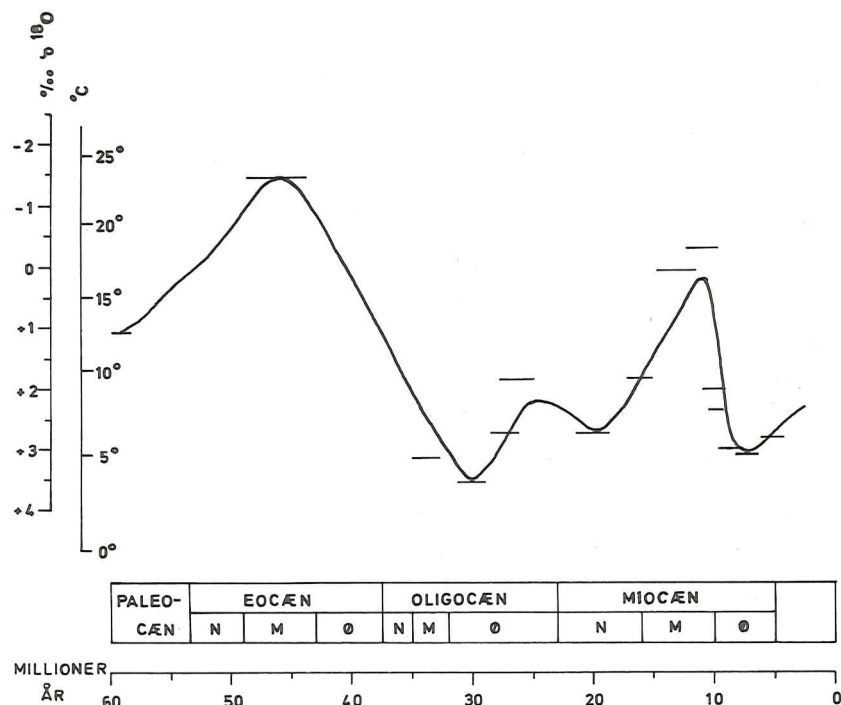
Hvis en uranmine engang bliver etableret ved Kvanefjeldet, og hvis vi til den tid har atomkraft i Danmark, da vil en grønlandsk produktion i første række skulle dække det hjemlige behov, hvorefter en eventuel overskudsproduktion kan kanaliseres igennem Euratoms Forsyningsagentur til andre aftagerlande i EF.

TUR TIL OMØ



af Erik Maagaard Jacobsen

Hvis man tager med færge fra Stignæs, vil man efter en sejltur på 45 minutter nå frem til Omø, som denne artikel handler om. Man kan besøge øen af mange grunde - en af dem kunne være for at se på den geologi, som øen kan fremvise. En undersøgelse af opbygningen af klinterne på øen viser, at dannelseshistorien begyndte i Kvartærtiden - idet øen ikke mindre end fire gange har været overskredet af isen.



Figur 4. Temperaturvariationerne i Nordsøen gennem Tertiær-perioden på basis af iltisotop-indholdet (skala længst til venstre) i fossile snegle- og muslingeskaller. De vandrette streger viser de enkelte målinger, idet stregens længde er et udtryk for den tilsvarende usikkerhed i aldersbestemmelse.

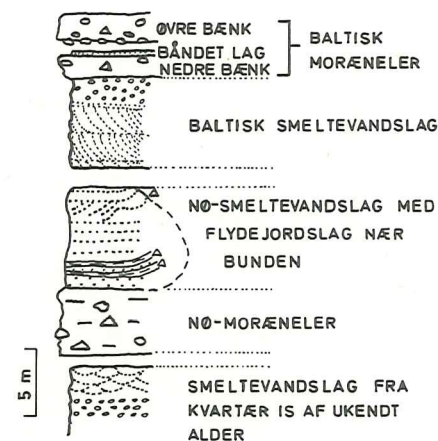
Temperatur-analyser af ældre materiale finder for tiden sted i iltisotoplaboratoriet ved Geologisk Centralinstitut i København. Som udgangspunkt benyttes her snegle- og muslingeskaller fra nordeuropæiske aflejringer af Tertiær alder, det vil sige fra de sidste godt 65 millioner år. Nogle af resultaterne fra danske aflejringer er vist i figur 4. Det fremgår heraf, at kølige perioder ikke har været begrænsede til Kvartærtiden alene. Tværtimod synes det nordeuropæiske klima at variere mellem kolde og varme intervaller med en cirka 30 millioner års periode.

