Islandsk fjeldhede med Rypelyng (*Dryas octopetala*). Foto: Steen Sjørring.

Billedet herover viser en af Islands fjeldheder med den karakteristiske blomst Rypelyng (*Dryas octopetala*), som nærmest hører til rosenfamilien. Rypelyng er mærkværdig ved at have det ualmindelige antal kronblade på 8, og artsnavnet *octopetala* betyder på græsk også 'ottebladet'.
Rypelyng har også vokset i Danmark og har været vidt udbredt i Senglacial tid for 10 - 13.000 år siden. Det er således ikke ualmindeligt at finde aftryk af Rypelyngs blade i senglaciale kalkholdige aflejringer, der på dansk også er kendt under betegnelsen *Dryas* ler. Fundene peger hen på, at der i perioder i Senglacial tid har været en tundravegetation som den, der i dag er i det skovfrie Island.

Regnet på en måde lever vi i dag i en mellemistid, både i Island og Danmark, men set på en anden måde, nemlig i forhold til klimabælterne, har Island istid og Danmark mellemistid, idet Island er skovløs (på grund af klimaet) og Danmark er skovdækket (eller ville være det, hvis vi ikke havde ryddet den!).

VARV

NR. 4 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1984

BILLEDET HEROVER VISER EN KLØFT, DER ER DANNET VED TAPNING AF EN ISDÆMMET SØ VED LANDMANNALAUGAR I DET SYDLIGE ISLAND. SÅDANNE TAPNINGER SKER HURTIGT OG MED SÅ VOLDSOM KRAFT, AT OP TIL 100 TONS STORE BLOKKE KAN RIVES MED. DETTE NUMMER BEHANDLER ISLANDS TEKTONIK MED DANNELSE AF STORE SPALTER, VULKANER OG JORDSKÆLV. YDERLIGERE OMTALES KVARTÆRGEOLOGIEN PÅ TJÖRNES I DET NORDØSTLIGE ISLAND OG ENDELIG ER DER EN KORT NOTITS OM DE SÆRE, MEN SMUKKE SÆK- OG PUDESTRUKTURER.

ISSN 0105 - 6301

1984 - 12 - 10

Redaktionen har modtaget særdeles kritiske bemærkninger fra Ella Hoch, som forfattede anmeldelsen af Tor Nørretranders' bog: *Kosmos eller Kaos* i VARV 1984-3. Efter Ella Hoch's opfattelse har ændringer af tegnsætning, ord og ordstillinger givet en anden mening end den tilsigtede. Redaktionen beklager det skete, specielt at der også har indsneget sig en del tryk- og stavefejl.

Redaktionen forbeholder sig i øvrigt retten til at ændre på indsendte manuskripter, som det har været sædvane i de 20 år, hvor VARV er udkommet. Vi prøver efter bedste evne at fremstille stoffet på en forståelig og faglig korrekt måde. Vi fjerner svære fremmedord og specielle fagtermer, hvor vi kan finde lettere og mere almindelige danske ord, som dækker over det samme. Vi prøver også at undgå vanskelige sætningsopbygninger. Alle disse ændringer beror naturligvis på et skøn samt på en række tekniske forhold: VARV er på 32 sider, og så hjælper det ikke, at stoffet fylder 33 1/2 eller 28 1/4 side. Vanskeligst er det, når artiklerne er lange, eller når artiklerne er korte, men illustrationsmaterialet er meget omfattende. Mange af problemerne opstår først under monteringen, der oftest sker i sene 'frivillige' nattetimer. Da kan det være nødvendigt, at 'skære' et afsnit eller tegne og indføje en figur, for at få det hele til at gå op. Tit er det svært, og det giver sved på panden, men det er også spændende, om det lykkes endnu en gang at montere et læseværdigt VARV-nummer på nøjagtig 32 sider!

VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10, DK-1350 København K. Telefon: 01 - 11 22 32

Kontor: Anita Ege, mandage 9-16. Andre dage kan henvendelse ske til Steen Sjørring.

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

Renskrift: Gitte Sjørring

Montage: Steen Sjørring

Repro & tryk: Rosendahls Bogtrykkeri, Esbjerg

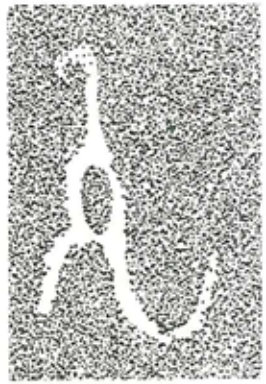
VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 56 kr. i abonnement i 1984. Abonnement tegnes ved at indsende beløbet til VARV, Postgiro 9 06 88 80 eller 46 Skr. til VARVs svenske postgirokonto 4388-5.

Adresseændringer eller fejl ved bladets levering bedes meddelt postvæsenet.

© 1984 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter aftale.

LÆSERSERVICE

ER DET PETER ?



I de sidste 60 år har en helleristning i Arizona i USA været genstand for en del spekulationer. Er det virkelig en 'ægte' helleristning, - og hvis det er, hvad forestiller den så ? Der er jo nemlig det forhold, at dinosaurerne (=Peter) uddøde omkring 70 millioner år tidligere, end mennesket kom ind på arena'en, så selv fortidige mennesker har ikke kunnet møde Peter !

(Tak til O.J.Knudsen i Århus for oplysninger om denne sære udgave af en 'Peter- lignende' figur).

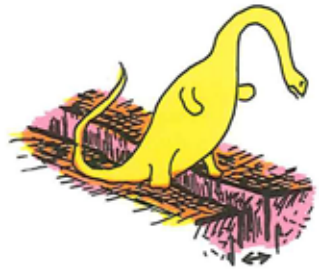
Geologen Nils Esser i Sorø har både stensav og polermaskine. Sten med diameter på indtil 10-15 cm kan skæres og poleres. De nærmere omstændigheder kan aftales med: Nils Esser, Husrækken 20, 4180 Sorø. Udenfor arbejdstid kan Nils Esser træffes på telefon nr. 03 - 63 37 35.

Fredningsstyrelsen har udgivet et kort over **Nationale geologiske interesseområder** i målestoksforholdet 1:500.000. Kortet viser 197 lokaliteter, der hver for sig er omtalt med ganske få stikord. VARV håber at kunne bringe kortet (i en mindre målestok) i et af de første numre i 1985. Indtil da kan kort med stikordsbeskrivelse fås ved henvendelse til: Fredningsstyrelsens 8. kontor, Amaliegade 13, 1256 København K. Pris (incl. moms.) er 40 kr.

