Bogen er skrevet i et let læseligt og uhøjtideligt sprog, og selv om den indeholder et væld af tekniske fagtermer, bliver de alle forklaret i teksten og vist på små illustrative figurer, når de bliver nævnt. Nederst på hver side i bogen er der endvidere en stiliseret geologisk lagsøjle, så man hele tiden kan holde sig orienteret om, hvornår de forskellige dyr levede i forhold til hinanden.

Derudover er der i mange af passagerne indflettet små lune bemærkninger og anekdoter, der gør teksten mere levende at læse. At der gøres så meget ud af at forklare de enkelte fagtermer, er en af bogens store styrker, og den bør nå ud til et langt bredere publikum, end videnskabelige bøger normalt gør.

For at teste bogens tilgængelighed for ikke-fagfolk, lod jeg en biologilærer fra folkeskolen give sin vurdering af bogens tilgængelighed. Hans vurdering var, at bogen nok var for svær til at bruge i folkeskolen, men at den med fordel ville kunne bruges fra gymnasiet og opefter.

Det eneste, jeg som fagmand har at udsætte på bogen, er at der ikke er nogen referenceliste til alle de oplysninger man får. Det ville øge dens værdi som videnskabeligt opslagsværk betydeligt. Bagest i bogen er der dog en fyldig liste over de fleste større udenlandske hovedværker om dinosaurer.

Det store spørgsmål er nu: lever bogen så op til, hvad den lovede i indledningen? Ja, det må den siges at gøre. Den repræsenterer for øjeblikket den mest opdaterede viden omkring dinosaurer, man kan få. Selv om den er skrevet som en lærebog med mange latinske navne og fagtermer, er den absolut tilgængelig for den dinosaur-interesserede lægmand. Og hvad så med børnene: Anmelderens egen erfaring er, at man aldrig skal undervurdere børns evne til at tilegne sig svære latinske dinosaurnavne, hvis de virkelig brænder for emnet.

Jesper Milàn

VARV

NR. 1 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 2004

WEGENERS KONTINENTALDRIFT OG PLADETEKTONIK

OLIEEFTERFORSKNING OG PILEKVISTMANDEN

KRYSTALLOGRAFIENS BEGYNDELSE

ISSN 0105 - 6301 20- 05- 2004

Forsidebillede: Foto af 'skriftgranit' hvor feldspatten mikroklin og kvarts er vokset samtidig. Den lyse mikroklin på foto er et udsnit af en krystal med indeslutninger af grå kvarts. Sidstnævnte 'nåede' kun at danne ufuldstændige krystalomrids, som med lidt fantasi minder om den babyloniske kileskrift. Heraf navnet skriftgranit. Det viste udsnit er næsten dobbelt så stort som originalen. BH.

Forfatternes adresser:

Harry Micheelsen, Geologisk Museum, Østervoldgade 3-5, 1350 Kbh. K

Uggi Engel:Pilevangsvej 35, 3300 Frederiksværk.

Øvrige forfattere: Geologisk Institut, Østervoldgade 10, 1350 Kbh. K

VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Institut, Øster Voldgade 10, 1350 Kbh. K.
Telefon: 35 32 24 00, Geologisk Institut.
E-Mail: SvendP@Geo.Geol.KU.DK

Redaktion: Asger Berthelsen, Knud Binzer, Bjørn Buchardt, Bjørn Hageskov, Henrik Fougt, Mikkel Hede, Arne Thorshøj Nielsen, Mikael Pedersen (webmaster) og Svend Pedersen (ansvarshav.)
Bestyrelse: Asger Berthelsen, Valdemar Poulsen, Bjørn Hageskov og Svend Pedersen.

Tekstredaktør: Svend Pedersen

Lay-out og grafik: Bjørn Hageskov

Repro og tryk: Dansk Erhvervstryk A/S

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 140 kr i abonnement for 2004. Abonnement kan tegnes ved at indsende beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80, eller 160 SEK til VARV's svenske postgirokonto: 4388-5, eller 160 NOK til V VARV's norske postgiro: 7877.08.15672.

På VARV's hjemmeside **www.varv.dk** er det bl.a. muligt at søge i VARV'S database, hvor referencer til alle artikler er lagt ind, ligesom der er et lille resume af artiklerne. Der er også oplysninger om priser på gamle numre, særnumre etc. som sammen med tegning af abonnement kan bestilles on-line.

Adresseændringer bedes meddelt VARV

© VARV eftertryk af tekst og billeder kan kun ske efter aftale.

ukendte kæmpedyr i 1677, læser man om Sir Richard Owen, der i 1842 oprettede gruppen Dinosauria og navngav en række af de mest kendte former som *Iguanodon*, og kapitlet slutter med de allernyeste revolutionerende fund af små fjerede rovdinosaurer fra Kina.

Dernæst følger et kapitel der giver en generel introduktion til dinosaurerne som dyregruppe, herunder anatomi, biologi o rekonstruktioner af den verden de levede i, og selvfølgelig en diskussion af det evigt tilbagevendende spørgsmål om, hvorvidt de var varmblodede eller koldblodede. I dag er der overvejende enighed blandt forskere om, at dinosaurerne var varmblodede, da alle træk i deres anatomi tyder på det. Den eneste måde at bevise det på, involverer dog en tidsmaskine og en frygtløs palæontolog med et stort termometer.

Efter disse to indledende kapitler bliver hver hovedgruppe af dinosaurer gennemgået gruppe for gruppe. De første kapitler omhandler gruppen af Ornitischier (fuglebækken), der opdeles i tre undergrupper, Thyreophora, de pansrede øgler hvorfra *Stegosaurus* er en af de mest kendte, Marginocephalia, ,kraveøglerne' som *Triceratops* og Ornithopoderne, hvor *Iguanodon* og hadrosaurene er de mest kendte. Den anden hovedgruppe er Saurischierne, (øglebækken), der omfatter prosauropoder, de gigantiske sauropoder, rovdinosaurer og fugle. Prosauropoderne er en gruppe, der traditionelt har været regnet som stamform for de rigtige sauropoder, men den nyeste forskning viser, at de faktisk er en selvstændig gruppe. Desuden er gruppen nok den gruppe af dinosaurer, der er blevet hyppigst overset i den populærvidenskabelige litteratur, da de hverken er specielt store eller har set særligt frygtindgydende ud. Sauropoderne var de største dyr, der nogensinde har gået på landjorden, hvor *Argentinosaurus*, hvis ryghvirvler alene var 135 centimeter i højden, og hvis lårben var 2,5 meter langt, var den absolut største med en anslået total længde på 35 meter og 7 meter over ryggen.