Hvis disse temperaturbestemmelser ellers er korrekte, har det hav, der i Oligocæntiden rullede mod den danske Vesterhavskyst, som dengang lå i Østjylland, været lige så koldt som det, vi kender idag. Interessant er det i denne forbindelse at bemærke, at der er påvist glacialaflejringer i Antarktis såvel fra denne periode som fra Øvre Miocæn. Eocæn-tiden, der er kendt for sine moler-aflejringer med blandt andet rester af varme-krævende skildpadder, har derimod haft et varmt, subtropisk klima med gennemsnitstemperaturer på op til 20° C.

Resultaterne passer udmærket med de fossile planters vidnesbyrd - se Varv 1977 nr.1.

IS AF UKENDT ALDER

Det første man kan sige er, at en gletscher må have ligget i nærheden af øen, og at smeltevand fra denne har aflejret grus og sand, der hvor øen nu ligger. Ud fra strukturerne i sandet kan man sige, at smeltevandet løb mod vest. Samtidig fortæller kornstørrelsen i sedimenterne, at isen smeltede længere og længere væk - idet det groveste materiale (småsten og grus) findes i bunden, og materialet bliver finere og finere oppefter (groft til fint sand). Hvorfra gletscheren kom, om den overskred øen, og hvornår den kom hertil under Kvartærtiden kan ikke på nuværende tidspunkt siges, men at den er ældre end den is, som aflejrede det overliggende moræneler, er sikkert. Det er muligt, at den skal henføres til den tidlige Weichsel-is (Varv 1977 nr.1), men den kan ligesågodt være ældre. At den ikke er identisk med den is, der aflejrede det overliggende moræneler, fremgår tydeligt af stentællinger fra begge aflejringer, idet indholdet af sten, der består af sedimenter er størst i smeltevandsgruset. Ved en transport med smeltevand vil disse blødere sten blive opslidt og derfor forsvinde først, og følgelig kan det ikke være smeltevand fra den is, som aflejrede moræneleret, da dette indeholder færre sten af sedimentær oprindelse.



Lagsøjlen på Omø.

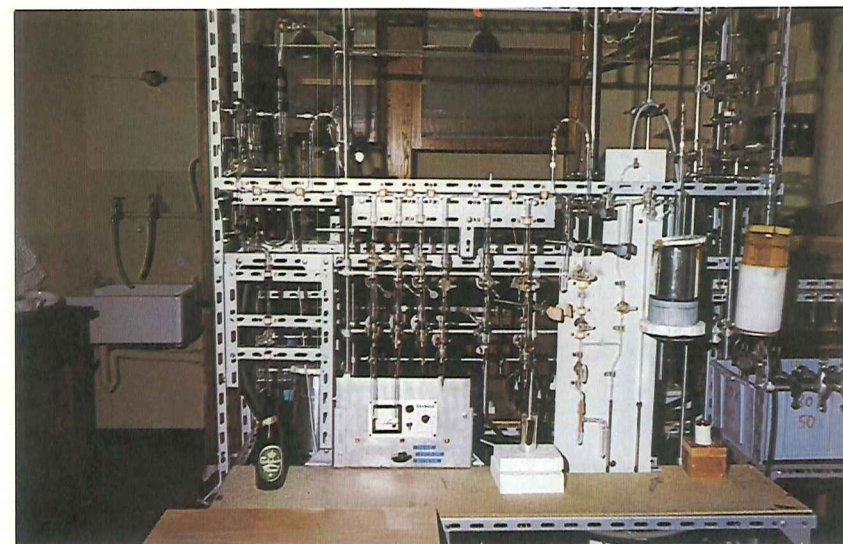
WEICHSEL-IS FRA NORDØST

Efter aflejringen af smeltevandssandet har området ligget isfrit et stykke tid, før det igen blev dækket af is. Denne gang overskred isen området fra nordøst, hvilket kan ses af en stenorienteringsmåling i det moræneler isen aflejrede. Denne is nåede helt frem til Hovedopholdslinien i Jylland (se Varv 1977 nr.1, Weichsel 2), dette mener man skete for cirka 18-20.000 år siden. Da denne is smeltede væk fra øen, efterlod den et