ABONNEMENT FOR 1985 vil blive 60 danske kr. eller 50 svenske kr. Stigningen i prisen skyldes især portoforhøjelser samt øgede papiromkostninger til trykning af VARV.
Vent med at betale abonnement indtil girokortet kommer!! - men betal så (og gerne hurtigt). I forhandlinger med Postvæsenet, der sender girokortene ud, er det blevet oplyst, at postvæsenet kun kan trykke navn og adresse på den del af girokortet, som indbetaleren beholder som kvittering. På den del, som VARV modtager, vil der kun stå et abonnementsnummer, og i nogle tilfælde kræves et tydeligt postnummer i stenıplet, for at vi kan benytte abonnementsnummeret direkte. Det vil derfor være os EN MEGET STOR HJÆLP, om du vil skrive navn og adresse på den del af girokortet, som sendes til VARV. Det letter registreringen utroligt meget, og det skulle forhindre, at vi må sende 'rykkere' ud til trofaste abonnenter, der allerede har betalt, men som vi ikke har kunnet registrere som betalere. På forhånd tak!

mættet. Ved at udsætte beholderen for svage rystelser blev der dannet strukturer, der til forveksling minder om sæk- og pudestrukturer, men om rystelser er en nødvendighed for deres dannelse er endnu uvist, idet tidsfaktoren er vanskelig at 'styre' i sammenligninger mellem natur og model. En meget vigtig faktor i dannelsen af sæk- og pudestrukturer er kornstørrelsen. Er de vekslende finkornede og mere grovkornede lag vandmættede, vil det kommende værtslag have en rumvægt på omkring 1,6, mens de lag, der senere bliver til sæk- og pudestrukturer har en rumvægt på omkring 1,9. Der vil således være 'tungere' lag over 'lettere' og mere mobile lag, og ved passende indbyrdes tykkelser synes det, at en ligevægt må oprettes, så de grovere og tungere lag synker ned i de lettere og mobile lag. Formodet vandudtrængning medfører nu et stabilt kornskelet, hvor der er god kontakt mellem de enkelte korn, og ny aflejring kan finde sted. Netop det forhold, at sæk- og pudestrukturer optræder i flere lag over hinanden og hvor de enkelte strukturbærende lag er lige tykke, kunne tyde på, at dannelsen finder sted uafhængigt af ydre påvirkninger, men alene er betinget af sedimenttype og tykkelsen heraf.

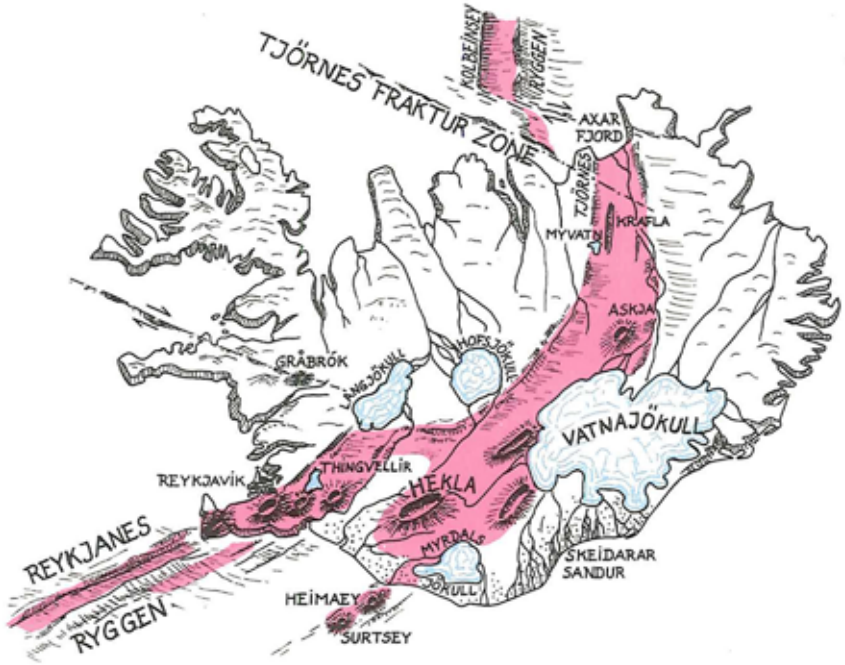
Figur 4. Videreudviklede sæk- og pudestrukturer fra issøbakken ved Kårup i Nordvestsjælland. I forbindelse med lettere udglidning på en svagt hældende underlag kan de dannede sæk- og pudestrukturer antage endnu mere komplicerede former. Foto: Steen Sjørring.



ISLANDS TEKTONIK

af Stig Schack Pedersen

Den 6. september 1984 kunne man i avisen (Politikens forside) læse, at et jordskælv af styrke 4 på Richter skalaen havde rystet det meste af det sydlige Island. Få dage efter kunne man i TV-Aktuelts oversigtsudsendelse se billeder fra vulkansprækken Krafla på Nordisland (se bagsiden af VARV 1984-3, - nærmere viden om Krafla vulkanfeltet kan læses i VARV 1980-4 og 1981-3), der netop var gået i udbrud igen. Selvom de to begivenheder ikke hænger direkte sammen, er det dog ubestrideligt, at de hver på sin måde og i hver sin ende af landet er udtryk for den samme dynamiske historie, nemlig Islands tektonik.



Figur 1. Oversigtskort over Island med angivelse af de vigtigste tektoniske elementer.

Figur 2. Typisk Tertiær plateaubasalt fra Island. Billedet viser de mere end 1000 meter høje plateaufjelde nordvest for Akureyri. Foto: Stig Schack Pedersen.

De globale tektoniske bælter

Inden for den moderne tektonik skelnes mellem tre forskellige typer af mobile bælter: 1) oceaniske spredningszoner, 2) konvergerende zoner, hvilket i bredeste forstand kan opfattes som de egentlige bjergkæder, dannet hvor to plader støder mod hinanden, og 3) sideværts mobile bælter, med modsat bevægelse på hver side af en lodret brudzone (strike-slip mobile belts). Populært kan sådanne 'strike - slip mobile belts' betegnes som de zoner, der optager alle de 'skæve' rumfangsproblemer, der opstår i 'pladehjørnerne' under bevægelserne i de to først nævnte bælter (spredningszoner og konvergerende zoner).

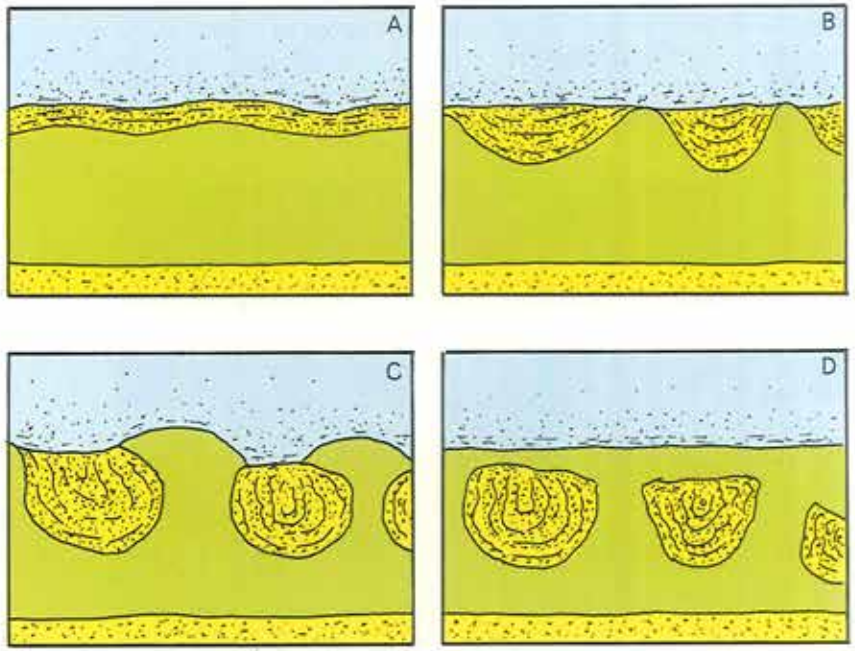
Når vi ser på Islands tektonik er det den første type, oceaniske spredningszoner, vi vil komme til at beskæftige os med, idet Island er det eneste sted i Verden, hvor et ocean spredningsbælte kan studeres over havets overflade. Men vi vil også berøre tektonik, som tilhører den tredie type bevægelser, nemlig sideværts forkastningssystemer. Med hensyn til oceaniske spredningszoner og oceanbundsdannelse er en nøjere gennemgang givet i artikler i VARV 1978, nr. 1 - 3.

