MERE OM EN 15-ENDER

af Erik Fjeldsø Christensen, Else Kolstrup & Nanna Noe-Nygaard

I sidste nummer af VARV (nr. 1, 1983) bragte vi en historie om en 15-ender, der i 1981 blev fundet nær Roslev, Nordsalling. Ud fra pollenanalysen konkluderede vi, at hjorten var 9000 år gammel. NU ER DER IMIDLERTID KOMMET NYT I SAGEN.

Eet af hjortens hæleben blev indsendt til Nationalmuseets og DGUs kulstof-14 Dateringslaboratorium til aldersbestemmelse. Resultatet giver følgende alder: 3370 ± 80 før 1950: 1420 f. Kr. i C-14 alder og 1735 f. Kr. i kalenderår. Det placerer hjorten i den ældste del af bronzealderen nær overgangen til bondestenalderen.

Går vi ud fra, at kulstof-14 alderen er pålidelig, er hjorten altså mindre end halvt så gammel, som pollenanalyserne fortalte os.

Uoverenstemmelsen mellem pollendateringen og kulstof-14 dateringen er vanskelig at forklare helt. Måske kan pollensammensætningen forklares ved, at skoven på et tidspunkt er blevet ryddet omkring fundstedet, så det træpollen, der andre steder findes i aflejringer fra omkring 3000 til 5000 år siden, ikke er repræsenteret her. Eller måske har hjorten lige før sin død rodet op i de ældre sedimenter, så lagfølgen er forstyrret.

Nu må vi i stedet konkludere, at hjorten har levet på et tidspunkt, hvor mennesket i mere end 1000 år har påvirket den naturlige vegetation. Gennem skovrydning blev den oprindelige egeblandingsskov fortrængt, og birk og hassel rykkede atter frem på de forladte rydninger. I et sådant tidligt kulturlandskab med let og åben skov og talrige lysninger var der påny blevet skabt ideelle betingelser for de store krondyr.

Roslevhjorten med den imponerende højde på 2.50 m fra jorden til spidsen af geviret er blevet samlet og kan nu ses på Fur museums udstilling.

VARV

NR. 2 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1983

HVORLEDES ER SITUATIONEN PÅ CHRISTIANSBORG ? - GOD OG STABIL FORDI RØNNE GRANIT ER BENYTTET TIL OPBYGNINGEN ? - ELLER USTABIL OG VAKLENDE, FORDI DET KUN ER DET ØVRE STOKVÆRK, DER ER BYGGET AF DEN SEJE RØNNE GRANIT ? - VARV FORTÆLLER OM RØNNE GRANIT I SERIEN OM GEOLOGI OG INDUSTRI. VARV TAGER DIG OGSÅ MED TIL SYDAFRIKA, HVOR NOGLE AF VORE FORFÆDRE LEVEDE, HVOR GAMLE ER DE ? - OG ENDELIG BRINGER VI EN REJSESKILDRING FRA DET NATURSKØNNE, MEN KOLDE SIBIRIEN, HVOR JORDEN ER FROSSEN - HAR DER OGSÅ VÆRET SÅ KOLDT I DANMARK ? - OG HVORDAN KAN MAN SE DET ?

ISSN 0105 - 6301

1983-07-25

VARV får fra tid til anden opfordringer og eller ideer til artikler. En trofast læser vil således gerne vide noget om fossile fodspor, - og det kommer i et af de følgende numre (i år). En anden - også trofast læser - ville gerne vide lidt mere om dendrokronologi, dvs. datering ved hjælp af træ's årringe, men om dette interessante emne er der for få år siden skrevet en udmærket artikel i "Dansk Natur - Dansk Skole", så det vil vi vente lidt med at tage op. Har du emner og ideer hører vi gerne fra dig, og i den udstrækning vi kan finde skribenter - eller som i tilfældet med dendrokronologien - hvis redaktionen ved, at der inden for de seneste år er skrevet om emnet, bringer vi gerne en artikel eller en henvisning.

VARV har efterlyst "Peterdyr"! Redaktionen har modtaget en række forslag og illustrationer. Vi bringer eksempler på Peter's familie i de kommende numre og vi modtager endnu gerne fætre og kusiner.

På sidste side bringer VARV et dilemma til torvs! Hvor gammel var egentlig den hjort, som blev beskrevet i sidste nummer (1983-1) ? Skal man tro på pollenanalysen eller på den senere foretagne kulstof-14 datering ?

VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10, DK-1350 København K. Telefon: 01 - 11 22 32
Kontor: Mandage 9-16, Anita Ege, andre dage: Steen Sjørring

Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Asger Berthelsen, Jens Konnerup-Madsen, Steen Sjørring og Sven Laufeld (Sverige).

Renskrift: Gitte Sjørring

Montage: Jens Konnerup-Madsen og Steen Sjørring

Repro: Scan-Lith ApS, København

Tryk: Fair-Print A/S, Roskilde

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 50 kr. i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, Postgiro 9 06 88 80 eller 40 Skr. til VARVS svenske postgiro 4388-5.

Adresseændringer eller fejl ved bladets levering bedes meddelt postvæsenet.

© 1983 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter aftale.

udforskningstradition er de bedst kendte, vi har. Man kunne sikkert også finde andre områder, især kunne man overveje, om ikke thermokarsten kunne erstatte nogle af de mange dødis-klumper, som geologerne gennem tiden har fået anbragt rundt om i landet i deres forsøg på at forklare det uforklarlige.

Men smeltning af dødis og smeltning af permafrost er beslægtede processer - er der nogen væsentlig forskel ? De årtusinder gamle dødisklumper, begravet i jorden hundredevis af kilometer borte fra den nærmeste "levende" is, hører til på et rent hypotetisk plan - der er ikke noget sidestykke til dem nu. Thermokarst-processerne er derimod hentet ud af hverdagen - den sibiriske hverdag.

Fig. 12. Fra permafrostens skatkammer. Det var en videnskabelig bedrift, da det i 1901, efter en lang og strabadserende ekspedition for første gang lykkedes at sikre et mammut-kadaver for videnskaben. "Beresowkamammuten" blev fundet i det østligste Sibirien ved floden Indigirka. Den døde med mad i munden og, som man kan se, siddende. Sandsynligvis skete der det, at den på en fredelig sommerdag for 40 000 år siden kom for nær flodbrinken, som gav efter og styrtede ned. Mammutten rutschede med og blev begravet af det skred, den havde startet. På den måde blev den indkapslet i permafrostens fryseboks. Zoologisk Museum i Leningrad.

nok ? De nordsjællandske søer har senere været genstand for indgående studier, denne gang foretaget af botanikeren K. Jessen. Det viste sig da, at forholdene omkring søernes dannelse var lidt mere indviklede. F.eks. kunne man i eet og samme søbassin finde Allerød-muld i den ene ende, mens lagene i den anden ende viste, at der her samtidigt og igennem mange århundreder havde eksisteret en sø. Jessen foreslog - uden begejstring - at den begravede isklump havde haft et smeltet hul, hvori der igennem dette lange tidsrum havde været en sø, mens muldhorisonten dannedes oven på den endnu usmeltede del af isklumpen.

Dødis-forklaringen fører her til nogle ret indviklede hypoteser, men hvis man i stedet valgte thermokarst-teorien passer iagttagelserne ind i et logisk billede, idet det jo er karakteristisk for den begyndende thermokarst-dannelse, at den starter med en lokal opsmeltning af permafrosten, og herfra breder sig til siderne. Figur 2 kunne her forestille Sækkedam i Rude Skov i Allerød-tid: det første lille søbassin er dannet, efterhånden vil det brede sig til siderne, hvor jorden vil synke sammen, og de døde træer komme til at stå på den fremtidige søbund. I Sibirien kulminerede alass-dannelsens første fase i en stor sø - har vi noget tilsvarende ?

De nordsjællandske søer opnåede deres største udbredelse og vandrigdom i Yngre Dryas-tid, som fulgte efter Allerød-tid. I området Femsølyng nord for Rude Skov var en række små bassiner smeltet sammen med een stor sø - "Ur-Femsøen". Kunne det være den, vi ser i figur 3 ? (Man må her tænke sig den tætte taiga erstattet af en åben park-tundra bevoksning). Her har alass-dannelsen nået et forholdsvis stabilt stadium, under søen er permafrosten dybt opsmeltet, mens den stadig eksisterer i områderne omkring søen. Terrænforholdene er derfor anderledes end dem, vi ser nu - søens omgivelser lå højere end nu på grund af den is-rige permafrost i sedimenterne. Dette kunne muligvis forklare, hvorfor Ur-Femsøen i vore dage ikke udgør et naturligt bassin - det har ikke nogen begrænsning mod syd. For at forklare dette har man tidligere måtte anbringe endnu en klump dødis, der lå og dæmmede vandet op.