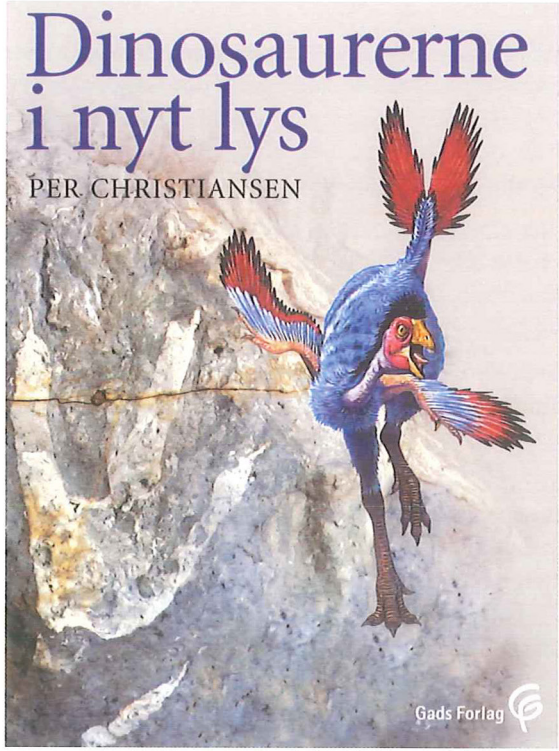
Mest spændende er dog de to kapitler om rovdinosaurer, da det er indenfor denne gruppe, at de nyeste og mest opsigtsvækkende fund er gjort. Eksempelvis er det nu ikke længere muligt at skelne klart mellem, hvad der er fugle i traditionel forstand, og hvad der er rovdinosaurer. I Kina er der således fundet en række små rovdinosaurer, (dromaeosaurer, oviraptorosaurer og troodonter), hvis skeletter ikke bare er utroligt fuglelignende, men hvis kroppe også var dækket af fjer, ligesom de havde lange faner af fjer på armene og halen. Enkelte former har måske endda været i stand til at flyve!.

Alle dinosaurgrupper der omtales i bogen, er illustreret både med minutiøst videnskabeligt korrekte skeletsilhuetter af den amerikansk palæontolog Gregory Paul og i flotte, meget farverige og livagtige rekonstruktioner fra den spanske palæo-illustrator Luis Rey.

ANMELDELSE:

Dinosaurerne i nyt lys,

Per Christiansen, 279 sider, Gads Forlag



'I stedet for store, sløve krybdyr skal man tænke på dem som overvejende små, aktive, ofte endda varmblodede, mere eller mindre fjerklædte dyr. Nogle af dem er faktisk forløbere for vore dages fugle. Denne opfattelse har da også helt overtaget videnskabens verden, men i mange populære fremstillinger trives det forældede billede fortsat. Bare ikke i denne bog!. Med den udkommer for første gang en dansksproget, videnskabeligt funderet bog, der viser dinosaurerne som videnskabsfolkene faktisk ser dem.' Per Christiansen - citat fra indledningen.

Bogens forside.

Indenfor de seneste år er der indenfor videnskaben sket en eksplosion i vores viden omkring dinosaurerne. En viden som kun langsomt er ved at sprede sig fra den videnskabelige litteratur og ud i populærlitteraturen.

Hidtil har der på det danske marked kun været meget populære uvidenskabelige bøger om dinosaurer, og da disse bøger er oversættelser af ældre engelske bøger, er den viden de repræsenterer ikke kun forældet, men i også i mange tilfælde direkte forkert. På baggrund af dette er der ingen tvivl om, at ‚Dinosaurerne i nyt lys' udfylder et hul i den danske dinosaurlitteratur.

Bogen begynder med en historisk gennemgang af dinosaurforskningens historie, med gode beskrivelser af alle de vigtigste fund og personer gennem tiden. I forlængelse af de første spæde notitser om underlige store knogler fra

WEGENERS KONTINENTALDRIFTTEORI

– ET TILBAGEBLIK

PLADETEKTONIK FORUDSET ALLEREDE I 1950ERNES KØBENHAVN

Henning Sørensen

En kronik i Politiken den 19 december 2003 af hollænderen Arthur Rörsch inddrog kontinentaldriften i den løbende debat om miljøskribenten Bjørn Lomborgs troværdighed. Rörsch mener, at en del af kritikken af Lomborg skyldes anerkendte forskeres modvilje mod Lomborgs ukonventionelle synspunkter. Rörsch drog paralleller til opdagelsen af kontinentaldriften, som han mente var blevet bremset i 40 år, fordi den veletablerede videnskabelige cirkel, som var styret af nogle få forskeres autoritet, ikke var villig til at diskutere den videnskabelige holdbarhed af nye ideer fra en outsider'.

Min korrektion af denne fejlagtige fremstilling af en videnskabshistorisk velkendt sag blev trykt den 1 januar 2004. Alfred Wegener, som sagen handler om, var nok meteorolog af uddannelse, men fagfolkene på området, fastjordgeofysikere og geologer, tiede ham ikke ihjel af den grund. Hans hypotese om kontinentaldriften var genstand for skarp kritik, men blev også diskuteret livligt i lærebøger, afhandlinger og på talrige møder og konferencer. At det tog mere end 50 år at nå frem til en alment accepteret forklaring på kontinentaldriften skyldtes således ikke undertrykkelse af ideerne, men at det var en langvarig og ressourcekrævende opgave at tilvejebringe den viden om jordklodens opbygning, som gjorde det muligt at forklare, hvordan tingene hænger sammen.

Rörsch's kronik bragte den gennem mange årtier løbende diskussion af kontinentaldriften frem i min erindring. Jeg tænkte specielt på et debatmøde om Wegeners hypotese afholdt i begyndelsen af 1950erne, ifølge min hukommelse i 1953 i foreningen Naturhistoriske Onsdags Aftener (NOA), hvilket jeg dog ikke har været i stand til at verificere. NOA's arkiv og min dagbog for den pågældende periode er desværre begge gået tabt. Jeg deltog i diskussionen med argumenter imod Wegener.

KONTINENTALDRIFTHYPOTESENS STATUS I 1950ERNE

Wegener fremsatte sin hypotese i 1912 og var, ligesom Francis Bacon i 1620, E. Forbes i 1846, A. Snider-Pellegrini i 1858 og F. B. Taylor i 1908, inspireret af den store lighed mellem kystlinierne af Nord- og Sydamerika på den ene side af Atlanterhavet og Europa og Afrika på den anden side. De passede næsten

sammen som var det et puslespil. Wegener kunne ved hjælp af astronomisk stedbestemmelse sandsynliggøre at Grønland rent faktisk bevæger sig væk fra Europa. Desuden tydede udbredelsen af dyr og planter i aflejringer fra tidligere jordperioder på begge sider af Atlanterhavet på, at der har været geografisk forbindelse mellem disse landområder. Geologiske strukturer, som f.eks. bjergkæder i Nordamerika, kunne stykkes sammen med bjergkæder i Grønland og Nordeuropa på en sådan måde, at man måtte slutte, at de engang har været sammenhængende bjergkæder. Endelig kunne den geografiske placering af aflejringer fra en ca. 300 millioner år gammel nedisning i Brasilien, Afrika, Indien og Australien bedst forklares, hvis disse landområder lå tæt sammen, dengang nedisningen fandt sted.

Der var således stærke argumenter for at kontinenterne tidligere var samlet i et superkontinent, Pangea, som i Mesozoisk og Tertiær tid blev splittet op i de kontinenter, vi har i dag. Kontinentaldrifthypotesen har derfor gennem alle årene været kraftigt støttet af palæontologer, blandt dem professor i palæontologi ved Københavns Universitet Chr. Poulsen (1896-1975), af biologer og af mange geologer.