Islands geologiske opbygning

Island er næsten symmetrisk opbygget omkring en zone af unge vulkanske bjergarter, den *Neovulkanske Zone* (fig. 1). Zonen strækker sig fra det nordøstlige Island ved Axar Fjord - Myvatn ned over det centrale Island til det sydvest-

ne benyttes til 'op-ned' bestemmelser i finkornede bjergarter, hvor det ellers kan være svært at finde andre tegn. Op-ned bestemmelser er af afgørende betydning for tolkningen af trykretningen (f. eks. isbevægelsesretningen) i foldede bjergarter, derfor har strukturer, der viser entydigt 'op' stor betydning for feltgeologen.

Dannelsen af sæk- og pudestrukturer har været opfattet forskelligt gennem tiden, der har været forslag fremme om, at de var dannet ved udglidning på en svagt hældende flade, men da skulle man forvente, at formerne viste en generel skævhed til den ene side. Der har også været udført forsøg, hvor man i en beholder har anbragt finsandede lag oven på siltede og lerede lag, altsammen vand-



Figur 3. Forslag til dannelsen af sæk- og pudestrukturer. A: Over et finkornet lag aflejres sand- og lerlag. Leret forhindrer porevandet i at komme ud. B: intern bevægelse i det finkrnede lag medfører forskel i lagtykkelse, og porevandstrykket medfører, at sammenhængskræfterne i det finkornede lag (værtslaget) bliver forsvindende små. C: Diapiragtig opstigning af det porevandsmættede værtslag medfører, at sand- og lerlagene (med en bedre sammenhængskraft) synker ned i værtslaget. D: Efter udligning af porevandsovertryk ligger værtslaget tilbage med de dannede sæk- og pudestrukturer. (Modificeret efter Richter, 1971, Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen Nr. 2184).

De enkelte lag i sæk- og pudestrukturerne kan fra tid til anden vise svage tegn på transport med strømmende vand. Denne oplysning kan man bruge til at fastslå, at sæk- og pudestrukturerne ikke kan være dannet samtidig med, at lagene blev aflejrede, men må være en yngre og 'sekundær' strukturform. Sæk- og pudestrukturerne optræder næsten altid flere sammen, tit som perler på en snor, men samtidig ligger de lukket inde i et veldefineret lag. Lag med disse strukturer optræder på den anden side gerne flere over hinanden, hvor de oprindelige lag ligner hinanden op gennem profilet. Dette kunne tyde på, at sæk- og pudestrukturernes dannelse har noget med kornstørrelsen og skiftet mellem grovere og finere lag at gøre, mere end det er en ydre påvirkning, der er ansvarlig for dannelsen.

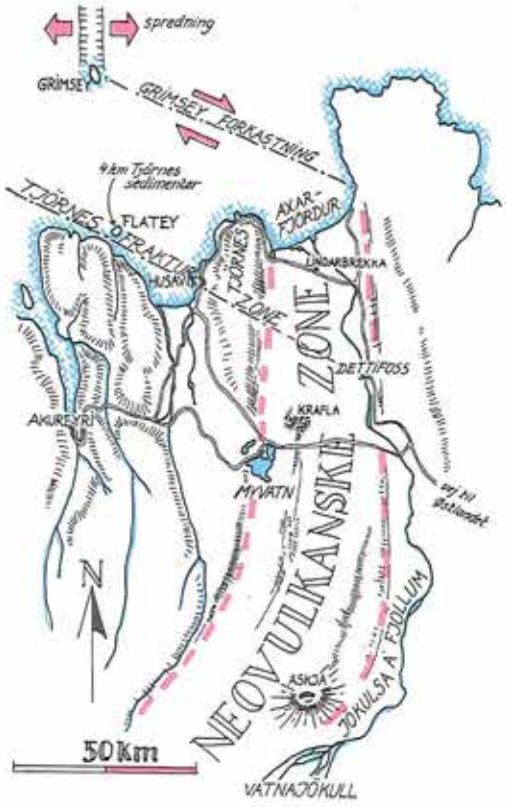
Figur 2. Sæk- og pudestrukturer i en issøbakke syd for Kårup i Odsherredbuerne, Nordvestsjælland. Foto: Steen Sjørring.

Formen af den enkelte sæk- og pudestruktur er i lodret snit ofte uregelmæssig halvcirkel- til grydeformet og nogenlunde symmetrisk. For det meste er de fine lag, der danner strukturen, indbøjede for oven, og da vandrette snit gennem sæk- og pudestrukturer viser et cirkelrundt til ovalt billede, kommer strukturen næsten til at ligne en krukke med indbøjede kanter. Størrelsen af strukturen varierer, der er set strukturer på 2-3 cm i diameter og nogle af de større kan være i nærheden af 2 meter i diameter. På steder, hvor andre og primære sedimentstrukturer viser, hvad der er opad i lagfølgen, viser sæk- og pudestrukturerne altid samme 'op'-retning med åbningen opad. Derved kan sæk- og pudestrukturer-

ligste Island ved Reykjavik og Tingvellir. I den centrale del af Island drejer den *Neovulkanske Zone* sydvestover og deler sig i to grene, én der løber ned mod Myrdalsjökull og ud i havet til Vestmannaeyjar og Surtsey, og én der parallelforskydes over mod vest til Tingvellir Sletten - Reykjavik og sydvestpå ud langs Reykjanes Ryggen, som her danner en del af den Midtatlantiske Oceanryg. Uden for den neovulkanske zone findes tertiære plateau basalter (fig. 2) op til 15 mill. år gamle. De er de ældste geologiske lag på Island.

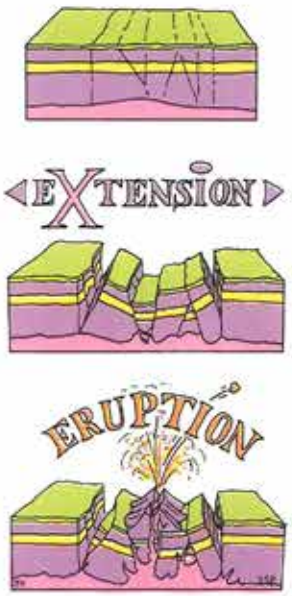
Vulkaner og jordskælv på Nordisland

På Nordisland er den geologiske uro koncentreret i området omkring Myvatn, Tjörnes og Axar Fjord (fig. 1 og 3). Den vulkanske uro er knyttet til den neovulkanske zone, der er et nord-syd gående spredningsbælte, det vil sige et bælte, hvor de tektoniske kræfter trækker væk fra hinanden, (extension), se fig. 4. Samtidig med den vulkanske aktivitet sker der en blok-indsynkning, som medfører en del forkastningsbevægelser, dog uden den større jordskælvsaktivitet. Den store og ødelæggende jordskælvsaktivitet er derimod knyttet til sideværtsforkastningerne, der fortsætter spredningszonen fra Axar Fjord og ud til Grimsey, se fig. 3.



Figur 3. Kort over den nordlige del af den neovulkanske zone. Det er betegnelsen for et bælte, indenfor hvilket bjergarterne (d.v.s. lavaerne) er yngre end 0.7 mill. år.

Sidst vulkansprækken Krafla havde et større udbrud, bragte VARV en levende øjenvidneskildring af udbruddet (1980-4). Men selvom man ikke kommer til feltet under en udbrudsfase, er man ikke i tvivl om zonens eksistens. Overalt i landskabet stiger dampen fra de varme kilder til vejrs i den kolde islandske luft. På lang afstand kan man se dampsøjlerne stå på en lang række. De følger struk-



Figur 4. Principskitse der viser blokforkastningerne i et spredningsbælte.

turlinier (lineamenter) i landskabet og markerer sprække- og svaghedszonerne i jordskorpen (fig. 5). Østsiden af den neovulkanske zone markeres af en af Islands største og længste elve, Jökulsá á Fjöllum, der sørger for hoveddræneringen af Vatnajökull mod nord. Man overbevises let om, at der her er et direkte sammenfald mellem den tektoniske linie og dannelsen af elvens forløb.