cirka 5 meter tykt lag af moræner, og ovenpå aflejrede smeltevandets hedeslette. Denne består af vekslende sand- og siltlag, med nogle enkelte indslag af flydejord i bunden. Det viser, at isen stadig lå ret tæt ved øen, idet kun overfladejorden kunne nå at tø op i sommertiden og derved som en mudderstrøm kunne blive omlejret. Strukturerne i disse sand- og siltlag viser, at smeltevandet løb mod sydøst. Efter aflejringen af denne hedeslette, foretog isen et lille fremstød, hvorved den nordlige del af øen atter blev overskredet af is, og det gav forstyrrelser i den allerede aflejrte lagserie. Disse forstyrrelser kan ses i klintprofilen i form af både små og store folder og overskydninger, hvorved morænelaget nogle steder er blevet lagt op ovenpå smeltevandssandet, som ellers normalt ligger ovenpå morænelaget. Ved dette skub dannedes den høje del - "Skovbanke" - af øen, idet morænelaget og smeltevandssandet fra Nordøst-isen blev ført op til cirka 15 meter over havet, mens det andre steder ligger i eller under havniveau. Efter denne sidste kraftanstrengelse smeltede isen helt væk fra området.



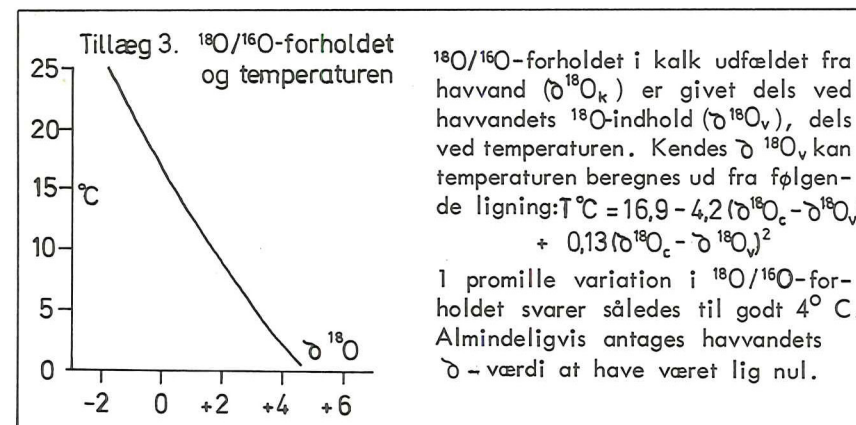
De kraftigt foldede lag af Nordøst-isens moræner og den ovenliggende hedeslette, overlejret af den Baltiske is's moræner.

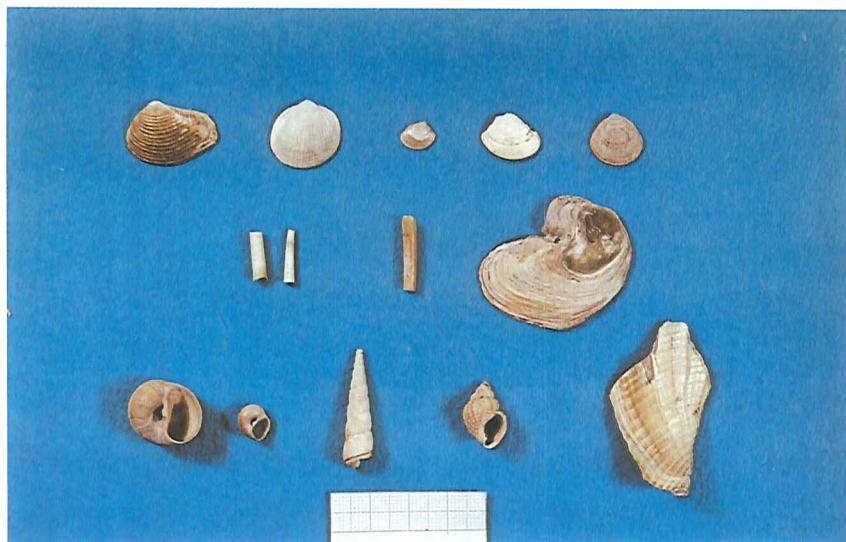


Figur 3. CO₂-præparations anlægget på Geologisk Centralinstitut i København. Her opløses kalkskallerne, inden deres O-18 indhold kan bestemmes.

fladeformer og bundformer hver for sig kan man oven i købet bestemme temperaturforskellen imellem disse niveauer i havet.