Men hvad så med det sidste stadium, den egentlige alass - engen, hvorunder permafrosten var under genopbygning ? Det kan man næppe forvente at finde hos os. Ved varmetidens begyndelse efter Yngre Dryas-tid forsvandt permafrosten, og det klima, der kom til at herske var - i forhold til det sibiriske - fugtigt. Søerne svandt vist ind, men de blev ikke til enge, nogle af dem blev til moser.

Thermokarst kontra dødis

Man kan altså med opbydelse af lidt god vilje følge nogle af de karakteristiske thermokarst-processer i vor landskabs-udvikling ved istidens afslutning. De nordsjællandske søer er valgt som eksempel, fordi de med en næsten 200-årig

NØDDEKNÆKKERMANDEN

af Bjørn Buchardt

I nyere tid er der gjort en lang række fund af menneskelignende skeletrester i geologiske aflejringer over hele verden - ikke mindst i Afrika. For at få disse fund til at fortælle en sandfærdig historie om menneskets afstamning og udvikling er det nødvendigt at kende de enkelte funds alder. Desværre havde vore fortidige slægtninger ikke nutidsmenneskets vane med at opgive fødsels- og dødsår på en gravsten solidt plantet ovenpå den døde, så vi må ty til andre metoder, når vi skal sætte en alder på fundene.

Relativ og absolut datering

Datering af geologiske aflejringer sker ved hjælp af metoder, der er meget forskellige fra dem, vi normalt benytter i dagligdagen. Dette skyldes først og fremmest, at geologerne arbejder med meget lange tidsrum. Den geologiske tidsskala dækker de ca. 4 500 millioner år, der er gået siden Jordens tilblivelse, og hvis vi "omregner" dette enorme tidsspand til et enkelt døgn, kommer menneskets historiske tid kun til at udgive en brøkdel af et sekund. Selv de godt

Figur 1. Billedet viser et kalium/argon laboratorium i Australien, hvor mange af de vigtige dateringer af afrikanske fortidsmennesker er blevet udført.

Figur 2. Udsigt over Olduvai Gorge i Tanzania i Østafrika. I bunden af dalen ses de mørke basaltlag, der er dateret til 1.85 millioner år.

15-20 millioner år, der har dannet rammen om menneskets udvikling, vil i denne sammenhæng kun svare til de sidste ca. fem minutter. Groft sagt benytter geologen sig af to forskellige dateringsprincipper: relativ datering og absolut datering. Den relative datering bygger på geologens mulighed for ud fra lagenes indbyrdes lejringsforhold eller ud fra deres indhold af forsteninger at vurdere, om nogle aflejringer er ældre end andre. Den absolutte datering bygger på de fysisk-kemiske ændringer, bjergarternes grundstoffer og molekyler har undergået siden aflejringstidspunktet. Mens den relative datering i princippet ikke fordrer andre hjælpemidler end geologens øjne og logiske sans, kræver absolut datering speciallaboratorier med avanceret fysisk måleudstyr, komplicerede kemiske præparationsmetoder og omfattende beregninger. Geologerne søger derfor altid først at opstille en relativ aldersfølge for aflejringerne, en stratigrafi, og derefter udvælges særligt interessante eller særligt velegnede prøver til absolut datering.

Nøddeknækkermanden

Et godt eksempel på kombineret relativ og absolut datering er aldersbestemmelsen af kraniet af den såkaldte "Nøddeknækkermand", der var en af vore tidlige forfædre. "Nøddeknækkermanden", der tilhørte arten *Parantropus boisei,* levede ved Olduvai i udkanten af Serengetisletterne i Tanzania. Ved Olduvai ses nu en delvist udtørret floddal, der skærer sig ned gennem en serie sø- og flodaflejringer, ørkensand og vulkansk aske.

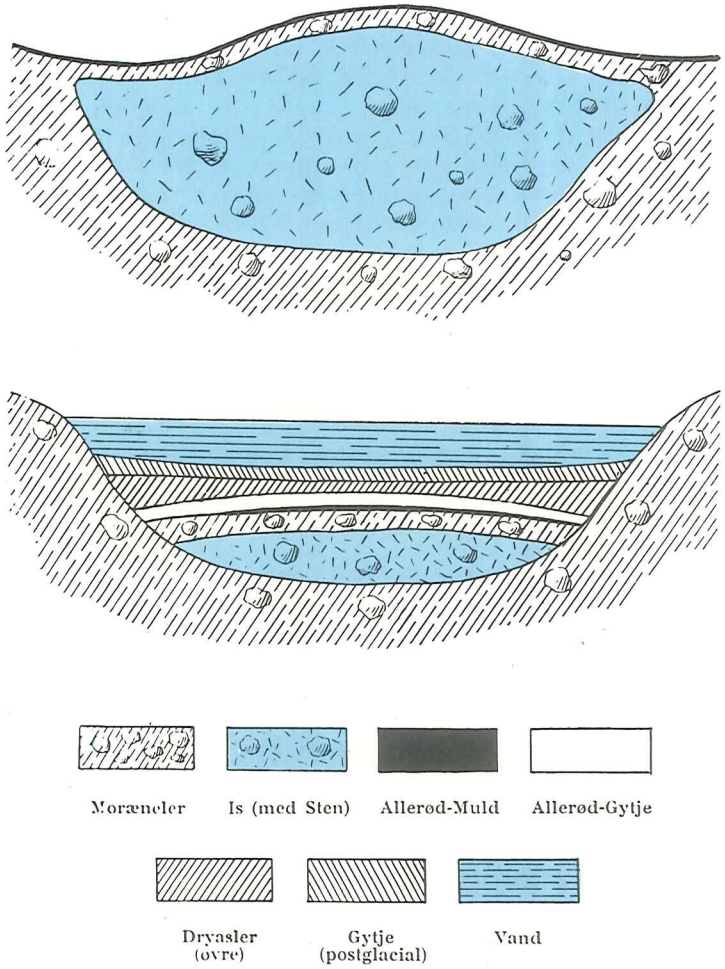


Fig. 11. Dannelsen af en nordsjællandsk sø. Figuren gengivet efter N. Hartz, Dansk geol. Foren. 1912.

Den beskrevne lagfølge (det ville kræve et meget stort gravearbejde, at nå frem til lagene nu), svarer ret nøje, til hvad man finder under en alass. Kunne man nu tænke sig, at søerne opstod, ikke som dødishuller, men som thermokarst-dannelser ? Man behøver i så fald ikke at ændre meget på den oprindelige tolkning.

Hvis man i figuren erstatter "is med sten" med "is-rig permafrost" så passer pengene. Men hvorfor skulle man vælge en ny forklaring, hvis den gamle er god

Fig. 10. Sibirien er det område i verden, hvor flest mennesker bor på permafrost og må tilpasse sig de problemer, det medfører. Ved "Institut for Permafroststudier under den Sibiriske Afdeling af Sovjetunionens Videnskabernes Akademi" er en del af problemerne blevet løst. Instituttet er et center for permafrostforskningen.

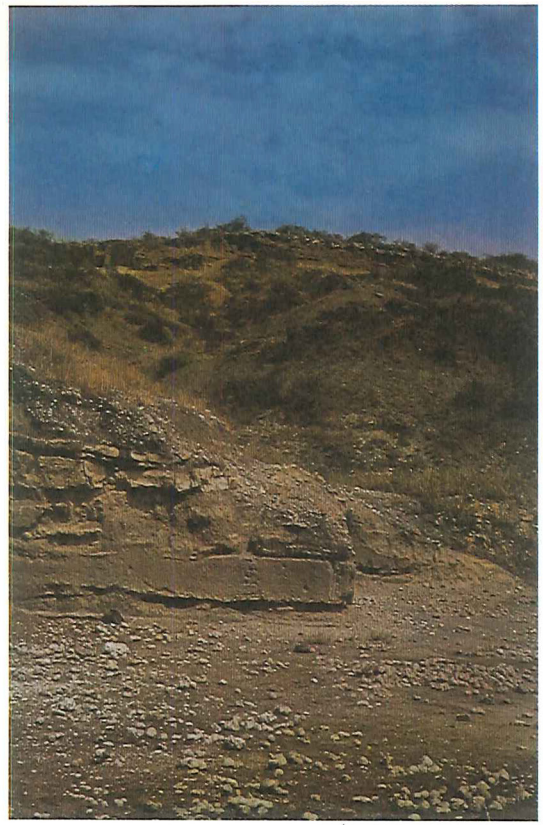
En dansk alass ?