Man kunne umiddelbart tro, at vulkanudbruddene var de mest frygtede på denne del af Island. Men bortset fra kraftværket, der jo med vilje er lagt på 'det varmeste sted', er området ganske øde og ubeboet. Meget værre er det med forkastningsaktiviteten, der er med til at gøre livet ganske besværligt for indbyggerne ude ved de frugtbare marker i kystregionen ved Axar Fjord. Her oplevede

Figur 5. Dampskyerne fra de varme kilder øst for Myvatn markerer en nord - sydgående linie (lineament) i terrænet Bemærk sprækken i forgrunden, der indeholder huler med ca. 35 grader varmt vand, hvori man kan bade. Man skal dog ikke opholde sig for længe i vandet, da man kan blive dårlig af svovldampene, der er knyttet til de varme kilder. Foto: Stig Schack Pedersen.

SÆK OG PUDESTRUKTURER

af Steen Sjørring

Som omtalt i VARV 1981-3 kan man finde sæk- og pudestrukturer både i gamle magmakamre og i ganske unge vandaflejrede sedimenter. Sæk- og pudestrukturer optræder i bjergarter fra alle geologiske aldre, men under vore himmelstrøg er de nok lettest at finde i finkornede, vandaflejrede istidssedimenter.

Navnet 'sæk- og pudestruktur' er en direkte oversættelse fra den engelske betegnelse 'ball and pillow form structure' (på tysk: Ballen- und Kissenstruktur), og de første egentlige beskrivelser af strukturen kan spores tilbage til 1916. I de følgende år er selvsamme strukturer blevet beskrevet under mange forskellige navne, hvilket ikke har gjort kendskabet til denne særegne strukturform bedre.

Som det fremgår af billedet, består strukturen af tydelige lag med indbyrdes vekslende kornstørrelser. Kornstørrelserne i de 'krøllede' lag ligger for det meste mellem 0,5 mm og 0,06 mm, altså fint sand, men også mindre kornstørrelser (silt) optræder hyppigt. Strukturerne 'svømmer' i et værtslag, der næsten er homogent, og det viser sig, at værtslagets gennemsnitskornstørrelse generelt er mindre.

Figur 1. Typiske sæk- og pudestrukturer. (Billedet er fundet på Varv's redaktion. Ejeren kan få det retur ved henvendelse til redaktionen).

NY BOG mineraler

Chr. W. Bauditz: MINERALER - en bestemmelseshåndbog. Forlaget Stenonius 83 sider, pris 74 kr.

Det er os bekendt første gang, at der på dansk er udkommet en bestemmelseshåndbog for mineraler - og da den oven i købet er virkelig god, må der være mange mineral-amatører (af forfatteren oversat til -elskere), som har brug for denne bog.
På Geologisk Museum har vi i det sidste halve års tid stiftet bekendtskab med den - dels ved at slå op i tabellerne og dels ved at prøve nogle af de angivne metoder til bestemmelse af mineraler.
Indledningen er kort og fyldestgørende, idet der i bogen er en udmærket og kommenteret bogliste.

Med hensyn til tabellerne må vi beundre forfatteren for den måde, som den forbløffende store mængde af oplysninger, der kan hentes om ca. 500 mere eller mindre sjældne mineraler, er blevet nedfældet på. Selv et så sjældent mineral som *tugtupit* er med, ligesom andre sjældne grønlandske mineraler (*astrophyllit, epididymit, eudialyt* for at nævne nogle), og der kan i øvrigt ikke rettes indvendinger mod udvalget af de i bogen medtagne mineraler.

Nøglen i sig selv er en stor tabel med usandsynligt mange mineraldata inklusive *farve-variationer*. Det ville være fint, hvis man kunne huske koden til de mange forkortelser og talangivelser i hovedet, men da vel de færreste er i stand hertil, findes der en 'folde-ud' nøgle på bagerste blad (side 83 A), så den er let tilgængelig samtidig med, at man søger i hovednøglen.
Der findes også specielle tabeller, f.eks. en meget nyttig om identifikation af blå/grønne kobber-mineraler (den er ikke så let at finde - side 29). Selvfølgelig er der farvetabeller om borax- og phosphorsalt smelteperler. Det skal dog bemærkes, at disse oftest kun gælder, når mineralerne er rene, og kun indeholder få kationer - noget som forfatteren selvfølgelig ikke kan gøre for, og det må pointeres, at disse prøver netop af denne grund ikke giver en sikker bedømmelse. Flammefarven er underkastet samme usikkerhed.

Endelig er der de kemiske prøver, som forfatteren håber, at også mange ikke-kemikere vil give sig i kast med. Jeg må her sige, at vi på Geologisk Museum tvivler på, at så mange vil få mod til at vove sig ud i dette - dels fordi det koster mange penge at skaffe sig alt, hvad der skal til, men også fordi det vil vise sig, at man i mange tilfælde alligevel ikke vil få oplysninger, der er gode nok til, at man vil kunne identificere mineralet. (Et negativt udfald af en kemisk reaktion behøver ikke altid at betyde, at det pågældende metal eller kemiske gruppe ikke er til stede!).

Vi finder, at forfatteren har stor ære af sin indsats med at skrive denne bog, og som sagt i indledningen kan den på det varmeste anbefales - især for de fine tabellers skyld.

Mogens Hansen

befolkningen i den lille by Lindabrekka (se kortet fig. 3) en forkastningsindsynkning på 2 til 3 meter langs en af de nord - syd gående forkastninger i vinteren 1975-76 (fig. 6 og 7). I løbet af det følgende år nydannedes en sø ude på markerne, og den er nu vokset til et areal på 5 kvadratkilometers størrelse. I øvrigt blev en af gårdene ved Lindabrekka totalt ødelagt ved et jordskælv 3 år senere. Jordskælvets centrum blev lokaliseret til havet ud for Axar Fjord og må betragtes som hørende til en sideværts forkastning. Det forkastningssystem vil vi se lidt nærmere på i det følgende.

Figur 6. Forkastning med et spring på 2 - 3 meter dannet i vinteren 1975-76. Forsætningsspringet står frem som en skrænt, der er velbevaret i den hårde basalt. Foto: Stig Schack Pedersen.

Husavik (se kortet fig. 3) er en forholdsvis ung by, der er vokset op omkring en handelsplads, hvorfra man i forrige århundrede udskibede svovl fra svovlkilderne oppe vest for Myvatn (Namafjell). Byens kortvarige historie har dog været ret bevægende, idet gentagne jordrystelser helt eller delvis har ødelagt byen op til flere gange. Forkastningsbevægelserne, der forårsager jordrystelserne, sker langs med Husavik forkastningen (fig. 8), som er en del af Tjörnes frakturzonen (fig. 3). Forsætningerne langs Tjörnes frakturzonen har medført, at Tjörnes halvøen som en horst er blevet løftet mere end 500 meter i vejret, hvorved de pliocæne og pleistocæne sedimenter, kendt som 'Tjörnes sekvensen' (fig. 9), er blevet blottet.