Et af de vigtigste resultater af disse undersøgelser har været påvisningen af ikke mindre end 7 kuldeperioder - glaciationer - gennem de sidste 700.000 år, samt det interessante faktum at de mellemliggende varmeperioder - interglaciale tiderne - kun har været af kort varighed (mindre end 20.000 år).





Figur 2. Viser typisk skaldyrsmateriale anvendt til palæotemperaturbestemmelser i Tertiær-perioden.

er alle processer, der kan ændre det oprindelige O-18/O-16 forhold, når først skallen er begravet efter organismens død. Det er derfor også nødvendigt at vurdere det pågældende skalmaterials bevaringstilstand. Dette kan gøres gennem for eksempel elektronmikroskopiske undersøgelser af ultrastrukturen i skallen eller ved at bestemme mængden af bevarede proteiner i skallens organiske indhold. Først når alle disse forhold er taget i betragtning, kan en O-18/O-16 måling med rimelighed tolkes som udtryk for oprindelige havtemperaturer.

De første palæotemperatur-bestemmelser udførtes på kalkmateriale (vættelys) fra en nu uddød blækspruttegruppe - belemnitterne, blandt andet fra de danske kridtaflejringer (se Varv 1966, nr.1). Senere undersøgelser har vist, at disse tidlige temperaturinformationer muligvis ikke er så troværdige som først antaget. I de senere år har O-18 analyserne været koncentreret om Kvartære aflejringer fra bunden af dybhavene, hvorfra borekerner fra op til 5 km's vanddybde har leveret et uvurderligt materiale af blandt andet foraminiferer - dels former, der levede ved havoverfladen og dels former, der var knyttet til havbunden.

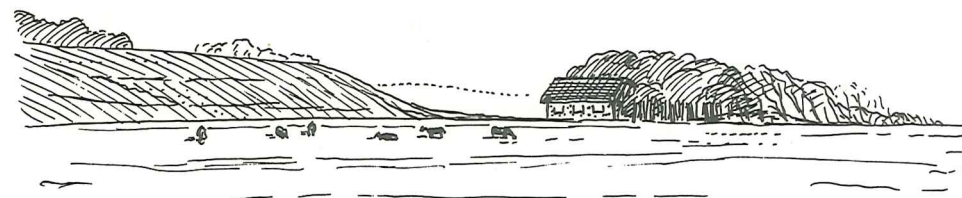
O-18/O-16 forholdet i foraminiferernes skaller afspejler som tidligere nævnt vandtemperaturen, og bestemmer man O-18 variationerne gennem sådanne borekerner, vil man få et billede af variationerne i havets temperatur gennem tiden på det pågældende sted. Ved at analysere over-



Her ses den Baltiske is's smeltevandslag ved lokalitet 2. Bemærk lagene med den ensidige krydslejrning, samt de plane lag både over og under.

BALTISK IS FRA SYDØST

Efter en kølig periode uden is nærmede en ny gletscher sig fra syd-øst og foran denne aflejrer smeltevandet nederst silt, sand, grus og småsten - altså først de finkornede sedimentter, hvorefter de bliver mere og mere grovkornede for tilsidst gradvist at gå over i moræneler. Det fortæller, at isen kom nærmere og nærmere til øen, for til sidst at overskride den. Stenorienteringsmålinger i moræneleret viser, at isen som aflejrte dette, bevægede sig mod nordøst, og det er denne is, der når helt frem til den Østjyske israndlinie (se Varv 1977 nr.1, Weichsel 3). Denne is aflejrte cirka 1,5 meter moræneler på øen før den igen smeltede væk, forårsagende ingen væsentlige forstyrrelser, og synes kun at have haft en udjævende virkning på landskabet. Ved afsmeltningen dannedes ovenpå moræneleret et cirka 20 cm tykt båndet lag, som består af sandlag adskilt af morænelerslag, hvilket giver det bandede udseende.