Alfred Wegener (1880-1930) om bord på Grønlandsskibet S/S Godthåb i 1920. Han deltog i tre Grønlandsekspeditioner og omkom på den sidste af disse. (Arktisk Institut).

Våd kemisk analyse er den klassiske metode til at bestemme et minerals kemiske sammensætning. Den er baseret på, at mineralet opløses enten efter smeltning med soda eller med syre, hvorefter mængden af de enkelte grundstoffer i opløsningen bestemmes.

Polarisationsmikroskopi sker med et specielt mikroskop, hvor mineralet ses med gennemfaldende polariseret lys, hvorved krystallens retningsafhængige, optiske egenskaber kan bestemmes.

Rumgrupper: På atomar målestok finder man nok de samme symmetriegenskaber som i de 32 krystalklasser, men også nogle, hvor en spejling eller en drejning er ledsaget af en forskydning på +/- 1/2, 1/3, 1/4 eller 1/6 af rumgitterets gitterkonstant. Alle disse egenskaber kan kombineres med de 14 rumgitre på i alt 230 måder, kaldet de 230 rumgrupper, som styrer hvordan hvert atom gentages i enhedscellen.

Røntgendiffraktion: Røntgenstråler afbøjes lovmæssigt af elektronerne i en krystal, hvad der kan benyttes til at bestemme ikke blot mineralets gitterkonstanter og dets rumgruppe, men også positionen af hvert atom i enhedscellen. Desuden anvendes diffraktionsmøsteret som 'fingeraftryk' ved identifikation af mineralet.

Elektronmikrosonden er et faststof-analyseapparat, hvor en fint fokuseret elektronstråle rammer mineralet og derved frembringer røntgenstråling, som måles, hvad der giver os mineralets grundstofsammensætning, bortset fra de fire-fem letteste grundstoffer.

4-dimensionale symmetrigrupper: Nok beskriver rumgruppen krystallens symmetri i tre dimensioner, men elektronerne roterer og kan give atomerne en retningsegenskab (et spin), så der kan fremkomme symmetri og antisymmetri, hvad der er afgørende for de magnetiske egenskaber. For at beskrive dette må vi tilføje en slags fjerde dimension, hvorved der fremkommer 4895 'Fedorovgrupper'. Disse er forlængst i brug i krystalfysiken, men endnu ikke i mineralogien.

Nyttige referencer

Dana, J.D. and E.S. Dana (1951): The System of Mineralogy. J.Wiley and sons, Inc.

DeLisles, Romé (1783): 'Cristallographie ou Descriptions des formes propres à tous les corps du régne mineral, dans l'état de Combinaison saline, pierreuse ou métallique. Avec fig. et tabl. synopt. de tous les cristaux connus 2e éd. Paris '.

Groth, P. (1926): Entwicklungsgeschichte der Mineralogischen Wissenschaften, 2.udg.1970, Springer-Verlag, ISBN 3 500 21860 1.

Johnsen, O. (2000): Mineralernes Verden, Gads Forlag.

Vainshtein, B.K.(1981): Modern Crystallography I. Springer-Verlag.

så tosset da han afbildede diamant både som afledt af tetradret i I-33 i figur 3 og som afledt af oktaedret III i figur 2.

Som bekendt er det svært at spå om fremtiden, men antager vi, at der kommer ca. 1% nye mineraler om året i 221 år, så er 1.01^{221} ca. 9, hvorved vor tids ca. 3.800 mineraler skulle blive til ca. 35.000 i år 2225, medens Romé DeLisle kun skulle have haft 400 - 500 mineraler. Umiddelbart lyder dette vildt, men måske er det for beskedent, hvis man betænker, at den gigantiske faglige ekspansion der er sket i det krystallografiske naboområde omkring halvledere, kan brede sig til mineralogien.

Jeg må derfor konkludere, at der ikke er mere grund til at ynke Romé DeLisle, end der er til at ynke vor tids forskere, for jeg tror, at den der har navngivet faget, bevist dets grundlov og opstillet den første (ubrugelige) systematik stadig vil blive husket i år 2225.

Forklaringer

Krystal: Før 1773: Det vandklare mineral kvarts. Efter 1773: Legemer, der er vokset med plane flader. Efter 1912: Alle stoffer, der har en atomar struktur, der som helt ens celler gentages regelmæssigt som et tredimensionalt gitterværk, kaldet et rumgitter. Cellens længder og vinkler kaldes gitterkonstanterne. Der findes 14 forskellige slags rumgitre.

Krystalmorfologi: Læren om krystallers ydre former, den ældste del af krystallografien. Symmetri i krystalmorfologien: Egenskaber, der gentager en del af en krystals ydre enten som et spejlbillede eller helt identisk efter en drejning, f. eks. efter en halv omdrejning.

Krystalklasser: De morfologiske symmetriegenskaber kan kombineres på 32 forskellige måder, og krystallerne inddeles i klasser, der svarer til hver af disse måder.

Krystalsystemerne er 6 eller 7 samlekasser for krystalklasser, der har ens forhold mellem gitterkonstanterne. Det er gerne meget lettere at bestemme et minerals krystalsystem end dets krystalklasse.

Krystalform betegner en mængde af ens flader, frembragt af alle krystallens symmetriegenskaber. Der er oftest flere krystalformer på en krystal.

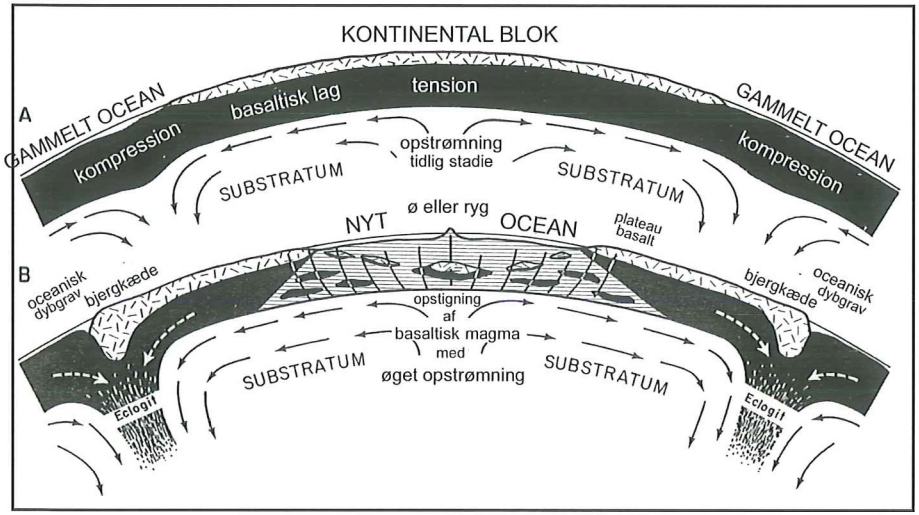
Tvillingekrystal: Flere ens krystaller, der er vokset sammen, som om de var styret af en symmetriegenskab, der ikke findes i den enkelte krystal. Efter forløbet af grænsefladen skelner man mellem kontakt-tvillinger og gennemvoksnings-tvilllinger.