Længere mod nordvest kender man fra den lille ø Flatey 4 km mægtige enheder

Figur 7. Samme forkastning som i fig. 6. Man kan svagt følge forkastningssporet ud over marken mod Axar Fjord i nord, men forkastningen er hurtigt skredet til, da den her går gennem løse sandaflejringer. Det forhold er værd at have i mente, hvis man tænker på at studere neotektonik i områder, der er dækket af løse kvartære aflejringer. Man kan ikke vente, at forkastningssporene ser imponerende ud, hvis de overhovedet er bevaret. Foto: Stig Schack Pedersen.

af Tjörnes sedimenter, og de seneste seismiske undersøgelser antyder tilstedeværelsen af 10 km tykke sedimentpakker under havbunden i dette område. Da sedimenterne både indeholder en marin fauna og brunkulslag, og da der findes udmærkede reservoirbjergarter i form af porøse sandsten, er det klart, at det er her Islands interesse for olie og gas ligger. Årsagen til dannelsen af et dybt indsynkningsbassin med en efterfølgende horst hævning skal nok søges i, at området er styret af bevægelserne knyttet til et sideværts forkastningsmønster. Under en sideværts bevægelse ses ofte, at der dannes fortynding eller opsprækning af jordskorpen i et rhombeformet segment. På engelsk betegnes sådan et bassin som 'pull-apart basin', idet to modstående sider i rhomben trækkes fra hinanden under sideværtsbevægelse af de to andre sider (fig. 10). Et velkendt eksempel på et 'pull-apart basin' er Det Døde Hav, der ligger centralt i den store nord sydgående forkastning på grænsen mellem Palæstina og Jordan.

Ofte vil der i en senere udvikling i sideværts forkastningszonen ske en skæv sammenpresning (transpression), der medfører, at lagserien i pull-apart bassinet bliver klemt sammen og presset i vejret. Denne kobling af træk og skub i en sideværts forkastning må betragtes som en sandsynlig overordnet model for dannelsen af Tjörnes bassinet og Tjörnes horsten.

Figur 8. En marin sandsten fra den øverste del af Threngingar formationen overlejres af en tillit fra den nederste del af Mana formationen. Foto: Gunver Krarup Pedersen.

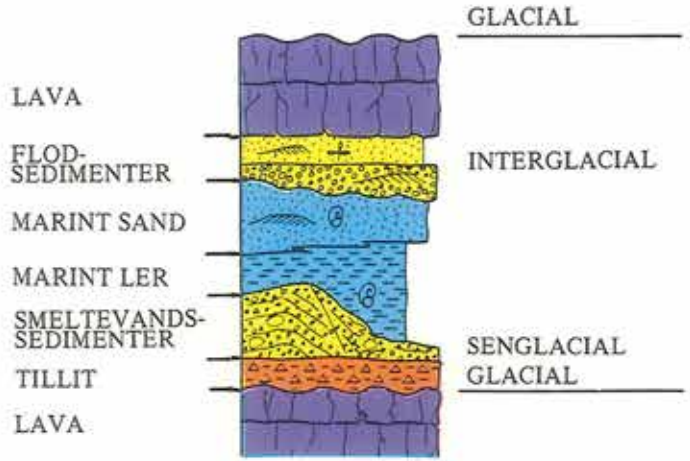
Denne vekslen mellem isfri perioder og perioder med isdække er i sig selv ikke bevis for større klimasvingninger i form af istider og mellemistider. Gletscherne kunne, som det er tilfældet på Island i dag, være lokale gletschere. Men de finkornede sedimenter i de ikke-glaciale dele af cyklerne tyder på, at højdevariationerne har været små, og da alle skurestriber i området peger i samme retning, mod nord, må Tjörnes og områderne uden om have været dækket af en iskappe.

Når en iskappe smelter, vil landet hæve sig, men da det ses, at der i hver cyklus sker en indtrængning af havet, må dette være steget betydeligt, hvilket igen vil sige, at større ismasser må være smeltet bort.

Cykliciteten afspejles også i muslingefaunaen i de marine lag inden for hver cyklus, og tolkes som resultat af gentagne istider adskilt af mellemistider. Der er derfor god grund til at mane, at cykliciteten er klimaforårsaget tyder en optælling på 12 istider og mellemistider.

Radiometriske dateringer viser, at der findes 7 istider og mellemistider i tidsrummet mellem 2.1 og 1.25 mill. år før nu, mens de sidste 5 er yngre. Tillitterne i den øverste del af Husavik formationen er antagelig fra Weichsel og Saale, men øvrige korrelationer har endnu ikke været mulige. Det kan synes fantastisk med 12 istider, men ud fra kandskabet til varigheden af en istid-mellemistid-cyklus kan det nemt lade sig gøre, ja, tolv er måske et minimum !

I Nordeuropa er der påvist isoverskridelser i de sidste 4 istider, men hertil kommer yderligere 10-12 ældre kuldeperioder uden spor efter isoverskridelser. Det vil blive spændende at følge, om der kan findes overensstemmelser mellem forholdene i Island og i Nordeuropa, - om det har været globale klimasvingninger, eller om forholdene i Island har været af mere lokal karakter ?

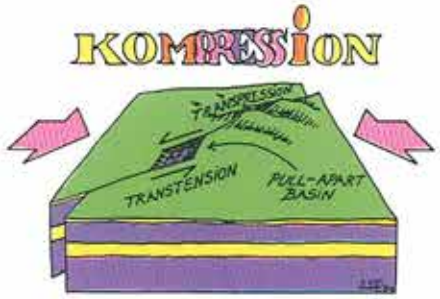


Figur 6. Idealiseret cyklus fra Breidavik gruppen med angivelse af sedimenttype, aflejringsmiljø og klimaindikation. (Modificeret efter Eiriksson 1981).

Figur 7. Mana og Threngingar formationerne. Øverst under græstørven findes pudelava dateret til 1.25 mill. år før nu. Det fremspringende parti er et konglomerat lige over den tillit, der indleder Mama formationen. Over og under konglomeratet og tillitten findes marine sandsten fra to forskellige (hver sin) mellemistider. (Tjörnes). Foto: J. Fredericia.

Figur 8. Husavik forkastningen ses som et skår gennem landskabet i den nordlige del af Husavik by. De gule huse ligger med gavlen på en lige linie langs forkastningen. I 1872 blev næsten hele byen ødelagt ved et jordskælv forårsaget af en forsætning langs med forkastningen. Foto: Stig Schack Pedersen.

Figur 9. Tjörnes sekvensens sandsten, lerskifer, brunkul og ferskvandsdiatomé ler (kiselalge-aflejring) ses her på nordkysten af Tjörnes. De lyse lag, der ses gentaget i tre rytmiske aflejringer, er ferskvandsaflejringerne. Hele lagfølgen hælder ud mod bassinet i nord. Foto: Stig Schack Pedersen.



Figur 10. Sideværts forkastningssystem med dannelse af 'pull-apart basin', hvor der er sket transtension langs forkastningen og foldning og opskydninger i områder med transtension.

Strukturlinier

Husavik forkastningen kan, som det ses på fig. 8, følges gennem landskabet som en linie, et *lineament*. Det er som lineamenter man oftest kan spore store forkastninger igennem et område. Lineamenter kan bestå af skarpt nedskårne dale

Figur 11. Dettifoss, Islands største vandfald med en faldhøjde på 44 meter. Bemærk søjlebasalterne på de lodrette fjeldvægge. Alle basalterne i området er yngre end 0,7 millioner år. Floden, der vælter sig ud over vandfaldet er Jökulsá á Fjöllum, der afvander Vatnajökull mod nord. Foto: Stig Schack Pedersen.

Figur 4. Usorteret konglomerat (iskontaktsediment). Lagene hælder mod iagttageren og viser svag gradering med de groveste sten nederst. Tjörnes. Foto: Stig Schack Pedersen.

Figur 5. Nærbillede af den nedre grove del af konglomeratet, som er vist i figur 4. Foto: Stig Schack Pedersen.

findes i alle 6 formationer. Umiddelbart over tillitterne findes ofte tykke lag af dårligt sorterede konglomerater, sandsynligvis iskontaktsedimenter (issø- eller åssedimenter), som har en ringe sideværts udbredelse og afløses af sand og ler (fig. 4 og 5).