Skitse af fossil klint fra Stenalderhavet i Skovbanken, lokalitet 1.

BALTISK IS FRA SYD

Endnu engang er den Baltiske is gledet hen over området, denne gang fra en mere sydlig retning, hvilket vises af stenorienteringsmålinger fra det cirka 2 meter tykke moræneler, som denne is afsatte. I bunden af moræneleret ses nogle steder en isskuret brolægning, som også bekræfter, at isen bevægede sig mod nord. Denne is nåede frem til en linie mellem Røsnæs og Hindsholm, og er den sidste is som har sat sig spor på Omø.



RØSNÆS - HINDSHOLM ISRANDSLINIEN

FASTLANDSTIDEN

Efter isens endelige bortsmeltning lå øen udsat for nedbrydning, og i fastlandstiden er de to dybe render, Omørsund og Agersøund, opstået. To bifloder til den store "Dana elv", som afvandede Østersøen gennem Storebælt, løb gennem disse render. For omkring 8.500 år siden skiftede billedet, og havet begyndte at stige hurtigere end landet hævede sig.

STENALDERHAVET

Omkring 8.000 år før nu var havet steget så meget, at saltvand trængte ind i Østersøen, hvorved denne blev brak. Denne havstigning fortsatte, og omkring overgangen mellem atlantisk og subboreal tid, for omkring 5.200 år siden nåede dette stenalderhav sin højeste vandstand. På Omø trængte havet ind over de laveste dele, således at øen på dette tidspunkt var delt i to småøer adskilt af et sund. Stenalderhavet eroderede i de to øer og dannede klinter, som idag kan ses som fossile klinter ud mod Omø sø både langs Skovbanken og ved Omø by. På et senere tidspunkt blev sundet mellem de to småøer lukket af, således at søen dannedes - dette skete ved dannelsen af to strandvoldssystemer hen over åbningerne ud mod havet. Samtidig blev der også dannet strandvolde fra en lille holm, som lå der hvor fyret nu ligger og ind mod den vestlige af småøerne. Her ved blev et større trekantet stykke, Mosen, afskåret fra havet. Disse strandvolde, som har givet Omø sit nuværende omrids, er blevet dannet samtidig med eller senere end det tidspunkt, hvor landet var beboet af det folk, som efterlod sig køkkenmøddingerne, da redskaber fra denne såkaldte Ertebøllekultur kan findes indlejret i strandvoldene.

Som det ses af figuren vokser afvigelsen i O-18 indholdet i forhold til oceanerne med faldende temperatur. De største afvigelser vil man finde i polarområderne, hvor de laveste O-18 værdier fås i vintermånederne og under istider. Hvis nedbøren - som for eksempel på Grønland - bliver bevaret som indlandsis, kan såvel sæsonvariationer som længerevarende klimatiske ændringer aflæses som O-18 variationer i iskerner. Om dette fascinerende emne, der er endnu en konsekvens af Urey's oprindelige spekulationer, kan iøvrigt henvises til Willy Dansgaards artikel i "Naturens Verden" januar 1977.

Også ligevægtsreaktioner mellem kemiske forbindelser med forskellig isotopisk sammensætning vil føre til karakteristiske isotopiske afvigelser. Under skaldannelse vil det således være reaktionen mellem vand og skalkalk (calciumkarbonat CaCO_3), der har interesse. Reaktionen har karakter af en "bytteforretning", idet iltisotoper fra vandmolekylerne ombyttes med iltisotoper fra skalkalken. Urey og hans gruppe påviste, at processen er temperaturafhængig på en sådan måde, at faldende temperaturer fører til stigende O-18 koncentration i karbonatet. Herpå hviler hele teorien bag palæotemperatur-bestemmelserne. Gennem forsøg blev det senere muligt at fastlægge den O-18 (karbonat)-temperatur relation (tillæg 3), der idag benyttes ved beregning af isotop-palæotemperaturer.