Men Wegener kom i strid modvind, fordi man ikke kunne acceptere hans ideer om årsagerne til kontinentdriften. Han mente at kontinenterne, som bestod af **sial** (en betegnelse afledt af **si**licium og **al**uminium for at angive at det er lette bjergarter som f.eks. granit), på lignende måde som isbjerge flød i et tungere underlag **sima** (afledt af **si**licium og **ma**gnesium, betegnelse for tungere bjergarter som f.eks. basalt). Man vidste dengang, at kontinenterne øverst består af sedimenter og granit, dybere nede af mere basiske bjergarter som basalt, og at jordskorpen under oceanbunden sandsynligvis består af basalt. Hvorvidt granitlaget dækker hele eller dele af oceanbundsskorpens basalt vidste man ikke, da Wegener fremsatte sin teori, ej heller da det ovennævnte møde blev afholdt i 1953.

Christian Poulsen (1896-1975), professor i historisk geologi og palæontologi ved Københavns Universitet, på vej hjem fra Grønland i 1946 med S/S Godthåb.

Bevægelsen af kontinenterne tilskrev Wegener to kræfter, polflugt og vestdrift. Den førstnævnte er den tiltrækning jordklodens udbuling ved ækvator udøver på kontinenterne. Vestdriften skyldes solens og månens tiltrækning af de opragende lette kontinenter, som bremser disse under jordklodens rotation fra vest til øst, hvilket viser sig som en bevægelse mod vest. Begge kræfter er reelle nok, men de er alt for svage til at bevæge kontinenterne. Desuden er basaltunderlaget så stift, at det er vanskeligt at forestille sig at kontinenternes granit kan 'pløje sig vej gennem det'.

Man stod således i 1912, såvel som i 1950erne, med gode geologiske argumenter for kontinentaldrift, men man kendte ingen fysiske kræfter, der kunne flytte rundt med kontinenterne på den måde, som Wegener foreslog. Nogle, bl.a. Chr. Poulsen, fastholdt teorien og sagde, at noget skulle nok vise sig, som på et eller andet tids-punkt kunne give en tilfredsstillende løsning på dilemmaet. Andre søgte at forklare forholdene på anden vis. Det blev f.eks. foreslået at kontinenternes plads på Jorden var permanent og at mellemlig-gende landmasser var sunket ned, der hvor havene nu er. Andre igen mente, at kontinenterne havde været forbundet med hinanden af 'landbroer', der muliggjorde dyrs og planters spredning, men som senere var sunket i havet.



Hypotetisk forslag til hvordan kontinentbevægelsen kan foregå. Under jordskorpen (sort) foregår konvektionsstrømme i kappen. (A) viser et tidligt stadium af en konvektionscyklus, (B) et senere stadium, hvor et kontinent er brudt op og de to sider bevæger sig væk fra hinanden under dannelse af ny oceanbund. Hvor konvektionsstrømme møder hinanden bukkes skorpens basaltlag ned og på overfladen dannes bjergkæder. Den nedbukkede basalt omdannes til bjergarten eclogit på grund af det høje tryk nede i Jorden. Bemærk at der nede i den nye oceanbund findes brudstykker af basaltskorpe med rester af overlejrende granitisk skorpe (efter Arthur Holmes, 1944).

Det blev også foreslået, at kontinentbevægelserne kunne hænge sammen med at jordkloden skrumper eller at den udvider sig. Ingen af disse forklaringer holdt ret lang tid, hvor var f.eks. havenes vand, dengang oceanernes plads var optaget af landmasser?

Kontinentaldrifthypotesen i de geologiske lærebøger

At Wegener ikke blev tiet ihjel fremgår tydeligt af den fyldige omtale af kontinenternes bevægelse i de geologiske lærebøger. To eksempler vil vise det.

Da jeg begyndte at studere i 1944, var lærebogen Wilhelm Ramsays fremragende tobindsværk **Geologiens Grunder**, der først udkom i 1909, jeg havde tredje oplag fra 1931. At man i 1944 kunne bruge en så gammel lærebog skyldtes dels krigen, dels at faget dengang udviklede sig meget langsomt. Ramsay giver en grundig gennemgang af Wegeners hypotese. Det konkluderes, at 'de fakta, som stå i samband med kontinentalförskjutningsteorierna, har under de senaste åren upprullat för geologien en mängd nya problem, som nu uppegga

Kemien var nemlig i sin vorden, og de fleste grundstoffer var endnu ikke kendt. For eksempel blev kalium først opdaget i 1807 og aluminium i 1825. Selvom Lavoisier havde påvist oxygen i 1772, så diskuterer Romé DeLisle hele kemien ud fra den forældede flogiston teori, som lader forbrænding skyldes, at det upåviselige 'flogiston' forlader det brændende stof.

Så selvom det var Romé DeLisle's tanke at bestemme mineralerne ud fra vinkelmålinger, måtte han for at bestemme de autentiske vinkler benytte navnene i mineralsamlinger, hvad der let kunne give fejl.

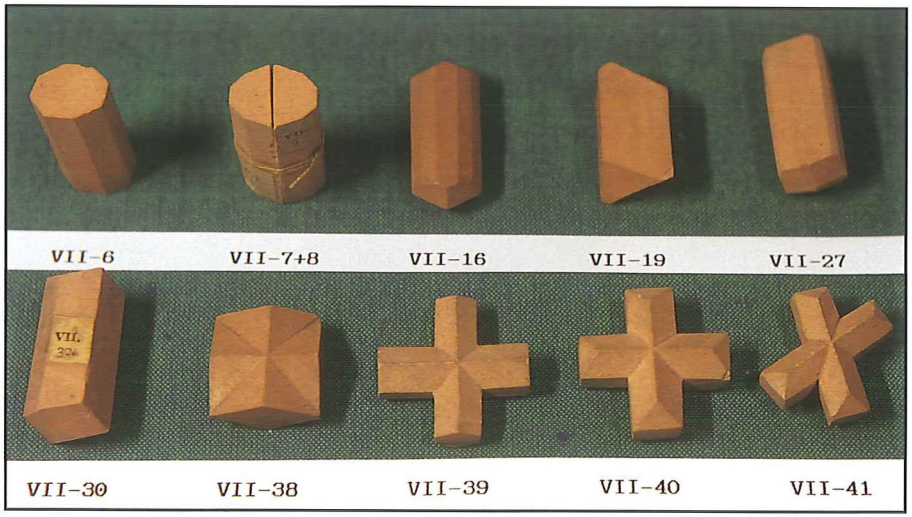
Referencesamlinger var netop ved at blive opbygget ved de første bjergakademier. Disse startede i 1767 i Freiberg i Sachsen, i 1770 i Schemnitz i Ungarn, i 1773 i Sankt Petersborg, i 1775 i Clausthal i Harzen, men først i 1783 i Paris.

4) Manglende slid

Romé DeLisle's gamle krystalmodeller er forbavsende lidt slidt, og nok er de hårde, men også skøre. Jeg gætter på, at det meget begrænsede slid skyldes deres ringe anvendelighed, som må have været årsag til at Haüy's nu udslidte modelsamling blev anskaffet kun 3 år senere. Men hvorfor er de fleste af modellerne så væk? Kunne de ikke bare have ligget ubrugt siden år 1800? En mulig forklaring er at en del, der ikke var altfor mærkelige, kortvarigt blev taget i brug under den store ekspansion af undervisningen omkring 1960, og at knækkede modeller er blevet smidt ud (ingen vidste, at de var klenodier), kun overleverne endte i skuffen med rester.