Intensive studier af Breidavik gruppen har vist, at den lithologiske variation er cyklisk, det vil sige, at en aflejringsrækkefølge gentages, og der kan opstilles 12 cykler som vist i fig. 6. Hver cyklus starter med en tillit, der overlejres af smeltevandssedimenter som veksler med marine sedimenter. I de marine sedimenter er muslingefaunaen højarktisk, men opad i lagfølgen afløses den af en fauna, der svarer til den, der lever ved Islands kyster i dag. På land aflejredes flodaflejringer, og lagserien forsegles af et lavadække.

Mange cykler viser en næsten komplet udvikling, så der er næppe større 'huller' i serien. De gentagne lag af tillitter viser, at Tjörnes har været dækket af is flere gange, mens tilstedeværelsen af lavadækkerne viser, at Tjörnes har været isfri.

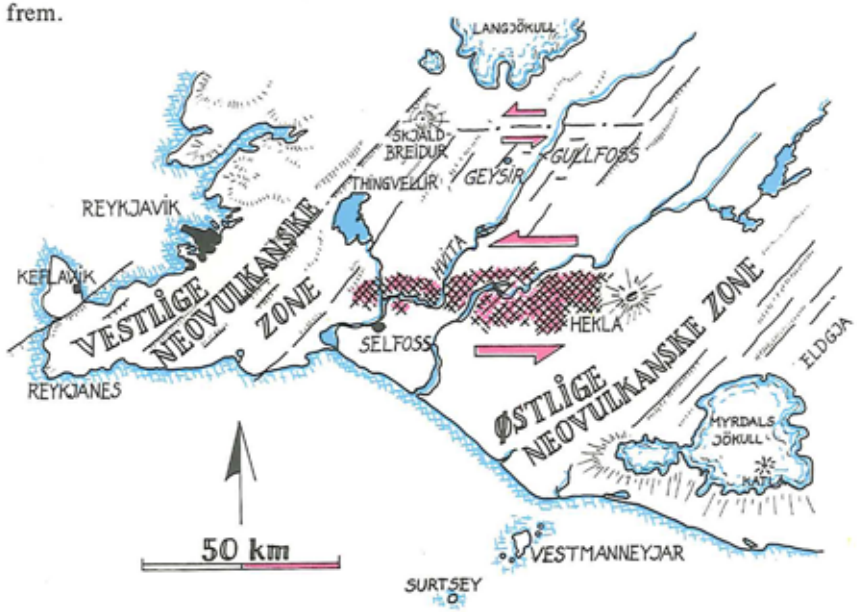
sandsynligste aflejringsmiljø. Muslinger i de marine lag muliggør en opdeling i tre zoner opkaldt efter karakteristiske muslingers optræden, nemlig: *Tapes* Zonen, *Mactra* Zonen og *Serripes* Zonen. Faunaen i den sidstnævnte zone adskiller sig fra de andre faunaer ved, at nye arter kommer ind. Dette træk kendes også fra f. eks. England, og ændringen forklares ved en klimaforværring. Derfor placeres Pliocæn-Pleistocæn grænsen her. Den overliggende lava er dateret til 3.0 - 3.3 millioner år og giver en omtrentlig alder for grænsen (fig 3). Andre fortolkninger af faunaskiftet har dog også været fremført, så en formel fastlæggelse af Pliocæn - Pleistocæn grænsen på Tjörnes har endnu ikke fundet sted.

Figur 3. Pliocæn - Pleistocæn grænsen. Det øverste af de to hvidspættede skallag repræsenterer det nederste Pleistocæn. (Hallbjarnarstadir, Tjörnes). Foto: Stig schack Pedersen.

Tjörnes lagene overlejres af Høskuldvik lavaer, der er dateret til mellem 2.55 og 2.36 millioner år. Over disse lavaer følger den for kvartærgeologer mest interessante del af serien, nemlig Breidavik gruppen, der kan opdeles i 6 formationer (fig. 1). Bjergarterne består af moræneaflejringer, lavaer, tuffer, ler-siltsten, sandsten og konglomerater. Alle sedimenter (med undtagelse af den øverste del af Husavik formationen) er hærdnet til hårde bjergarter på grund af omdannelse af ustabilt vulkansk glas, der har været en væsentlig bestanddel af alle bjergarterne.

Allerede ved bunden af den nederste Furuvik formation optræder moræneaflejringer, der nu er hærdnede og derfor benævnes tillitter, og sådanne tillitter gen-

(fig. 6, 7 og 8), lange retlinede forløb af floder og elve, langstrakte søer og stejle klippevægge med et retlinet langstrakt forløb. Specielt oplever man på Island, at de store vandfald er sammenfaldende med store lineamenter. Det gælder f. eks. Islands største vandfald Dettifoss (fig. 11), som ligger direkte i forlængelse af Husavik forkastningens lineament (fig. 3). Det betyder dog ikke, at forkastningen har dannet vandfaldet, men er blot udtryk for, at de forskydningsspændinger, som er knyttet til forkastningen, på dette sted har mørnet fjeldet, således at floden Jökulsá á Fjöllum lettere har kunnet erodere det kraftige fald frem.



Figur 12. Kort over den sydvestlige del af Island. Det ses her, at den neovulkanske zone har to forgreninger, der mod nord er forbundet med den øst - vest strygende sydvestislandske forkastningszone. Krydsskraveringen markerer Sydislands seismiske zone, hvor store jordskælv er koncentreret. Pilene angiver retningen af forskydningsspændingens vrid.

Gullfoss (fig. 12 og 13) er et andet eksempel på et stort vandfald, eller et system af vandfald, der følger tektoniske lineamenter. Selve faldet ved Gullfoss er parallelt med en gammel forkastning med samme retning som den øst- vest gående forkastningszone. Derimod følger floden Hvita et sydvest-strygende lineament parallelt med den neovulkanske zone, ligesom Jökulsá á Fjöllum.

Sydislands seismiske zone

Jordskælvet, som blev omtalt i indledningen, var endnu et levende udtryk for

Figur 13. Gullfoss på det sydvestlige Island. Selve faldet går ud over en hylde, der er parallel med den øst - vest gående forkastningszone. Foto: Gunver K. Pedersen.

eksistensen af den seismiske zone på Sydisland (se kortet, fig. 12). Zonen strækker sig øst - vest fra Hekla til Reykjanes og har gennem historisk tid været kendt som området, hvor store ødelæggende jordskælvskatastrofer har fundet sted. Det fortælles bl. a., at en hel kirke engang forsvandt i en sprække. Denne begivenhed blev under indflydelse af stærke pietistiske strømninger til en myte om folk, der dansede og festede i kirken, hvorfor Gud i sin vrede lod hele kirken med de dansende folk forsvinde ned i helvedets svovldampende dyb. Svovldampende associationer opstår let nok her, hvor det damper fra talrige varme kilder. Den berømteste kilde er Geysir (fig. 14), der ligger i den nordlige udkant af den seismiske zone på forbindelseslinien mellem den vestlige og nordlige del af den neovulkanske zone.

Aflastning af den spænding, som opbygges i Sydislands seismiske zone, foregår typisk i en serie af jordskælv. Den første rystelse med en styrke på omkring 7 sker i nærheden af Hekla. Derpå følger ca. 50 år senere et jordskælv med næsten samme styrke et stykke længere vestpå. Endelig ca. 100 år efter det andet jordskælv følger et tredie jordskælv endnu længere mod vest.