Tillæg 2: Måling af iltisotop forhold

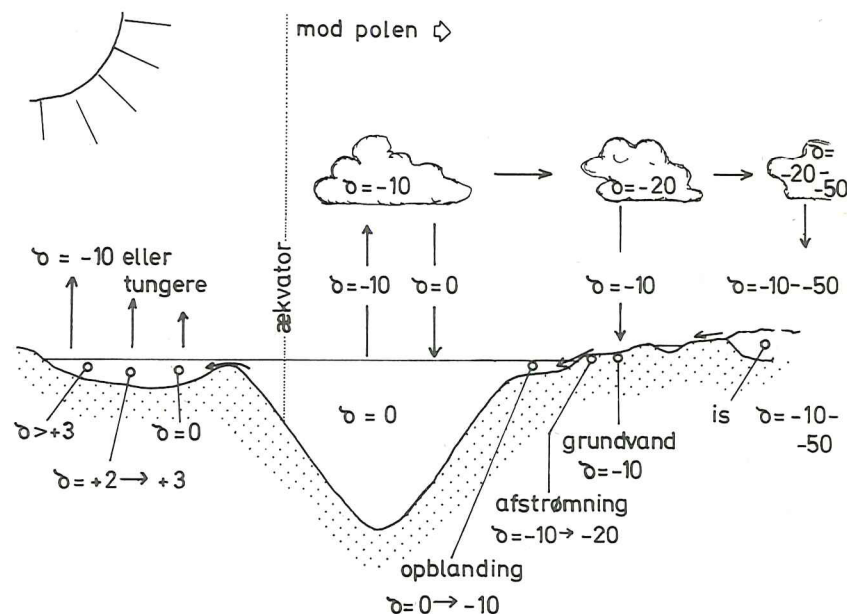
Til bestemmelse af de meget små variationer, O-18/O-16 forholdet udviser i naturlige iltforbindelser, har det været nødvendigt at konstruere en ny type massespektrometer. I princippet måler sådanne instrumenter ikke absolutte O-18/O-16 forhold, men derimod afvigelser set i forhold til en givet arbejdsstandard. I massespektrometret benyttes CO_2 som målegas, idet forholdet mellem $\text{C}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$ (masse 46) og C^{16}O_2 (masse 44) måles. Det er derfor nødvendigt at omdanne sin prøve til CO_2 . For kalkskallers vedkommende gøres dette ved opløsning i koncentreret fosforsyre i et særligt præparationssystem.

PALÆOTEMPERATUR-BESTEMMELSERNE

For at kunne benytte en fossil skal som udgangspunkt for palæotemperatur-bestemmelser er det nødvendigt at sikre sig, at den pågældende organisme under dannelsen af sin skal virkelig benyttede ilt fra det omgivende vand. Beklageligvis gælder det ikke alle dyregrupper. Bedst egnede former synes at være bløddyr som snegle, muslinger, skalbærende blæksprutter med flere, og foraminiferer (encellede organismer med kalkskal), der heldigvis udgør to af de hyppigst forekommende fossilgrupper.

Hermed er vanskelighederne dog ikke overvundne. Opløsning, rekrystallisation og overfladeabsorption (optagelse af stoffer fra omgivelserne)

Et instruktivt eksempel på sådanne processer er iltisotopernes fordeling i det atmosfærisk-hydrosfæriske kredsløb. På grund af masseforskellen vil vanddamp indeholde godt 10 promille mindre O-18 end den tilhørende vandmasse, og tilsvarende vil nedbør gennem kondensation blive godt 10 promille beriget på O-18 i forhold til vanddampen. Disse processer er vist i figur 1, der illustrerer iltisotopvariationerne i vandet i de hydrosfæriske kredsløb.



Figur 1. Iltisotopernes vandring i det atmosfærisk-hydrosfæriske kredsløb. δ (græsk: delta) er et udtryk for forholdet O-18/O-16 - se tillæg 1.