Konklusion

Overfor et materiale som dette, får man let den form for storhedsvanvid, hvor man med en tilfreds gniden sig i hænderne ynker forfædrene; men pas på: for hvordan ser vort arbejde og vore metoder ud om 221 år! Endnu for 100 år siden var mineralogien domineret af vinkelmåling - i Romé DeLisles ånd - og våd kemisk analyse. For 70 år siden lå vægten på polarisationsmikroskopi. I dag er vort fag domineret af røntgendiffraktion og grundstofanalyse med elektronmikrosonde, men for eksempel er forståelsen af mineralernes elektromagnetiske egenskaber endnu i sin vorden og kræver at Schoenflies's og Fedorow's 230 3-dimensionale rumgrupper fra 1891 udvides med et par tusind 4-dimensionale grupper som omtalt af B. K.Vainshtein i 1981. Hårdhed er eksperimentelt usikkert og aldrig forstået; vægtfyldebestemmelse, som er afgørende for mineralets formel, er i dag noget af det mest usikre, vi kan foretage os; lysbrydningsindex kan måles men næppe beregnes; selv for et så velundersøgt mineral som diamant er der tvivl om krystalklassen, måske var Romé DeLisle slet ikke



Figur 7. Geologisk Museums modeller fra Romé DeLisle's gruppe VII, baseret på kombinationer af oktaeder og parallelepipedum.

2) Mineralnavne

Nogle af mineralnavnene hos Romé DeLisle er næppe til at genkende. For eksempel dækker hans 'schorl' ikke kun vor tids sorte turmalin, men også andre sorte, blanke, hårde mineraler som hornblende og augit. Mineralnavnene var på Romé DeLisle's tid ligesom i dag dels de fra bjergværkerne arvede, dels navne som mineralets beskriver har fundet på, gerne efter særlige egenskaber, efter findestedet eller efter en kendt person. Navnene oversatte man frejdigt til sit eget sprog, og ældre mineralhåndbøger som Dana (1951) opregner mængder af forældede navne. En væsentlig forskel er, at der er sket en stor frasortering af overflødige navne, først foretaget af forfatterne til store samleværker, og siden 1960 foretaget af The International Mineral Associations Commision for New Minerals and Mineral Names, som efter puristiske, krystalkemiske kriterier har bortluget mange gode gamle navne.

3) Beskrivelse og identifikation

Et særligt problem er vanskeligheden ved at finde ud af hvilke mineraler, der er afbildet. Tekstens beskrivelser af mineralerne henviser nok til afbildningerne, men mineralbestemmelsen er ret usikker undtagen for ædelsten og for velkendte malme. Som redskaber til bestemmelsen havde Romé DeLisle kun lokalitetsangivelsen, håndstykkebeskrivelsen - især farven, som vi jo ikke stoler på, vægtfyldemåling og enkelte kemiske reaktioner som f. eks.: bruser svagt med syre.

forskarens fantasi men tills vidare ej lätit avslöja sina innersta orsaker'. Med andre ord, det konstateredes at man ikke kendte årsagerne, men trods dette udtaltes en afventende positiv holdning til kontinentaldrifthypotesen.

Ramsays lærebog blev afløst af den ikke mindre fremragende **Principles of Physical Geology** af Arthur Holmes, hvis første udgave udkom i 1944. Den giver også en meget grundig gennemgang af kontinentaldriften og forsøger endda at give en forklaring på, hvordan kontinentbevægelsen foregår.

Holmes havde i 1929 påpeget at den varmeudvikling, som ledsager nedbrydningen af jordklodens indhold af radioaktive grundstoffer, vil opvarme bjergarterne og vil kunne sætte subkrustale (dvs. under skorpen) konvektionsstrømme i gang.

Anton Frederik Bruun (1901-1961), dansk havbiolog. Deltog i Dana-ekspeditionen 1928-30 og ledede Atlantide-ekspeditionen 1945-46 og Galathea-ekspeditionen rundt om Jorden 1951-52. Var den første præsident forUNESCO's Internationale Oceanografiske Kommission.

Når sådanne strømme bevæger sig horisontalt under et kontinent vil de 'uundgåeligt føre kontinentet med sig, forudsat at den enorme frontale modstand kan overvindes. Det der står i vejen er basaltlaget. For at bevægelsen kan fortsætte, må basaltlaget skaffes kontinuert af vejen. Dette kan kun ske ved at det synker indad; der er simpelthen ikke andre steder at forsvinde hen. Det sker, hvor modsatrettede strømme mødes og drejes nedad' (frit oversat fra engelsk). Holmes forestillede sig altså, at det er strømme under skorpens basaltlag, som er transportmekanismen, og at der dannes oceanbund i det mellemrum, som opstår mellem de fra hinanden glidende kontinentdele. Som det fremgår af figuren, var den daværende viden om oceanbundens opbygning stadig meget fragmentarisk. Han har f.eks. indtegnet løsrevne partier af kontinentskorpe i skorpen under oceanet og har ikke medtaget midtoceanryggene. Den Midtatlantiske Ryg var kendt siden 1855. Der er også noget mystik over det nævnte sammenstød mellem kontinent og basaltlag, men det er et forsøg på at forklare mekanismen, som driver kontinentdriften, og det viser at en højt respekteret forsker tog Wegeners hypotese alvorligt.

Mødet i 1953

Som allerede nævnt argumenterede jeg mod Wegeners forslag til mekanismer, som kunne flytte rundt med kontinenterne. Det var både en let og en vanskelig opgave, let fordi de af Wegener foreslåede kræfter uden for enhver tvivl var helt utilstrækkelige. Vanskelig, fordi de af Chr. Poulsen og andre fremførte argumenter til støtte for kontinentaldriften var meget overbevisende. Men på det foreliggende grundlag var der ingen anden mulighed end at konkludere, at den af Wegener foreslåede model for kontinentaldrift var en fysisk umulighed.

Som altid, når kontinentaldriften var på programmet, fulgte en meget livlig diskussion. Ét indlæg står meget tydeligt i min erindring. Havforskeren Anthon F. Bruun, der blandt andet havde ledet Galatheaekspeditionen 1950-1952, og som nød stor international anerkendelse, sagde at 'han godt kunne forstå at det var en fysisk umulighed at kontinenterne drev rundt i **sima**-laget på Wegeners facon. Men kunne det ikke være sådan at kontinenterne sidder på en ydre skal og at bevægelsen foregår under denne skal'. Jeg måtte erkende, at dette var en elegant løsning på problemet, men at jeg ikke kendte til sådanne processer, bl.a. fordi man dengang ikke vidste, hvordan oceanskorpen er opbygget. Så vidt jeg husker, henviste jeg ikke til den ovenfor nævnte konvektionsstrøms-model beskrevet i Holmes's lærebog, nok fordi jeg fandt at modellen var for spekulativ set i lys af den eksisterende viden om jordklodens opbygning.