I 1912 beskrev geologen N. Hartz en ejendommelig lagfølge, som han havde fundet i bunden af flere nordsjællandske søer. Begravet under søernes dynd fandtes en muldhorisont, her og der med træstubbe stående på roden. Muldhorisonten stammede fra Allerød-tid for ca. 11 000 år siden og kaldtes for Allerød-muld. Lagfølgen viser, at hvor der før havde været tørt land, var der ret pludseligt opstået en sø.

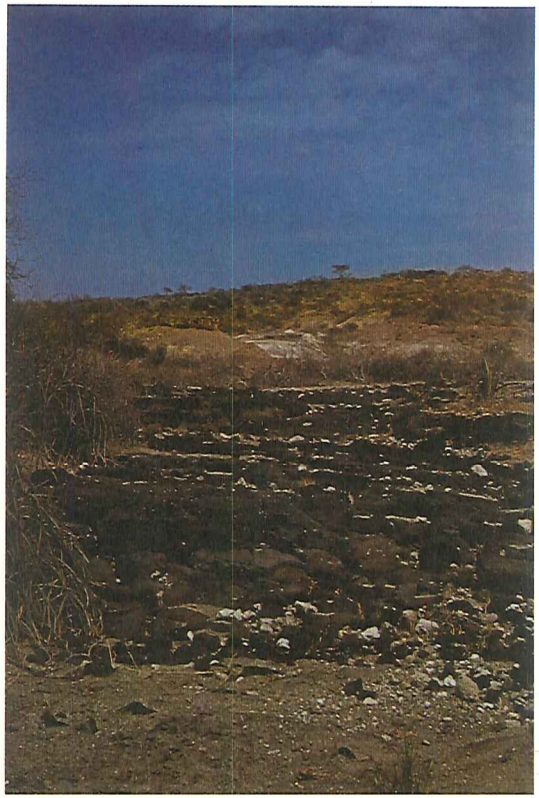
Hartz' skitse af forholdene er her gengivet som figur 11. Forklaringen var, mente han, at istidens isdække under dets afsmeltning havde efterladt sig nogle store klumper af is - dødis - der, begravet under sand og grus, havde holdt sig i årtusinder, mens den intetanende bevoksning bredte sig på jorden hen over dem. Men under Allerød-tidens varme smeltede isen, jorden sank sammen og hvor isen havde været, opstod en sø. Hartz mente iøvrigt, at en stor del af vore søer opstod på denne måde.

Kraniet blev fundet i 1959 nær kløftens bund i et lag fyldt med talrige rester af dyreknogle og -tænder, som måske udgør nøddeknækkermandens måltidslevninger, da der sammen med knoglerester er fundet primitive stenredskaber. Fundet af Nøddeknækkermandens kranie var det første af sin art og det blev indledningen til et af de mest succesrige udgravningsprojekter i Østafrika.

Dateringen af kraniet startede med at det såkaldte "kulturlag", hvori fundet gjordes, blev placeret nøjagtigt inden for den lagfølge, som kunne ses i siderne i Olduvai-kløften. Detaljerede opmålinger af profiler i kløften viste, at kulturlaget lå i den nederste og derfor ældste del af aflejringerne, kun få meter over selve dalbunden, hvor de ældste lag af sort, basaltisk lava optræder. Lige over og under kulturlaget fandtes lag af ler og vulkansk aske. De mange knoglerester blev bl.a. bestemt til at stamme fra nu uddøde slægtninge til elefant, giraf, okapi og svin, og sammenligninger med andre knogle-førende aflejringer i Afrika viste, at kulturlaget kan henføres til den ældste del af Kvartærtiden.



Figur 3. Lokaliteten i Olduvai Gorge, hvor "Nøddeknækkermandens" kranium blev fundet.



Figur 4. Basaltlaget i bunden af Olduvai Gorge.

Denne relative datering af kulturlaget gav den vigtige oplysning, at "Nøddeknækkermanden" må være ældre end Peking- og Javamennesket, der kendes fra de mellemste og øvre kvartære lag.

En mere præcis datering af kraniet kunne dog ikke opnås på denne måde, og det var derfor nødvendigt at ty til komplicerede, absolutte dateringsmetoder. Valget faldt på kalium-argon metoden. Ved kalium/argon dateringer måles mængden af luftarten argon, dannet ved radioaktivt henfald af kalium-40 isotopen. Da kalium indgår i visse mineraler i bjergarter af vulkansk oprindelse, var lava- og askebjergarterne i Olduvai velegnede til datering efter denne metode. Hertil bidrog deres relativt høje alder også, for metoden er begrænset til prøver ældre end goet 1 million år. I yngre bjergarter er den dannede argon-mængde for lille til at kunne bestemmes.

Ved hjælp af kalium-argon metoden bestemtes alderen på lavalaget i bunden af Olduvaikløften til 1.85 mill. år, og de to vulkanske askelag, der omgiver kulturlaget, blev dateret til henholdsvis 1.75 mill. år og 1.70 mill. år. Kraniet måtte således være mellem 1.70 og 1.75 mill. år gammelt. Naturligvis er disse aldersangivelser behæftede med en vis måleusikkerhed, men dateringerne er efterhånden blevet bekræftet af så mange forskellige laboratorier, at der er god grund til at fæste lid til aldrene.

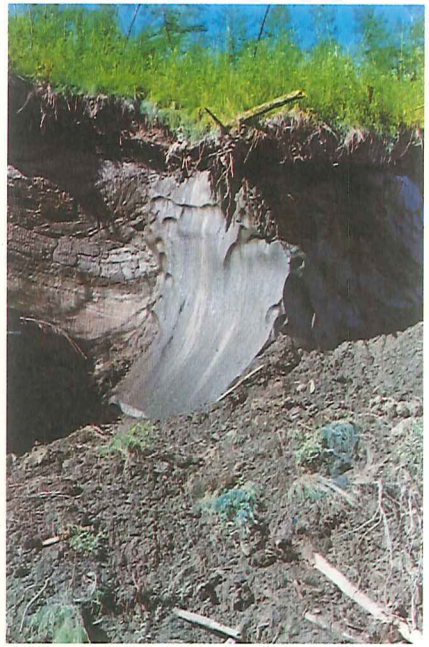


Fig. 8. En bred iskile rager ud af blotningen. Isen i dens yderste del blev dannet for ca. 35 000 år siden. Iskilen er ca. 4 m bred og blottet i 10 m's højde. Tanda ved Aldan floden.

Fig. 9. Ved jordudskridning er en iskile blevet blottet langs sin side over en strækning af ca. 500 meter. De døde lærketræer ender før eller siden i Aldan floden, og måske i Ishavet og muligvis i Grønland. Tanda ved Aldan floden.

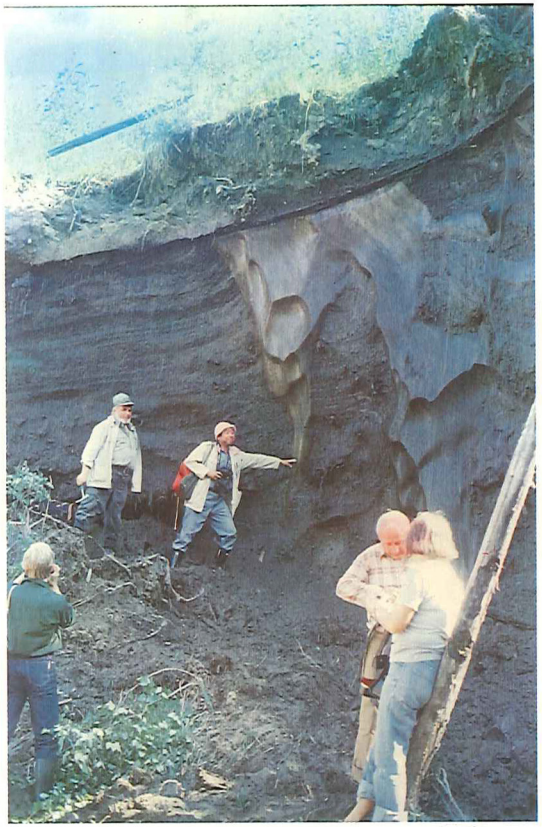


Fig. 7. Nogle små iskiler er blottet i tværsnit. De er omgivet af is-kompleks sediment fra sidste istid. Tanda ved Aldan floden.