Det sidste store ødelæggende jordskælv fandt sted i 1912, og inden for zonen er mere end halvdelen af hver gård blevet ødelagt. Så sent som i 1968 blev der sydvest for Selfoss registreret et jordskælv af styrke 7.

Tjörnes har gennem Pliocæn og størstedelen af Pleistocæn været et aflejringsbassin, der er blevet fyldt op med tykke lag af marine sandsten, lersten, lavaer og moræner. Det er sandsynligt, at lagserien er næsten komplet, dels fordi indsynkningen i aflejringsbassinet har været betydelig, således at en gang aflejrede sedimenter hurtigt blev begravet og derved beskyttet mod at blive omlejret, og dels fordi de talrige lavalag har beskyttet de underliggende lag mod erosion.

Den blottede lagserie er vist skematisk i fig. 1. Den samlede lagtykkelse er mere end 1000 meter, og lagserien hviler på tertiære plateaubasalter. Også plateaubasalterne er mere end 1000 meter tykke og de har kunnet dateres til aldre mellem 4.3 og 10 millioner år. De øverste lavaer er stærkt forvitrede og omdannet til en lateritagtig jord (fig. 2), der tyder på, at der har været et varmt klima i Island i sen Tertiærtid.

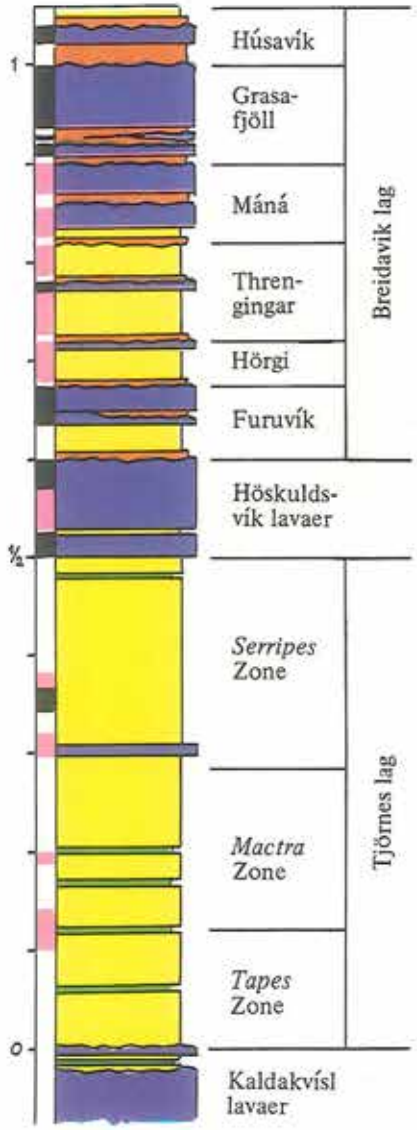
Figur 2. Oversiden af tertiære plateaubasalter, Kaldakvisl lavaer, der er forvitret til lateritagtig, rødlig jord. Foto: J. Fredericia.

Til stratigrafisk brug er den pliocæne-pleistocæne lagserie på Tjörnes ideel. Den er næsten komplet, og den indeholder lavabænke, som kan dateres absolut ved hjælp af f. eks. Kalium/Argon-metoden. Såvel lavaer som mange af sedimenterne kan tillige dateres relativt ved at måle magnetiseringsretningen af jernholdige mineraler. Magnetiseringsretningen er på fig. 1 angivet som normal eller revers, det vil sige med nordpol i nord (normal) eller med nordpol i syd (revers).

Tjörnes lagene (fig. 1) består af en brunlig, fossilførende marin sandsten, der afløses af leret sandsten og brunkul i flere niveauer, hvorfor et kystmiljø er det

ISLAND Istidernes Ø

af Johnny Fredericia



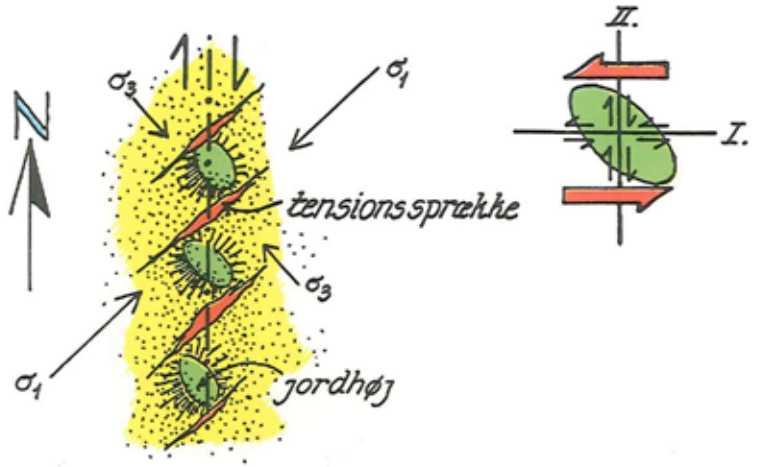
Det er kendt, at mange undersøgelser fra Island har været med til at klarlægge de geologiske forhold i Danmark under istiderne. Det skyldes, at de glaciale og sedimentologiske processer ved de aktive gletschere stadigvæk foregår, selvom Island såvel som Danmark befinder sig i en mellemistid. At Island også rummer vidnesbyrd om væsentlig flere istider og mellemistider end Danmark, er derimod en overraskelse for de fleste.

I det nordlige Island, ud mod Ishavet, ligger halvøen Tjörnes, ca. 100 km nord-nordvest for Akureyri. Halvøen er en horts, der ligger på den vestlige kant af den aktive spredningszone gennem Island (se artiklen om Islands tektonik i dette nummer).

Figur 1. Sammensat lagsøjle for den øverste del af Tjörnes sekvensen, der omfatter Kaldakvisl lavaer, Tjörnes lag, Höskuldsvik lavaer og Breidavik lag, i alt ca. 2000 meter. Her er vist de øverste ca. 1000 m. Søjlen til venstre angiver magnetiseringsretninger, sort: normal retning og rødt: revers retning. I lagsøjlen er lavaer angivet med en lilla farve, tillitter med orange, lersten og sandsten med gult og brunkulslag med grønt. Figuren er modificeret efter Eiriksson, 1981.

Figur 14. Geysir, den springende varme kilde på Island. Det er den mest berømte af de talrige varme kilder, som løber frem af jorden i den neovulkanske zone. Foto: Stig Schack Pedersen.

Figur 15. En smal jordskælvssprække løber hen over en mark i den sydislandske seismiske zone. Foto: Stig Schack Pedersen.



Figur 16. Principskitse af jordskælvssprækkernes forløb en echelon *hen langs en forkastningszone. Ind mellem en echelon sprækkerne dannes typisk et ellipseformet dome strækkende sig fra den ene sprækkes nordspids til den næste sprækkes sydspids. Størrelsen af pilene angiver den relative styrke af spændingerne langs forkastningen.*
Skitsen til højre viser det overordnede forskydningsspændingssystem med 1. og 2. ordens forkastninger, og deres bevægelsesmønster er indtegnet. Desuden ses en deformations-ellipse, der angiver, hvorledes en cirkel ville blive fortrukket til en ellipse i forskydningssystemet langs en 1. ordens øst - vest gående forkastning.