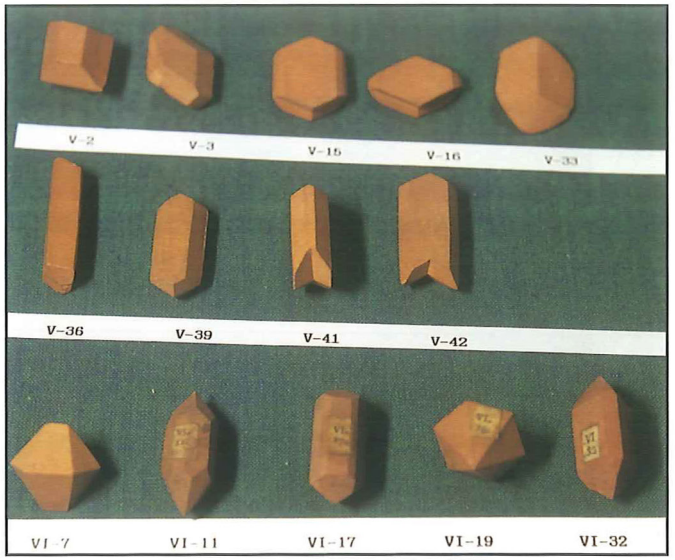
Nu bagefter står det klart at Anton F. Bruun på det nævnte møde fremkom med en pladetektonisk forklaring på kontinentaldriften og dermed forvar-slede denne universelle hypotese mange år før pladetektonikkens gennembrud i 1967/68.

Jeg ærgrer mig den dag i dag over, at min viden og fantasi ikke rakte til at spinde videre på Bruuns forslag. Jeg har senere spurgt mig selv, om jeg burde have vidst bedre. Fandtes der dengang viden som kunne støtte Bruuns forklaring på kontinentaldriften? Det vil jeg se på i de følgende afsnit.

Hvad vidste man i 1953?

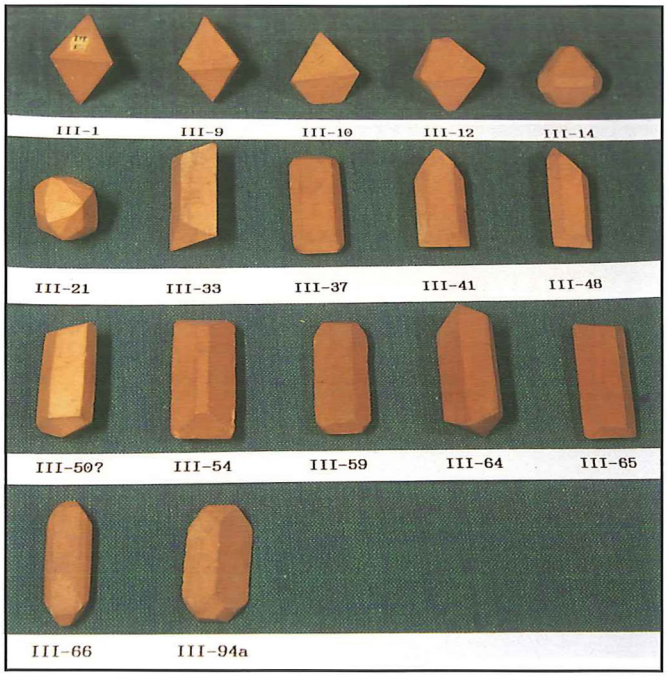
Man vidste meget lidt. Som allerede nævnt mente Arthur Holmes at konvektions-strømninger under jordskorpen eventuelt kunne spille en rolle i kontinent-bevægelsen. Jeg er ikke bekendt med, at dette blev sat i relation til det lavhastighedslag for P-jordskælvsbølger, som B. Gutenberg i 1926 og i 1939 sammen med C.F. Richter påviste i en dybde af 100 kilometer.

E. Argand i 1922 og R. Staub i 1924 forklarede de Alpine bjergkæders dannelse som et resultat af kontinentaldrift. Det sydlige Gondwana kontinent var blevet skudt ind over Eurasia, det nordlige kontinent, et vidnesbyrd om at landmasser kunne transporteres næsten horisontalt over meget stor afstande. En af de kraftigste fortalere for kontinentaldrift var sydafrikaneren A. Du Toit, som samlede

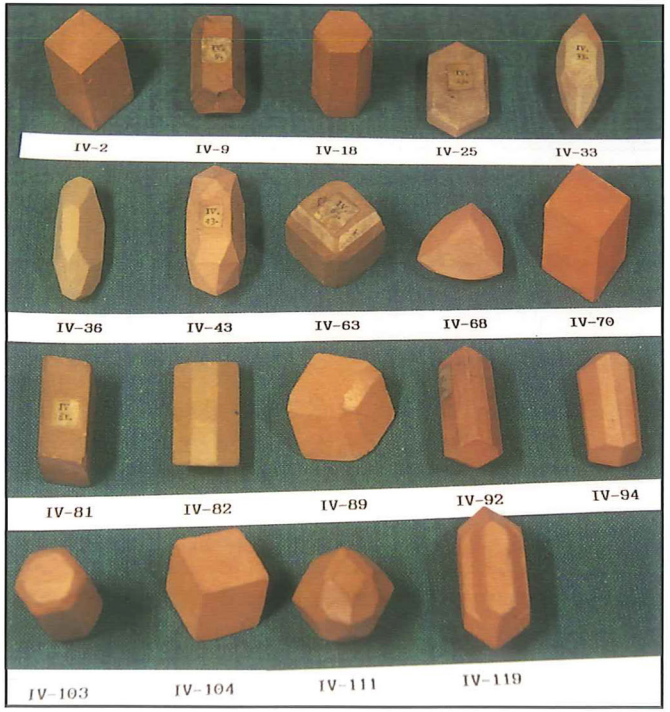


Figur 6. Geologisk Museums modeller fra Romé DeLisle's gruppe V, baseret på den orthorhombiske bipyramide, og fra gruppe VI, baseret på den hexagonale bipyramide.

Romé DeLisle benyttede flere slags modifikationer af grundformerne. For eksempel vil vi betegne III-9, III-10 og III-12 i figur 4 som fortrukne udgaver af oktaedret III-1. I figur 3 er I-35 en tvilling af tetraedre, mens I-36 er en flad spineltvilling af oktaedre. I I-25 er tetraedret blevet til et hexakistetraeder (sammenlign med O.J. side 29, figur 30c). Vort trigonale rhomboeder ses i figur 5 som IV-104, hvor ændringen til IV-89 blev betegnet som afskæring af kanter med seks sekskantede flader, hvor vi vil sige en kombination af et positivt og et negativt rhomboeder (O.J. side 38, figur 47 a & b). I figur 5 ser vi IV-18, som vi kalder et hexagonalt prisme med pinakoid; men man må gennem Romé DeLisle's tavler for at se, hvordan han til calcits rhomboeder først tilføjer et hexagonalt prisme i IV-9, derpå skifter til turmalinkrystaller uden at skelne mellem rhomboeder og to trigonale enkeltpyramider (O.J. side 294, figur 444) for så at komme til det hexagonale prisme med pinakoid IV-18 i smaragd (sammenlign med rød beryl i O.J. side 291, figur 439). Krumme flader ser vi i figur 6 som V-33, der forestiller gips (sammenlign med diamant i O.J. side 91, figur 122). En af gipsens tvillinger ses som V-42 i figur 6 (sammenlign O.J. side 216, figur 309). I figur 6 skal VI-19 forestille kvarts, men viser den hexagonale bipyramide, medens kvartsmodellen i VI-32 (begge med de originale numre) viser den trigonale bipyramide, svarende til at begge er tvillinger uden at dette anføres (sammenlign O.J. side 356, figur 544 og figur 545). I figur 7 viser VII-7+8 en sammenbundet tvilling af urea, mens de tre staurolittvillinger VII-39 til VII-41 end ikke omtales som tvillinger.