Som nævnt viser "fossile" froststrukturer, at vi havde permafrost i perioder under Istiden, men vi har næppe haft så kolde vintre som de sibiriske, og det frosne lag blev sikkert ikke mere end et halvthundrede meter tykt.

Ikke destomindre er der et væsentligt lighedspunkt mellem den fortidige danske og den nutidige sibiriske permafrost, et lighedspunkt, der gør det fristende at undersøge, om man ikke i Danmark skulle kunne finde nogle af de fænomener, der er så karakteristiske i Sibirien. I begge områder åd frosten sig ned i løse aflejringer der har evne til at binde store mængder vand - i form af is. Tilstedeværelsen af store mængder af is i jorden var, som nævnt, en af de væsentlige forudsætninger for alass-dannelse.

Men lagene ved Olduvai er også søgt dateret ved hjælp af palæomagnetiske undersøgelser. Den palæomagnetiske metode indtager en særskilt plads blandt dateringsmetoderne, idet den nærmest må betegnes som en relativ dateringsmetode, selvom der anvendes fysiske måleprincipper.

Jernholdige lavabjergarter, som lavaen i bunden af Olduvai-kløften, vil under størkningen magnetiseres i en retning, der er parallel med Jordens magnetfelt. Målinger af magnetiseringsretninger i gamle lavabjergarter har overraskende påvist, at Jordens magnetfelt har skiftet polretning utallige gange gennem bare de sidste 70 mill. år. Den sidste polvending fandt sted for ca. 700 000 år siden, og i en periode på næsten 2 millioner år forud for dette, var retningen af Jordens magnetfelt modsat nutidens, revers. Denne lange reverse periode blev dog afbrudt af de enkelte korte episoder med en "normal" magnetiseringsretning - som i dag. En sådan episode med tilbagevenden til normal magnetisering kendes netop fra de vulkanske bjergarter i bunden af olduvai kløften, og episoden er tilmed blevet opkaldt efter denne lokalitet (Olduvai magnetiske episode).

Ved hjælp af radiometriske aldersbestemmelser af de magnetiserede vulkanske bjergarter kan polvendingerne dateres ganske nøjagtigt, og en mere præcis palæomagnetisk tidsskala opstilles. Dette har bl.a. været til stor hjælp ved jævnførelser mellem de kvartære landaflejringer ved Olduvai og andre afrikanske fundlokaliteter.

Figur 5. Udgravning af fossile pattedyrsknogler fra Olduvai Gorge. Ud fra sammensætningen af den fossile fauna er det muligt at give en omtrentlig alder for de pågældende lag.

Stig A. Schack Pedersen

KØRER DU PÅ RØNNE GRANIT ?

Ja, det gør i hvert fald de fleste danskere på et eller andet tidspunkt. Rønne granit bruges så meget ved anlægget af det danske trafiknet, at det er svært at undgå at køre på Rønne granit, hvad enten det er i bil, på cykel eller med anden befordring. Kører vi med DSB, kører vi på sveller, der ligger på et solidt underlag af Rønne granit, går vi på gaden, kan vi træde på både brosten, kantsten og chausse-sten af Rønne granit. Og går vi en tur på havnemolen, eller vover os ud på en bølgebryder, går eller står vi sandsynligvis også på Rønne granit.

Fig. 1. Rønne granit med en skærende pegmatitgang. I pegmatitgangen er det let at genkende de tre hyppigste mineraler i granitten: mikroklin (rød), plagioklas (lys grå) og kvarts som det mørke mineraler midt i pegmatitgangen.

Hvorfor er Rønne granit blevet brugt så meget som vejmateriale og ved anlægsarbejder, hvor der stilles store krav til materialets styrke og modstandsdygtighed ? Hvorfor er det nuværende Christiansborg, hvor regering og folketing har til huse, bygget af Rønne granit ?

Fig. 6. Det første spor af iskiler. De små kløfter er dannet over afsmeltende iskiler. Fugtigheden her gør det muligt for den dauriske lærk at trives, mens de solsvedne skrænter er præget af en steppeagtig bevoksning, rig på malurt og græsser - og den interessante plante Ephedra distachya *(en padderokkelignende lille busk med røde frugter), som voksede i Danmark i en kort periode ved istidens afslutning. Chuya ved Aldan floden.*

Sibirisk og dansk permafrost

Under mere end 9 millioner kvadratkilometer af Sibiriens areal er der permafrost. Det er her den trænger længst mod syd: i egnene ved Baikalsøen, på samme breddegrad som London, er der pletter af permafrost. Det er også i Sibirien, at permafrostlaget når sin største tykkelse - 1450 meter målt ved landsbyen Shalagontsi i det nordvestlige Yakutien. Årsagen til disse rekorder er naturligvis de extremt kolde vintre.

I byen Yakutsk, som ligger på 62° nordlig bredde og nær den sydlige grænse for ubrudt permafrost, er middeltemperaturen i juli en anelse højere end hos os, men i januar når den ned til -45° . Derfor er det årets middeltemperatur, som er den faktor, der har størst betydning for permafrost-dannelsen, omkring temperaturer på -10° , svarende til, hvad man finder i de nordligste dele af Grønland. Hertil kommer det tørre klima, hvor det isolerende vinter-snedække kun er tyndt.

Fig. 5. En bulgunyakh - eller pingo - i en alass ved Lena floden. I dette tilfælde har bulgunyakh'en tilsyneladende fundet sig en stabil tilstand, der tillader trærne at gro på den.

brinkerne er styrtet ned kan man her og der være så heldig at se hele kilen blottet. Her kan man se den snavsede is strække sig fra nogle få meter under jordoverfladen og ned i aflejringen, den største bredde, der findes ved toppen, kan nå op til over 5 meter. Fra toppen og ned til den nederste spids er der i enkelte tilfælde målt 15 meter.

En iskile begynder sin dannelse, når de lave vintertemperaturer sætter ind. Stærk kulde får den isfyldte jordbund til at trække sig sammen, og en smal sprække opstår. Ved forårets snesmeltning siver vand ned i sprækken og fryser til is. Næste vinter gentager historien sig, og opsprækningen foregår fortrinsvis på de samme steder, hvorved kilen vokser i bredde. Tilvæksten er ganske vist ikke stor - mindre end een millimeter om året - men i løbet af årtusinderne kan det alligevel blive til noget. De større iskiler i Sibirien antages at have begyndt deres vækst for ca. 35 000 år siden, og de er "still going strong".

I Danmark kender vi sporene efter iskiler bl.a. fra grusgrave. Den oprindelige is er her blevet erstattet med nedskredet sand. De blev dannet i flere perioder under Istiden, men opnaede aldrig en størrelse som de sibiriske - dertil var permafrost-perioden af for kort varighed, se VARV 1979-1.

Rønne granitværk A/S har i deres reklamebrochure søgt at give en slags svar herpå:

"Rønne granit adskiller sig fra de andre granitter på Bornholm ved at have et meget stort indhold af hornblende (10 %). Det høje indhold af hornblende, i forbindelse med den gode kornbinding mellem de enkelte mineraler, hvoraf den i øvrigt er bygget op, giver Rønne granit en stor styrke og sejhed uden spalteretning i granitten".

Hvad mener geologerne om den forklaring ?

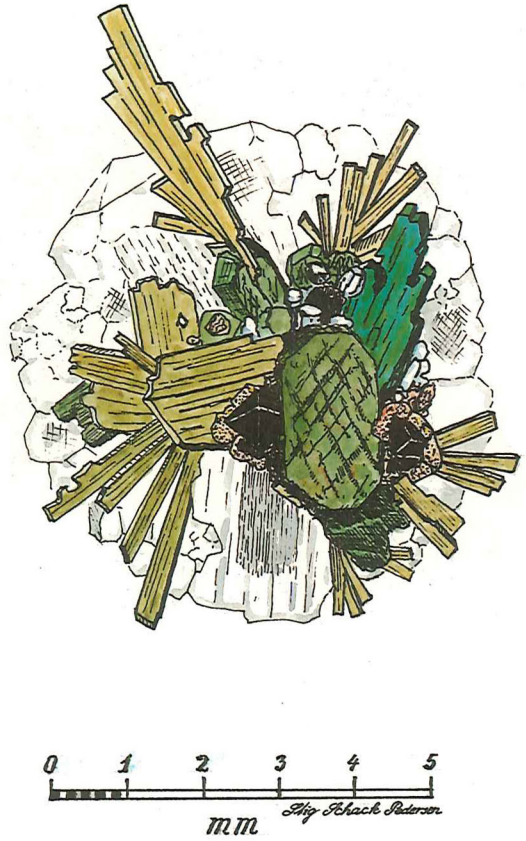


Fig. 2. Mikroskop tegning af hornblende-biotit aggregat omgivet af feldspat og kvarts.