Tillæg 1: Iltisotoper

Grundstoffet ilt optræder med tre forskellige stabile isotoper, der alle har det samme antal protoner (positivt ladet kernepartikel) og elektroner (nemlig 8), men 8, 9 eller 10 neutroner (elektrisk neutrale kernepartikler). De tre isotoper - skrevet som ^{16}O , ^{17}O og ^{18}O , eller som O-16, O-17 og O-18 - findes i havvand i forholdet 500 : 0,19 : 1. På grund af den større masseforskel og den større hyppighed interesserer man sig almindeligvis kun for forholdet mellem O-18 og O-16. Dette forhold udtrykkes gennem den såkaldte δ -funktion, der viser afvigelsen i O-18 indholdet i en prøve i forhold til en givet standard. En positiv δ -værdi udtrykker således, at prøven har et større O-18 indhold end standarden, en negativ δ -værdi at prøven har et mindre O-18 indhold.

FORSLAG TIL EN EKSKURSION

Efter ankomst til øen, følger man vejen mod øst langs vandet. Denne vej ligger på toppen af en strandvold, og når man kommer hen mod Skovbanken, kan man tydeligt se de fossile klinter, som er dannet af Stenalderhavet (lokalitet 1). Ved at fortsætte langs stranden, går man stadig på strandvolden, og har nu en bevokset fossil klint på højre hånd, mens man til venstre har en lav klint i strandvolden. På dette sted er der blandt andet i strandvolden fundet nogle strandrullede flækker og redskaber fra Ertebøllekulturen. Når man når ud til revspidsen, kan man se den nordlige ende af klinten. På det første stykke, som danner en svag bugt, vil man kunne se nogle gode profiler gennem de baltiske morænelersbænke, som er underlejret af smeltevandssand fra det første af disse isfremstød. Ved lokalitet 2 kan man se flere forskellige slags strukturer i smeltevandssandet, ensidig krydslejrning, ribber med mere. I bunden af sandet stikker nogle runde knolde af moræneler op - det er erosionsrester af Nordøst-isens aflejringer.

Ved at runde den første pynt, kommer man til lokalitet 3, og her kan man se nogle ret lave, kraftige folder i Nordøst-isens aflejringer. Disse folder er ofte afskåret af de to Baltiske morænelersbænke langs en meget skarp grænse. Her mangler en stor del af Nordøst-isens hedslette, og hele den Baltiske smeltevandssandaflejring.

Herfra går man videre langs klinten til lokalitet 4, som ligger ved den højeste del af klinten. Her ses nederst smeltevandssandaflejringer af ukendt alder, som her viser nogle pæne sedimentstrukturer, trugkrydslejrret sand og nogle flammestrukturer i et tyndt siltlag. Dette ligger i kernen af en stor flad fold og overlægges af Nordøst-isens aflejringer, som er foldet i en stor åben opadbuet fold (antiklinal) efterfulgt af en snæver nedadbuet fold (synklinal). Disse folder er meget store, og er nok en nærmere betragtning værd. Ofte er disse folder skåret af de vandretliggende Baltiske morænelersbænke.

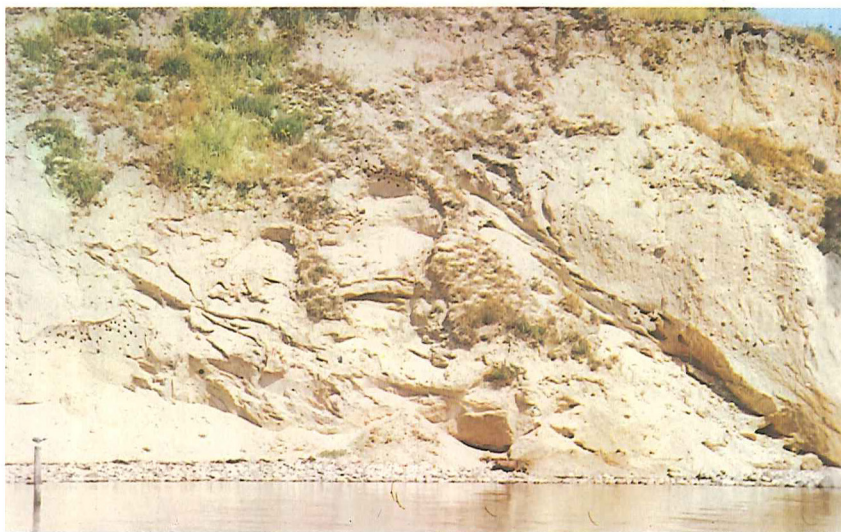
Ved den efterfølgende pynt (lokalitet 5) ses en meget smukt udviklet overskydning, hvorved Nordøst-moræneleret er skubbet mindst 8 meter op i det overliggende smeltevandssand. Denne overskydning er ikke kun sket langs et enkelt plan, men er foregået langs en hel zone af overskydningsplaner.