Figur 4. Geologisk Museums modeller fra Romé DeLisle's gruppe III, baseret på det kubiske oktaeder.



Figur 5. Geologisk Museums modeller fra Romé DeLisle's gruppe VI, baseret på det trigonale rhomboeder.

mange geologiske argumenter til støtte for kontinentaldriften. I 1937 foreslog han f.eks. at de østafrikanske riftdale var de første stadier i opsprækningen af et kontinent.

H.H. Hess beskrev i 1946 rækker af fladtoppede vulkanbjerge (betegnet guyot) på den dybe havbund. De fandtes på stedse større havdybde, jo længere de lå fra midtoceanryggene. Deres flade toppe viste, at de var blevet bølgeeroderet, altså at de engang måtte have ligget på lavt vand. Hess forklarede dette med at de var dannet som vulkanøer nær ryggene og var blevet transporteret væk fra disse for at ende ude på den dybe havbund. Dette kunne sættes i forbindelse med at oceanbunden bevægede sig væk fra ryggene.

H. Benioff viste i 1949 at centrene for de dybe jordskælv, som er knyttet til områder med dybhavsgrave rundt om Stillehavet, ligger på planer, der hælder ca. 45° ind under de tilstødende kontinenter. Han satte dette i forbindelse med at oceanskorpen her bøjes nedad. I 1954 drog Benioff den konklusion at de nævnte planer med jordskælvscentre er steder, hvor oceanskorpe skydes ind under kontinenterne (dette blev senere kaldt Benioff-zoner). Det måtte betyde at der er en kontinuert bevægelse af oceanskorpe mod disse steder, hvis trækket nedad, som er årsag til dannelsen af dybhavsgravene, skal opretholdes. Her er antydet noget, som ligner pladebevægelse, men tiden var endnu ikke moden til at drage den konklusion.

Hvad vidste man ikke i 1953?

Næsten alle de opdagelser og gennembrud i forståelsen af jordklodens processer, som førte frem til pladetektonikken, skete i løbet af 1950erne og især i 1960erne. Af stor vigtighed var meget omfattende undersøgelser af oceanbundens forhold ansporet af samarbejdet i det Internationale Geofysiske År 1957-1958. Oceanbundens topografi blev kortlagt og oceanskorpen blev opmålt med bl.a. gravimetriske, magnetiske og seismiske metoder. De vigtigste trin på vejen mod pladetektonikken nævnes efterfølgende i nogenlunde kronologisk orden:

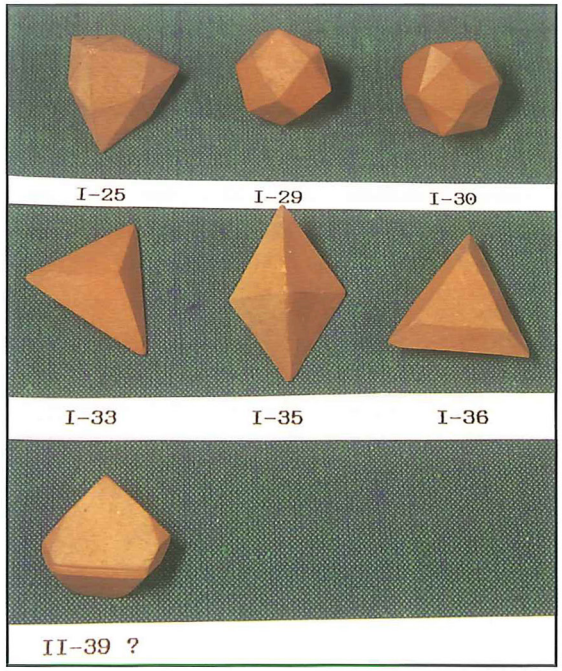
- Den dansk seismolog Inge Lehmann viste i 1953 og 1964 at P-jordskælvsbølgers hastighed aftager eller er konstant 140-220 km under jordoverfladen i det såkaldte **bløde lag,** som er en del af asthenosfæren. Inge Lehmann var internationalt berømt, mindre kendt i Danmark, hvor hun aldrig fik den anerkendelse hendes forskning fortjente, sandsynligvis fordi hun var kvinde. B. Gutenberg i 1959 og I. Lehmann i 1961 viste, at der er et lavhastighedslag for S-bølger øverst i asthenosfæren. Dette kan forklares ved at kappebjergarterne i disse dybder er delvis smeltede, hvilket støtter antagelsen af, at det er i asthenosfæren at konvektionen finder sted.

- 1956. E. Irving og S.K. Runcorn viste uafhængigt af hinanden ved hjælp af palæomagnetiske målinger på bjergarter fra de forskellige kontinenter, at der igennem tiden er sket et skift i retningen til den magnetiske nordpol. Bjergarter dannet på samme tid i forskellige kontinenter viser forskellige polretninger. Den umiddelbare forklaring på dette er, at kontinenterne har bevæget sig i forhold til hinanden, en opdagelse der pustede nyt liv i diskussionen af kontinentaldriften.

- J.-P. Rothé gjorde i 1954 rede for, at oceanryggene udgør et markant seismisk bælte og i 1956 viste M. Ewing og B. Heezen, at der er en central riftdal i den Midtatlantiske Ryg og i store dele af det 60.000 km lange globale system af oceanrygge. Ryggenes jordskælvsaktivitet er koncentreret i denne dal. I riftdalen synker havbund ned, når ryggens sider bevæger sig væk fra hinanden, dvs. at oceanbunden udvides, måske fordi, som foreslået af L. Egyed i 1956, jordkloden udvider sig. Ewing og Heezen tænkte sig at Aden Golfen var åbnet op i løbet af de seneste 25 millioner år og markerer den begyndende opsprækning af et kontinent. I 1958 sammenlignede B. Heezen og M. Thorpe den centrale dal i den Midtatlantiske Ryg med Det Røde Hav og de østafrikanske riftdale og viste, at der er tale om samme typer af processer, dvs. opsprækning som fører til dannelse af ny oceanbund.

Inge Lehmann (1888-1993), dansk seismolog som blev internationalt berømt for opdagelsen i 1936 af Jordens indre kerne. En seismisk skillelinie i 200 km's dybde kaldes Lehmann diskontinuiteten.