Det er helt rigtigt, at Rønne granit har det højeste hornblende indhold blandt de bornholmske granitter og granit-gnejser. Rønne granit er tilmed den mørkeste af de bornholmske granitter. Tidligere har den været betegnet granodiorit på grund af sit høje plagioklas indhold. Men ud fra de gængse klassifikationer må den nu betegnes som en granit, idet forholdet mellem Calcium, Natrium og Kalium i den totale mængde feldspat er

Ca: 28 % - Na: 58 % - K: 14 %

Feldspaterne udgør ca. 60 % af hele bjergarten. De forekommer i et meget varieret mønster af tætte sammenvoksninger af mineralerne plagioklas og mikroklin (Figs. 1-4). De største plagioklas korn (3-5 mm) er zonart opbygget eller

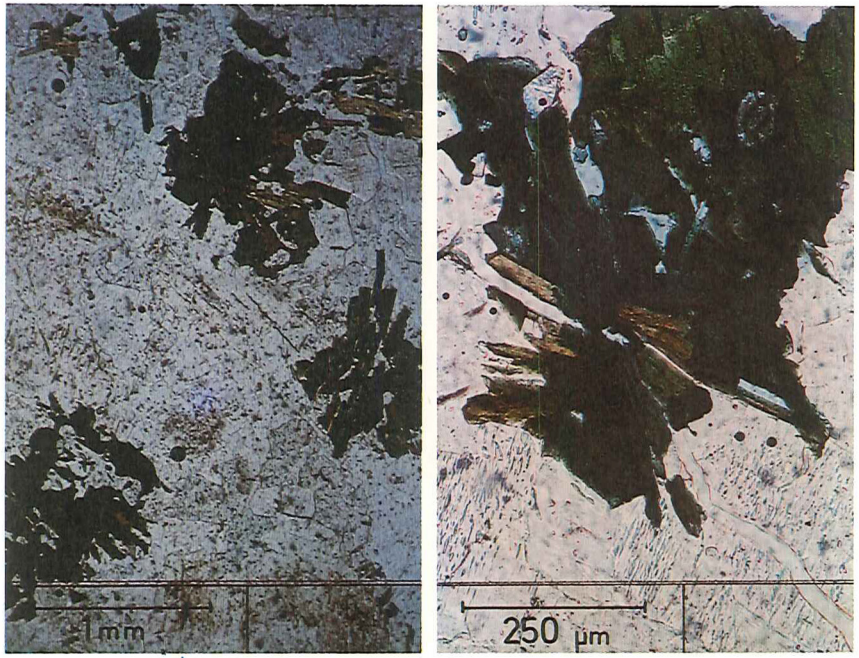


Fig. 3 Foto af tyndslib med de radierende hornblende-biotit aggregater.

A) Tre aggregater der viser den isolerede og spredte forekomst af de mørke mineral-aggregater.

B) Nærbillede af enkelt aggregat. Nederst biotit, øverst hornblende. Bemærk zirkonkrystallen i hornblende i øverste højre hjørne. Zirkonkrystallen har en rekrystalliseret rand tydende på, at bjergarten har været udsat for meget høj metamorfose. Omkring zirkonen ses tydeligt en mørk skygge svarende til en radioaktiv stråling fra mineralet.

Fig. 4. Moro alass. Den store alass er dannet ved sammensmeltning af flere små alass'er. Træerne gik ud, da alass-dannelsen begyndte. Da de blev fældet stod de på bunden af en sø. De blev fældet fra isen, og stubbenes højde angiver derfor søens vanddybde. I forgrunden alass-skrænten.

grundvand, der søger til de områder, hvor der allerede er is. For at få ophobet de store ismængder, der udgør 40-80 % af is-kompleksets rumfang, kræves der i dette nedbørsfattige land tid. Tid har der også været til rådighed. Det sibiriske lavvand har aldrig været overskredet af Istidens iskapper og gletschere, og klima og naturforhold har - i hvert fald i sammenligning med forholdene i vor del af verden - været uhyre stabile. Derfor har udviklingen kunnet løbe uforstyrret gennem hundredetusindvis af år. Der er sovjetiske forskere, der mener, ud fra analyse af is-strukturer, at kunne påvise is-legemer, der er dannet samtidig med de flodslette-aflejringer, de findes i, for 300 000 - 400 000 år siden - verdens ældste is ? At permafrosten har eksisteret uden afbrydelse i Sibirien i dette tidsrum, er der næppe tvivl om.

Dette var forklaringen på, at man i det nedbørsfattige Sibirien kan finde store mængder af is bundet i jorden, og at de mest imponerende permafrost-processer er knyttet til de gamle og højtliggende flodterasser. Men vi kan ikke forlade jord-isen uden en nærmere omtale af de brede iskiler, en sibirisk specialitet.

I terrænet erkender man først de brede iskiler som et netværk af grøfter - velkendt af alle, der har været i de nordlige egne af Grønland. Men hvor flod-

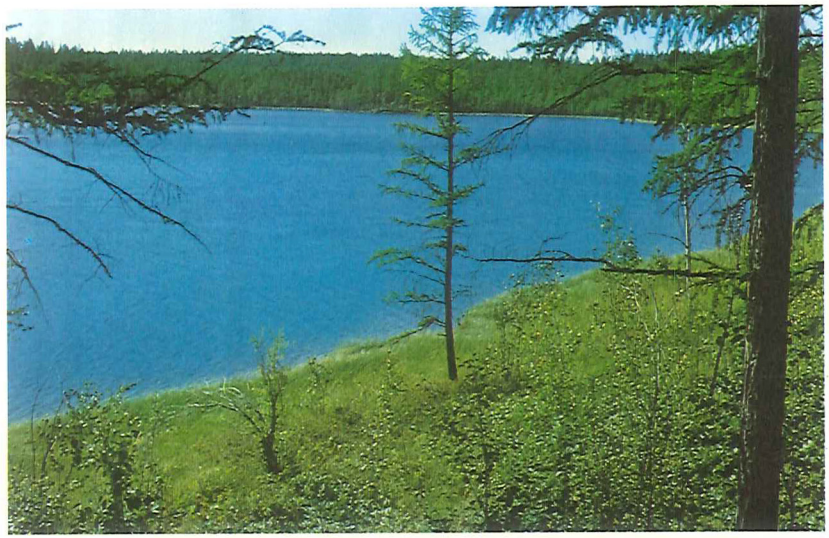


Fig. 3. Sø-stadiet. En stor sø udfylder hele thermokarst-scenkningen. Toppen af skrænten, hvorfra billedet er taget, viser, hvor terrænoverfladen befandt sig før indsynkningen begyndte. Iireleekh Søen ved Aldan floden. Eller "Ur-Fem-søen" ved Holte ?

i permafrostlaget - hvor kom isen fra ?

Det Sibiriske lavland er for en del opbygget af grus og sand, afsat af de store floder gennem millioner af år. Det er karakteristisk, at aflejringerne fra Kvartærtiden danner udstrakte terasser, der kan ligge op til 200 meter over de nuværende flodløb - jo ældre terasserne er, des højere ligger de. Grus- og sandaflejringerne kan være dækket af en særlig type sediment - silt og sand i sammenblanding og ofte rigt på plante- og dyrerester - og is. Isen forekommer dels spredt i sedimentet og dels i lag og linser, men især i det netværk af brede iskiler, der gennemsætter aflejringen. Sovjetiske geologer kalder denne aflejringstype for et "is-kompleks", og det er her man finder de mest storslåede permafrost-fænomener.