For et par år siden foretog et hold studenter fra Reykjavik Universitet - under ledelse af geologerne Páll Einarsson og Jón Eiriksson - en undersøgelse af nutidige jordskælvssprækker i Sydisland. Det viste sig hurtigt, at de enkelte bønder udmærket godt vidste, hvor på deres marker, der var sket nye sprækkedannelser ved de forskellige jordskælv. Sprækkerne forekommer ofte som tynde langstrakte, mere eller mindre nord - syd løbende revner (fig. 15) arrangeret *en echelon* (fig. 16). I forbindelse med *en echelon* sprækkerne opdagede man ofte nogle jordhøje eller små domer op til 3 - 4 meters højde. Domerne kunne følges i en nogenlunde ret linie, der markerer de nord - syd gående forkastninger. På fig. 16 er det vist, hvordan de små sprækker og jordskælvshøje er relateret til det overordnede forkastningssystem i den sydislandske seismiske zone.

Thingvellir og den vestlige neovulkanske zone
Den vestlige arm af den neovulkanske zone strækker sig fra Langjökull i nord til Reykjanes i syd. Midt i denne zone findes Islands største sø, Thingvellir søen, med det berømte gamle tingsted ved den nordvestre søbred. Selve armen har sit

tid, og så fremefter finder vi, hvordan de forskellige geologiske perioder lægger nyt land til Grønland'. Anderledes forholder det sig med Island. I det meste af Atlanterhavets levetid eksisterede Island simpelthen ikke (se VARV 1978-3). Først for omkring 20 millioner år siden begynder oceanbundsspredningen i den zone, hvor Island ligger. Tidligere foregik spredningen langs ned Ægir Ryggen, der nu ligger som en fossil (nedlagt) spredningszone et par breddegrader nord for Færøerne.

De ældste bjergarter på Island er op til 16 millioner år gamle og findes henholdsvis på den nordvestlige og sydøstlige del af øen (fig. 2). Men mere end halvdelen af Island består af bjergarter, der er yngre end 7 millioner år, og ca. en femtedel består af lavaer yngre end 1 million år.

Når man ser på kortet over spredningszonens forløb, kan man undre sig over, hvorfor zonen på Island pludselig bliver forskubbet mod øst (fig. 1). Det forklares ved, at Island er dannet over en 'hot spot' - et særligt varmt område nede i Jordens kappe. Gennem tiden, det vil sige inden for de sidste 3 - 5 millioner år, er den nordatlantiske lithosfæreplade og spredningszone skredet mod vest i forhold til kappen og den nævnte 'hot spot'. Men da spredningszonen trods alt 'foretrækker' at ligge over en hot spot, medfører det et relativt ryk af spredningszonen mod øst. Man må derfor forvente, at den vulkanske aktivitet vil fortsætte i den neovulkanske zones østlige og nordlige del, det vil sige i områderne omkring Hekla og Krafla, og at jordskælvsaktiviteten langs de to transforme forkastninger, nemlig Tjörnes frakturzonen og Sydislands seismiske zone vil vedblive med at ryste Island.

SNORKLEN VÆK - DET ER FORBUDT !

Efter Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 383 af 17 juli 1984 om fredning af søterritoriet ud for Øleåens og Læsåens udmundinger på Bornholm er det efter 1. august 1984 **FORBUDT**, at opfiske kalkkonkretioner (kalkboller), at dykke med anvendelse af udstyr, herunder snorkeldykning, at sprænge på havbunden eller at indvinde råstoffer i et 300 meter bredt område ud for Øleåens og Læsåens udmundinger i Østersøen. Områdernes længder langs kysten er afgrænset af en båkerlinie (sømærker).

Formålet med fredningen er at bevare nogle kendte lokaliteter med forekomst af kalkkonkretioner med 'bornholmske diamanter'.

Eksemplar af bekendtgørelsen kan rekvireres ved henvendelse til Fredningsstyrelsens Informationsafdeling, 4. Kontor, Amaliegade 13, 1256 København K, tlf: 01-11 95 65

ke, at den nedforkastede blok hælder ind mod gravsænkningen. Det er en karakteristisk forkastningstype i forbindelse med spredning, og som betegnes synthetiske forkastning. Ser man nøjere efter vil man også opdage en mindre antithetisk forkastning, som forsætter den øverste kant af den nedgledne blok.

Figur 22. Artiklens forfatter stående på en af de mest besøgte geologiske lokaliteter i Verden. Da dette er det eneste sted på Jorden, hvor man kan se en oceanbunds spredningszone træde frem 'i dagen', valfarter alverdens geologer og geofysikere hertil. Islands gamle tingsted er beliggende tæt ved flagstangen (til højre, midt i billedet). Bemærk, hvordan blokken til højre er forsat ca. 40 meter og vippet ind mod gravsænkningen (sammenlign med fig. 4). Denne forkastningstype kaldes synthetisk og er netop karakteristisk for spredningssystemer. Foto: Gunver K. Pedersen.

Islands dannelse

Hvornår blev Island dannet ? Det er et ret specielt spørgsmål. Hvis man tilsvarende spurgte, hvornår blev Grønland dannet ? ville svaret være ret afvisende: 'Jamen Grønland har jo været der hele tiden - næsten - lige fra Jordens ældste

Figur 17. Små jordhøje med opsprækninger dannet i forbindelse med jordskælvene i den sydislandske seismiske zone. Den islandske geolog Jon Eiriksson peger hen mod den næste jordhøj på forkastningslinien. Foto: Stig Schack Pedersen.

udgangspunkt lige syd for Langjökull, hvor den danner den ene gren i et system hvor 3 grene mødes. De to andre grene udgøres dels af det øst - vest gående forkastningslineament, der forbinder den vestlige neovulkanske zone med zonens fortsættelse nordpå, og dels af et fraktur lineament med retning mod nordvest (se kortet, fig. 1). Denne frakturzone løber parallelt med Tjörnes frakturzonen og kan muligvis opfattes som en del af dette fraktursystem. Hen langs med lineamentet forekommer hyppig jordskælvsaktivitet (for et par år siden med styrke 6 på Richter skalaen), og et par enkelte unge vulkaner rejser deres keglekratere midt i sprækkezonen. Gråbrók er en af disse unge vulkaner (fig. 18).

Hvor de tre grene mødes forekommer en anden karakteristisk vulkantype, nemlig skjoldvulkanen. Den mest berømte er Skjaldbreidur (fig. 19), der er det geologiske typeeksempel på en skjoldvulkan.

Fra Skjaldbreidur og sydvestpå ligger Thingvellir Sletten i den neovulkanske zones gravsænkning. Talrige lavatunger spreder sig ud over sletten, hvilket man bedst får indtryk af fra luften (fig. 20). En anden spændende ting, man kan observere ved at flyve over Thingvellir Sletten, er den vestlige sprækkezones forløb (fig. 21). Man ser her tydeligt, hvordan sprækkezonen ved tingstedet (se fig. 22) forløber i et sideværts *en echelon* system parallelt med Sydislands seismiske zone. Står man og ser hen langs sprækkezonen (fig. 22), vil man bemær-

Figur 18. Den ca. 2000 år gamle vulkan Gråbrók set oppe fra kraterranden og ned langs dens størknede lavastrøm. I bunden af krateret fornemmer man de størknede bobler i den gamle lavagrød. Foto: Stig Schack Pedersen.

Figur 19. Skjoldvulkanen Skjaldbreidur lige syd for Langjökull. I forgrunden ses et hegn, som skal forhindre får fra Reykjavik-området i at sprede sygdomme til fårene i resten af Island. Foto: Stig Schack Pedersen.

Figur 20. Lavatunger der spreder sig ud over Thingvellir Sletten set fra luften. Den lysegrønne farve skyldes bevoksning af rensdyrlav, der er nøjsom nok til at vokse på uforvitrede lavablokke. Foto: Gunver K. Pedersen.

Figur 21. Thingvellir sprækkezonen, som udgør den vestlige side af Thingvellir gravsænkningen. Bemærk det 'til venstre hoppende' en echelon forløb af sprækkerne. Foto: Gunver K. Pedersen.