Efter at have forladt klinten går man igen på en strandvold, som følges indtil vejen drejer op mod Omø by. Endnu engang kan man betragte en fossil klint, denne gang på venstre hånd - dog ikke så godt udviklet som dem man kan se på vestsiden af Skovbanken, når man ser mod nord. Ved byen drejer man til højre og går nordpå ovenpå den vestlige af de to småøer, der lå i Stenalderhavet. Når vejen drejer mod øst og går ned mod havnen, vil man endnu engang passere en fossil kystklint.

Derefter er der kun tilbage at vente på færgen.



Her ses trugkrydslejring i gruset smeltevandssand fra isen af ukendt alder ved lokalitet 4.



Her ses overskydningen ved lokalitet 5. Bemærk hvorledes selve overskydningen udgøres af en hel del paralleltløbende forkastninger.

ET GEOLOGISK TERMOMETER iltisotoper og fortidsklima

af Bjørn Buchardt

I artiklen er indskudt et par tillæg med yderligere detaljer - disse tillæg er ikke nødvendige for forståelse af princippet i metoden og kan eventuelt springes over.

Når geologer har ønsket at vurdere fortidens temperaturforhold, har de almindeligvis været henvist til indirekte metoder. Spor efter moræneaflejringer og isskurede sten er således gode indikatorer for lave temperaturer, mens for eksempel dybtgående forvitring, saltaflejringer, tørkesprækker eller koralrev peger hen imod varme, tropiske forhold. En metode til måling af absolutte palæotemperaturer har derimod kun været til rådighed i de sidste par årtier. Ganske som ved udviklingen af de absolutte dateringsmetoder (som for eksempel ud fra den radioaktive kulstof-14 isotop), var det det frugtbare grænseland mellem fysik, kemi og geologi, der fostrerede ideen til det geologiske termometer på grundlag af iltisotoper (tillæg 1). Æren må tilskrives den amerikanske fysiker Harold Urey, der ellers er mest kendt for sin opdagelse af den tunge brintisotop deuterium. Anekdoten vil vide, at han efter en forelæsning i Zürich i 1946 diskuterede iltisotopernes forskellige damptryk med geokemikeren P. Niggli og her blev opmærksom på det faktum, at calciumkarbonat udfældet fra havvand ved forskellige temperaturer vil have afvigende O-18 indhold.

Ideen var rigtig, men teknikken til at eftervise den utilstrækkelig, og først 4 år senere lykkedes det Urey og hans gruppe på University of Chicago at gennemføre de første målinger af O-18/O-16 forhold i skal-kalk (tillæg 2). Hermed var grunden lagt til udviklingen af iltisotop-palæotemperatur metoden, og de forløbne 25 år har set en hastig - måske nogle gange for hastig - akkumulation af absolutte palæotemperaturbestemmelser. Idag er langt de fleste tekniske problemer overvundet, og mere end 20 laboratorier rundt om på kloden beskæftiger sig med sådanne analyser på saltvands- eller ferskvandsbløddyr, encellede organismer eller andre former for skalbærende dyr.

Inden vi går mere i detaljer med O-18 temperatur metoden vil det være rimeligt at se lidt på iltisotopernes fordeling i de globale kredsløb og de fysisk/kemiske processer, der ligger bag. Grundstoffers kemiske egenskaber er bestemt af antallet af elektroner omkring kernen, og de tre iltisotoper (se tillæg 1) vil derfor optræde identisk i kemiske reaktioner. Fysiske egenskaber som diffusionshastighed og damptryk er derimod afhængig af kernerens masse, og følgelig vil fordampnings- og diffusionsprocesser ændre O-18/O-16 forholdet set i forhold til udgangssammensætningen.