Begyndelsen til dannelsen af et is-kompleks kan man i vore dage se på flodsletterne i nordligere egne af Yakutien. Under vårflommen går floden over sine bredder og oversvømmer den brede flodslette, hvor der afsættes et dæklag af sediment, men noget af vandet bliver også tilbage - i form af is, der ligger som tynde lag i aflejringen. Her begynder også den første dannelse af små tynde iskiler. Med tiden vokser is-mængden ved nedsivende regnvand og cirkulerende

udviser ligesom de store mikroklin korn omdannelser svarende til delvis opsmeltning og omkrystallisationer i den dybere del af en bjergkæde (se VARVs guide over Bornholm). Alderen af disse mineraldannelser er bestemt radiometrisk ved K-Ar metoden af Ole Larsen (København) til at ligge mellem 1255 og 1340 mill.år, hvorimod han ved hjælp af Rb-Sr metoden har bestemt de bornholmske granitters intrusionsalder til ca. 1400 mill.år.

Kvarts er en anden hovedbestanddel af granitten (ca. 20 %) og sidder sammen med de øvrige lyse mineraler. Ofte er kvarts intenst sammenvokset med mikroklin og danner en "orm-agtig" struktur, der betegnes myrmekit (Fig. 4).

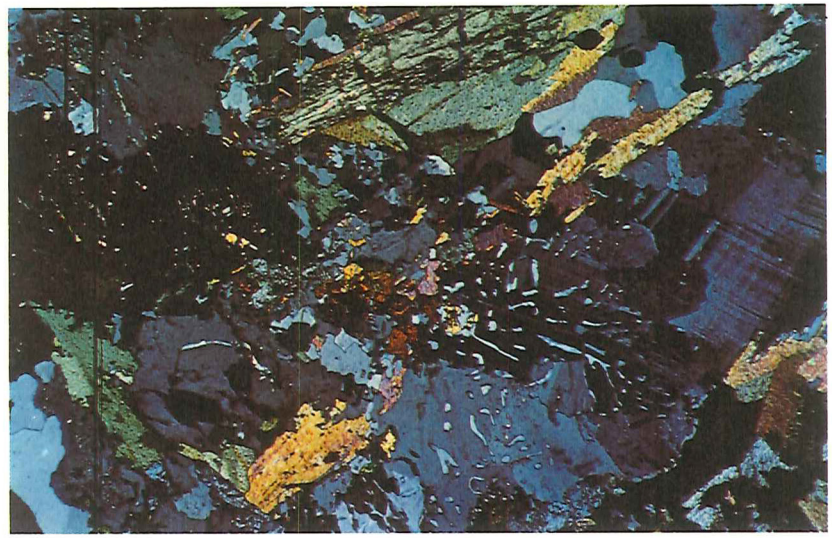


Fig. 4. Tyndslib af Rønne granit, krydsede polarisatorer. Stærkt farvet mineraler er henholdsvis hornblende og biotit, mørkegrå og lysegrå mineraler er feldspat og kvarts. Bemærk den "orm-agtige" myrmekit tekstur, der skyldes sammenvoksningen mellem kvarts og mikroklin.

De mørke mineraler er hornblende (10 %) og biotit (5 %). Hornblende optræder nu og da som enkeltkorn mellem kvarts og feldspat, men hyppigst er de mørke mineraler samlet i mindre hobe (aggregater) (Figs. 2-4). Især biotitkorn kan stråle ud fra disse aggregater. Desuden kan enkelte hornblende korn være helt eller delvis omdannet til biotit.

Sammen med de mørke mineraler findes enkelte korn af titano-magnetit, ilmenit og apatit. Malmmineralerne titano-magnetit og ilmenit er ofte omgivet af en rand af titanit. Dette tyder på, at grundstoffet Ti i metal-oxyderne er indgået i

silikatet og således har dannet silikatmineralet titanit i randen af malmkornene (Fig. 2).

Zirkon og allanit findes i meget små mængder. Disse mineraler indeholder sporelementer af radioaktive grundstoffer. Mineralerne sidder som små indeslutninger i større korn, men genkendes let ved, at den radioaktive udstråling fra sporelementerne har ødelagt "værtsmineralets" struktur i den omgivende zone (Fig. 3 B). Dette ses som en mørk skygge uden om det radioaktive mineraler, ikke ulig det fænomen der af mineraljægere på Bornholm kendes som en "hønserøv". Foruden de her nævnte mineraler er det muligt at finde kalkspat og flusspat på sprækker og brudflader i Rønne granitbruddene.

Lad os nu vende tilbage til de egenskaber Rønne Granitværk A/S opregner som betydningsfulde for Rønne granittens styrke og sejhed, nemlig:

1) Højt indhold af hornblende og
2) God kornbinding

Det er vanskeligt umiddelbart at forestille sig, at mineralet hornblende specielt skulle kunne bidrage til forøgelse af styrken i granitten. Hornblende har hårdheden 5-6, altså mindre end feldspats hårdhed, så heri ligger ingen tilskud til bjergartens styrke. Spalteligheden er perfekt efter prismefladerne, hvilket ikke er noget enestående i forhold til de andre silikatmineraler.

Vil det sige, at man kan tilbagevise påstanden om det høje hornblende indholds indflydelse på bjergartens styrke ? Nej, ikke helt, idet man snarere bør se på fordelingen af hornblende og hornblende aggregaternes mineralselskab.

Det er meget typisk for Rønne granitten, at hornblende aggregaterne ligger som små isolerede hobe eller stjerner. De mørke mineraler bidrager ikke til en planparallel spaltelighed i bjergarten, som man f.eks. kender det fra gnejsen, der er velkendt fra størstedelen af det bornholmske grundfjeld. Desuden danner biotit sammen med hornblende radierende aggregater. Det er tænkeligt, at netop disse aggregater vil kunne optage og afbøde slagspændinger igennem mikro-deformationer eller sætninger i biotitens laggitter eller hornblendeprismernes dobbeltkædegitter. Disse aggregater vil da kunne betragtes som en slags "stødkugler" i bjergarten (Fig. 5). Deres hyppighed og ensartede fordeling er med til at forøge bjergartens styrke, og således er hornblende mængden indirekte et udtryk for bjergartens modstandsdygtighed.

Dannelsen af hornblende-aggregaterne er sket i forbindelse med omdannelse af mineralet hypersthen, som nu forekommer meget sjældent i Rønne granit. Hypersthen er en pyroxen, der dannedes i Rønne granit, da den størknede ved højt tryk og temperatur. Dette mineral har den egenskab, at det samler de mafiske

Fig. 2. Første stadium af alass-dannelsen. Der er dannet en lille dam, og jordbunden rundt omkring er blevet ustabil, lærketræerne er gået ud, snart vil jordbunden i forgrunden synke ned og blive vanddækket. Tanda ved Aldan floden. Eller Sækkedam i Rude Skov for 11 000 år siden ?

målt en årlig højde-tilvækst på 1/2 meter. Men før eller siden sprænger istilvæksten den isolerende kappe af jord, den indre is blottes og smelter - og bulgunyakh'en, eller pingo'en, forsvinder lige så stille igen, efterladende sig en lille ringvold omkring et vandhul.

Hvor hurtigt alass'ens stadier gennemløbes er helt afhængigt af lokale forhold. Man har alass'er på steder, hvor beretninger fortæller om tæt taiga for 200 år siden, og der er udstrakte søer, der er forsvundet indenfor de sidste 30-40 år, men der er også alass'er, der har eksisteret igennem årtusinder, mens udviklingen i andre tilfælde tilsyneladende er gået i stå på sø-stadiet.

Selvom permafrost-smeltningen, som ovenfor nævnt, kan starte ved en tilfældighed, er alass-dannelsen dog udtryk for en generel ændring af permafrostforholdene - sandsynligvis permafrostens uhyre langsomme tilpasning til den klimaændring, der markerede afslutningen af istiden for 10 000 - 12 000 år siden. Alass'er er især hyppige i de mest kontinentale områder i det østlige Sibirien, og i en zone langs det ubrudte permafrost-dækkes sydrand. Men udviklingen skyldes ikke alene klimaet.

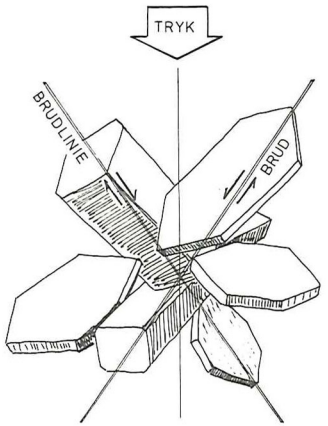
De dybe indsynkninger i jordoverfladen viser, at store mængder af is var bundet

der med dannelsen af en sø, der udfylder hele sænkningen og efterhånden indstiller sig i en ret stabil ligevægt med den omgivende permafrost. Men nu griber andre kræfter ind.

Fig. 1. Udsigt over en alass, i baggrunden mellem træerne anes alass-skrænten. Vandhullet er dannet ved lokal opsmeltning af permafrosten. Alass'en er dannet i en ca. 300 000 år gammel flodterasse. Sydøst for Nisjnij Bestyakh ved Lena floden.

I Sibirien er nedbøren ringe, kun 1/3 af, hvad vi har hos os, og i den varme sommer er fordampningen så stor, at søen begynder at tørre ud, og til sidst er den væk. Den tørlagte søbund er blevet til en eng. Alass'en er dannet. Den stærke fordampning bevirkede en forhøjet koncentration af salte i jordbunden, og det forhindrer taiga'ens træer i at vende tilbage.

Men der sker stadig noget. Ved søens udtørring er der opstået en ny varme-situation i jordbunden, og permafrosten bliver nu langsomt gendannet under den tidligere søbund. Under denne proces sker det hele tiden, at optøede jordlag bliver fanget imellem den gamle og den nydannede permafrost. Disse ikke-frosne lommer kaldes med et russisk udtryk taliks, og deres indespærring bevirker, at der opstår spændinger i jordbunden, som derfor ustandseligt er i bevægelse. Det mest imponerende resultat af disse processer er de bakkeknolde, der skyder sig op over alass'ens bund. I Sibirien kaldes de bulgunyakhs, men vi kender dem også fra Grønland under det eksimoiske navn pingos. De vokser ved tilførsel af grundvand, der på grund af trykforholdene søger opad, og tættere ved overfladen fryser til is. I sjældne tilfælde kan de opnå en højde på 50 meter, og man har



Figur 5. Idealiseret skitse af radierende aggregat af hornblende og biotit. Brudretningen ved trykpåvirkning er indtegnet således, at de er sammenfaldende med de retninger i mineralerne, hvorefter tryk eller stød kan afbødes.

komponenter (overvejende jern og magnesium) i adskilte større korn i bjergarten. Ved de senere metamorfoser (omdannelser) ved lavere tryk og temperatur nedbrydes hypersthen under reaktion med de omgivende Ca-holdige feldspater, og der dannes i stedet for hornblende og lidt kvarts. Hvis man derfor vil gøre sig håb om at finde hypersthen i Rønne granit, skal man søge den i kernen af hornblende, hvor den en sjælden gang kan være bevaret. Men da hypersthen oprindeligt lå som jævnt fordelte større korn i bjergarten, dannedes hornblende-aggregaterne naturligvis samme sted, og under fortsat omkrystallisation ved lavere tryk og temperatur, voksede biotit stråleformet ud fra hornblende-aggregaterne.

Men hvad med den påståede gode kornbinding i Rønne granitten ? Der hersker ingen tvivl om, at Rønne granit har en god kornbinding (Figs. 2-4). Efter sin intrusion har Rønne granitten været delvis opsmeltet og er omkrystalliseret ved skiftende tryk og temperatur. Under disse faser er store og små plagioklas-, mikroklin- og kvartskrystaller vokset rundt om og ind i hinanden (Fig. 4). Med des flere kroge og hjørner kornene er vokset ind i hinanden med, des bedre bliver kornbindingen.

En vigtig del af bjergarters styrke er de enkelte mineralers brudstyrke. Rene og nykrystalliserede mineraler har mindre brudstyrke end mineraler med mange små indeslutninger af andre mineraler. Dette forhold skyldes bl.a. dislokationsvandringer i krystalgitteret (se VARV 1982-3). Hvis der ikke findes skævheder i gitteret, er gitteret "for perfekt" og vil lettere bryde i stykker ved påvirkning. Men hvis dislokationerne har fået tid til at vandre, eller når urenhederne i krystallen bidrager til ophobning af dislokationer, er skævhederne kommet "på plads" i gitteret, og mineralet er i besiddelse af en større brudstyrke. Under de forskellige faser af omdannelser i bjergarten har der været rig lejlighed for dislokationerne til at vandre. Desuden vil der med det store antal urenheder i feld-

spat og kvarts være dannet noget nær det optimale antal dislokationer i disse mineraler.

Årsagen til Rønne granittens styrke kan herefter sammenfattes som:

a) God kornbinding på grund af intense sammenvoksninger af store og små feldspat-kvartskorn.

b) Radierende hornblende-biotitaggregater, "stødkugler".

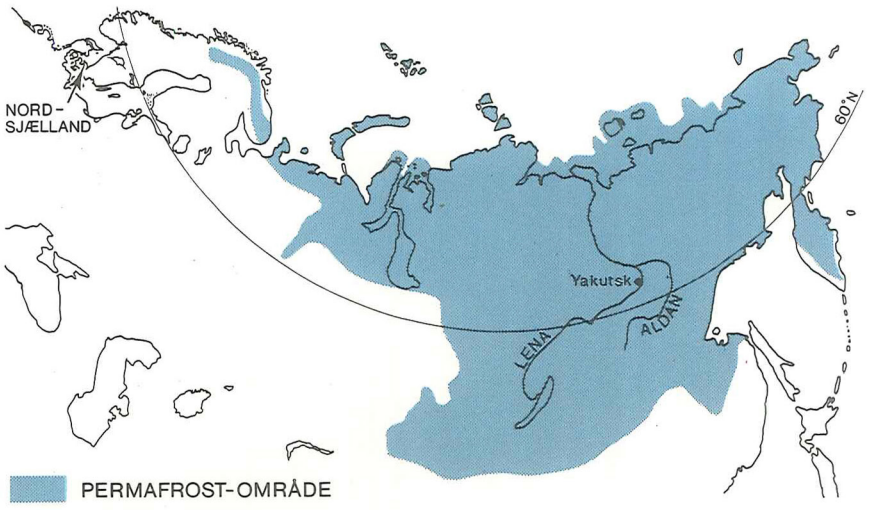
c) Stort antal dislokationer i de enkelte mineraler.

d) Mangel på orientering i bjergarten.

Rønne granit brydes i to stenbrud' Klippelykke ved Klippegård NV for Knudskirke og Rønne Granitværks store brud ved Stubbegård SV for Knudskirke.

Klippelykke bruddet er let at finde og velbesøgt af mange turister. Bruddet kan ses fra vejen, og oven for bruddet står stenhuggernes karakteristiske boder. I dette brud brydes store blokke, som tilhugges til kantsten, facadesten, molebrydere og lignende tilhuggede elementer.

Fig. 6. Rønne Granitværks 80 m dybe brud. Brydningen pågår i øjeblikket i 3. galleri. Yderst til højre ses resterne af 2. galleri, der nu er færdigbrudt.



Hvad er alass ?
I den tætte taiga, den nåleskov der dækker størstedelen af Sibirien, kan man pludselig stå over for en lysning med en frodig hoftehøj bevoksning af græs og stauder. Ved nøjere eftersyn ser man, at lysningen ligger i en sænkning omgivet af en 10-15 meter høj skovbevokset skrænt, der kan være cirkelrund, og størrelsen kan være fra nogle få hundrede meter til flere kilometer i diameter. Det er en alass. Alass'erne er efterstræbt som enge til høslet, men hvordan er de opstået ?

Alass-dannelsen hører til de fænomener, vi på dansk kalder termokarst. I 1982 nr. 4 af VARV blev det beskrevet, hvorledes karstlandskaber opstår ved grundvandets opløsning af kalkbjergarter. I permafrostområder kan man finde landskabsformer, der har en vis lighed med karst, men her er de dannet ved lokal smeltning af is-rig permafrost - derfor navnet termokarst, eller "varme-karst". Under alass-dannelsen gennemløber termokarst-processerne en række stadier.

Det hele kan f.eks. begynde med, at nogle af taiga'ens gamle træer væltes af vinden - skovens tætte dække er nu brudt, og solen kan nå ned til skovbunden og varme jorden op - eller måske overjorden af anden grund er blevet eroderet bort, så permafrostens overflade er blevet blottet og begynder at smelte.

Den pletvise smeltning fører til dannelsen af en sænkning fyldt med smeltevand, og nu starter en form for kædeproces. Fra omgivelserne skrider jord ned i sænkningen, hvorved bevoksningen ødelægges og ny permafrost blottes, og under den lille smeltevandsdam smelter permafrosten stadig dybere og dybere på grund af vandets gode varmeledningsevne. Denne første fase af udviklingen en-

Sibiriens permafrost – og Danmarks

af Svend Funder

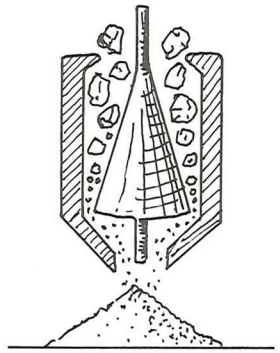
I begyndelsen af sidste århundrede var der i Sibirien en mand, der fik den tanke, at han - lige som man gjorde andre steder i verden - ville grave sig en brønd. Han havde kun gravet få meter, før han mødte frossen og stenhård jord. Men købmand Shargin i Yakutsk var ikke af dem, der sådan gav op, og selvom historien ikke fortæller om det, kan man nok gå ud fra, at det ikke var købmandens egne hænder, der fik vabler, da skovlen blev ombyttet med en hakke og arbejdet fortsatte.

Efter flere somre var brønden kun en snes meter dyb og stod stadigvæk i klippehård frossen jord. Nu var han ved at give op, men rygtet om hans forehavende var nået til det lærde Videnskabernes Akademi i Sankt Petersborg, og her fattede man interesse for projektet. Man opfordrede Shargin til at fortsætte og sendte ham adskillige termometre, så han fortsatte.

Hvad enten det nu skyldtes forskertrang af den mest ægte slags, eller det skyldtes den brilliantring, zaren skænkede ham, så fortsatte købmandens søn arbejdet efter faderens død. Ved århundredets midte var skakten nået 117 meters dybde - og stod stadig kun i frossen jord. Nu ved vi, at de skulle have fortsat mere end dobbelt så dybt for at klare vandforsyningen.

Købmand Shargin - senior og junior - har dog ikke fortjenesten for at have opdaget permafrosten, den altid frosne jord. Den har givetvis været kendt lige så længe, som mennesker har levet i det arktiske område, men købmandens brøndgravning henledte videnskabernes opmærksomhed på dette naturfænomen, der sætter sit præg på enhver livsudfoldelse i Arktis.

At den første permafrost-forskning skulle foregå i Sibirien, er kun naturligt, dette land er - om noget - permafrostens hjemland. Vi skal i det følgende se på nogle af de fænomener, der knytter sig til den sibiriske permafrost. I sommeren 1982 havde forfatteren, støttet af Carlsbergfondet, lejlighed til at besøge permafrostområdet Yakutien i det østlige Sibirien. Måske kan nogle af de sibiriske fænomener bidrage til forståelsen af vort eget landskabs tilblivelse.



Figur 7. Simplificeret skitse af kegleknuser.

Rønne Granitværks store brud er mindre kendt. Det ligger afsides inde på marken syd for landevejen fra Rønne til Knudskirke. Man skal næsten helt hen til hullet, før man ser det. Desto mere forbavsende er synet af det 80 m dybe krater, der med lodrette vægge åbner sig i landskabet (Fig. 6). Her brydes Rønne granit til skærver, der anvendes til vejbelægning og jernbanesvelleunderlag (Fig. 9). Brydningen foregår i "gallerier" på 25 meters højde. Man er i øjeblikket nede i tre galleriers dybde, men brydningen er projekteret til at nå ned i et fjerde galleri. Brydningen foregår ved sprængning med dynamit, hvorved klippevæggen bortsprænges i uregelmæssige klippestykker. Fra bunden af bruddet køres klippestykkerne op til en grovknuser på 2. galleri, og efter grovknusning bliver stenene via et transportbånd ført op til kegleknuserne (Fig. 7). Her sker den endelige nedknusning til den ønskede sorteringsstørrelse af skærverne (Fig. 8). Kegleknuseren består af en stor metalkegle, der roterer excentrisk i knusebeholderen. På grund af denne skæve rotation betegnes knuseren også gyroskopisk knuser.

I midten af 60erne var brydningen 600.000 tons om året. Men med de seneste års stagnation i bygge- og anlægsarbejder er produktionen faldet med et par hundrede tusind tons.

Skærvemateriale af Rønne granit har gennem tiden været undersøgt af forskellige vejbygnings -prøveanstalter. Af undersøgelserne fremgår det, at Rønne granit er velegnet til vejbelægning til veje med såvel tung som allertungest trafik. Men det mest overbevisende udtryk for Rønne granittens styrke og sejghed kommer fra Esch-Werke i Duisburg, der har leveret adskillige knusere til Rønne Granitværk A/S. I en erklæring om de store forknusere udtaler Duisburg værket, "at knuserne ved nedknusning af Rønne granit bliver udsat for såvel unormal stor påvirkning, som unormalt stort slid, hvorfor det med sikkerhed kan udtales, at Rønne granitten er et yderst sejgt og slidfast stenmateriale. Vi vil ved vore fremtidige konstruktioner ubetinget tage disse kendsgerninger i betragtning". Det er derfor ikke forbavsende, at man i hjørnet for udrangeret materiel finder flere nedslidte knusekegler.

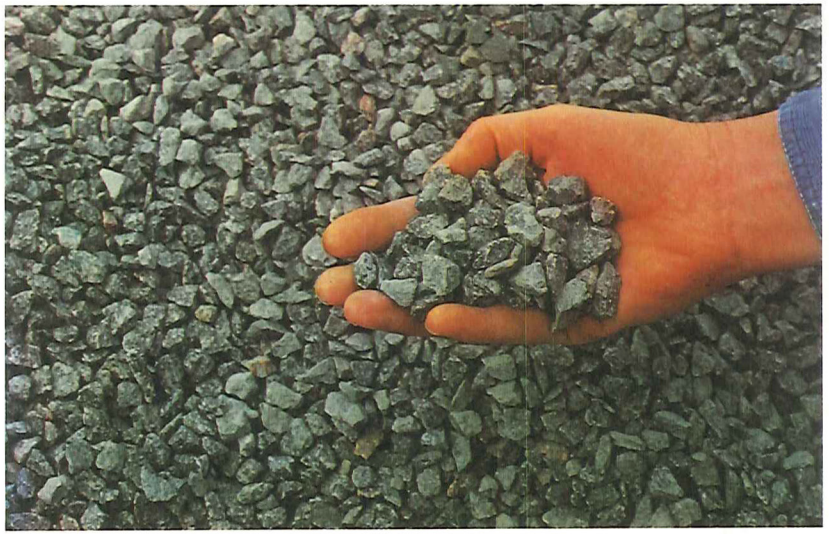


Fig. 8. Rønne granit skærve granulat. A) 35/35 mm skærver til jernbane svellefundament. B) 8/18 mm skærver til vejbelægning.

Fig. 9. Svellefundament af Rønne granit. På højre spor er netop udlagt et nyt fundament af Rønne granit. Det venstre spor er rustfarvet af slidet på spor og hjul. Imellem de to par skinner er der fyldt op med stabilgrus fra en kvartær smeltevandsaflejring. Billedet er fra Farumbanen mellem Dyssegård og Vangede station.

Størsteparten af Rønne granit anvendes til vejbelægning. Specielt er Rønne granit velegnet til fremstilling af bituminøse vejbelægninger, Dammann asfalt. Rønne granit skærver kan anvendes enten rent (Fig. 8), eller blandes med f.eks. calcineret flint for at gøre vejbanen mere lys.

DSB er Rønne Granitværts største enkeltkunde. Det er især den store skærvesortering 35/35 mm Statsbanerne aftager, da det er dette materiale, man bruger som fundament for svellerne (Fig. 9). Så rejser du i Danmark med tog eller bil, kan vi hermed betro dig, at du kører på Rønne granit.

Rønne granitten er ikke blot eftertragtet for dens styrke. Mange mennesker finder dens mørke, rolige udseende tiltalende. Især hvis man vil give sin bank, aktieselskab eller andet foretagende udseende af at være solidt og stabilt. Da kan man dække facaden med Rønne granit, som det f.eks. er tilfældet med Christiansborg (se forsiden). Det er dog kun de øvre stokværk, der er dækket af Rønne granit. Det nederste og bærende stokværk består af ganske almindelige granitkvadre, der er tilhugget af vandreblokke hentet fra alle egne af landet.