- 1961 og 1962. R. S. Dietz og H. H. Hess introducerede begrebet havbundsspredning, dvs.at konvektionsstrømme i Jordens kappe stiger op i midtoceanryggene og bevæger sig derfra horisontalt ud til siden og bøjes ned, hvor de møder modsatrettede strømme. Kontinenterne transporteres passivt af kappematerialet. Ny oceanskorpe dannes i oceanryggene, den består ifølge Hess af serpentiniseret peridotit, dvs. en bjergart



Figur 3. Geologisk Museums modeller fra Romé DeLisle's gruppe I, baseret på tetraedret og fra gruppe II, baseret på terningen.

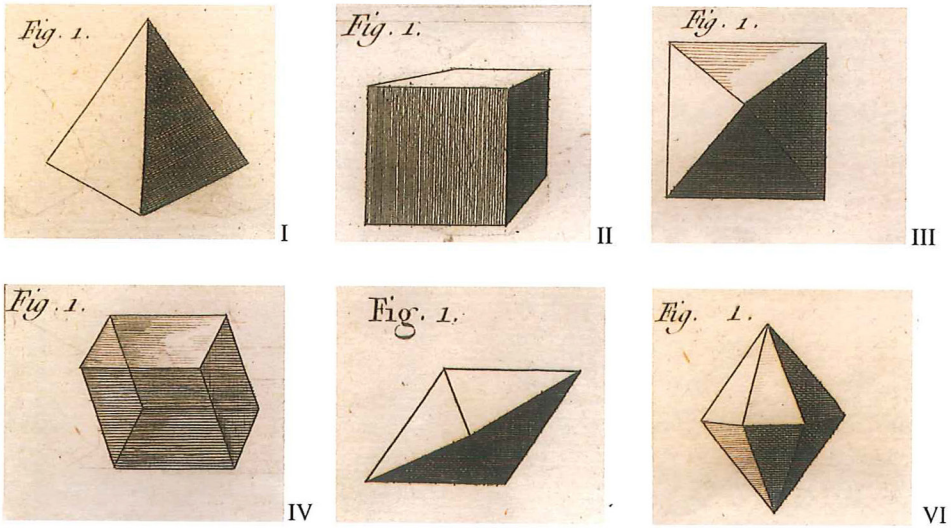
V Det rhomboidale oktaeder, dvs. et legeme med 8 flader med rhombeformet grundrids, f. eks. den orthorhombiske bipyramide og dens modifikationer, figur 6 (O.J. side 210, figur 301).

VI Dodekaedret med trekantede flader, dvs. vor hexagonale bipyramide og dens modifikationer, også figur 6 (O.J. side 36, figur 43 a & b).

Hertil kom

VII Diverse modifikationer af kombinationer af oktaeder og parallelepipedum, en opsamlingskasse forårsaget af at klassifikationen ikke er stringent. Heri befinder sig bl.a. staurolits korstvillinger uden angivelse af, at det skulle være tvillinger, figur 7 (O.J. side 267, figur 399).

Hos Romé DeLisle er der indeholdt i beskrivelsen af den enkelte krystal, hvor mange flader krystallen har af hver slags: trekantede, firkantede, smalle rektangler, femkantede, sekskantede, og så videre. Grundformerne optræder næsten som vore krystalformer, dvs. som mængder af flader; men begrebet 'krystalform' bruges ikke. Beskrivelserne er simple, men vanskelige at bruge, for man skal nok have haft krystallerne i hånden i samme rækkefølge som Romé DeLisle for at kunne komme til samme resultat.



Figur 2. Romé DeLisle's 6 grundformer. I tetraeder, II terning, III det retvinklede - dvs. kubiske- oktaeder, IV det rhomboidale parallelepipedum, dvs. vort trigonale rhomboeder, V det rhomboidale oktaeder, dvs.vor orthorhombiske bipyramide, VI dodekaedret med trekantede flader, dvs. vor hexagonale bipyramide.

ud fra seks grundformer, I til VI, som han modificerede, dels ved at lade andre flader afskære kanter og hjørner og dels ved at ændre dimensionerne, hvad der gjorde at grupperne ikke harmonerer med senere tiders krystalsystemer.

De seks grundformer og deres talrige modifikationer viste Romé DeLisle på syv plancher, I - VII. Vi ser grundformerne på figur 2 som faksimile udklip fra hans gulnede plancher, alle betegnet figur 1, fordi de var udgangspunkt for hans modifikationer. Vort arvegods af krystalmodellerne ses på figur 3 til 7, hvor modellernes numre er DeLisle's egne. Til sammenligning henviser jeg til de fine billeder i Ole Johnsens bog fra 2000 som (O.J. side nummer, figur nummer).

I Tetraedret og dets modifikationer, figur 3 (O.J. side 29, figur 30a & b).

II Terningen eller hexaedret og dens modifikationer, også figur 3 (O.J. side 27, figur 26a).

III Det retvinklede oktaeder, dvs. vort kubiske oktaeder og dets modifikationer, figur 4 (O.J. side 27, figur 26f).

IV Det rhomboidale parallelepipedum, dvs. vort trigonale rhomboeder og dets modifikationer, figur 5 (O.J. side 38, figur 47a & b).

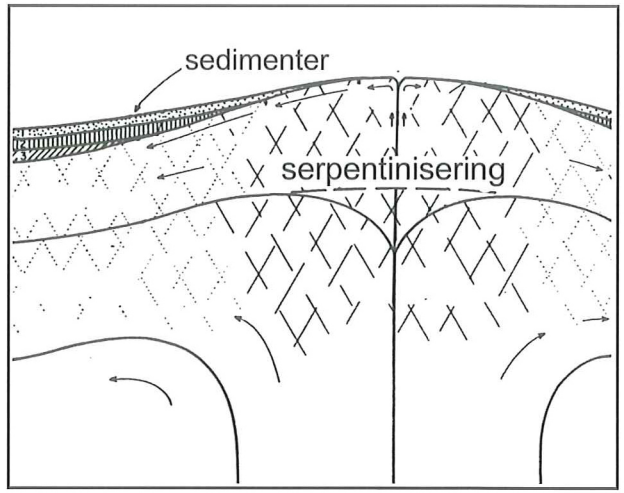


Diagram der viser konvektionsstrømme som stiger op under en oceanryg og bevæger sig ud til siderne, hvorved også den overliggende skorpe bevæges væk fra ryggen. Denne bevægelse væk fra ryggen bekræftes af at oceanbundssedimenterne overlapper hinanden og bliver yngre ind mod ryggen. Fundet af blokke af serpentiniseret peridotit nær ocean-ryggene fik Hess til at foreslå at den nederste del af oceanskorpen består af dette materiale (efter Harry H. Hess, 1962).

bragt op fra Jordens kappe. Man havde hidtil antaget at oceanerne var ligeså gamle som kontinenterne, men Hess viste, at oceanbunden højest kan være nogle få hundrede millioner år gammel. Dietz påpegede, at det ikke er jordskorpen som bevæges, men at bevægelsen sker dybere nede i Jorden.

- 1963. J. Tuzo Wilson påviste at oceanernes vulkanøers alder vokser med afstanden til oceanryggene. I 1965 beskrev han de markante sprækkezoner, som er orienteret på tværs af oceanryggene, og betegnede dem som transforme forkastninger.

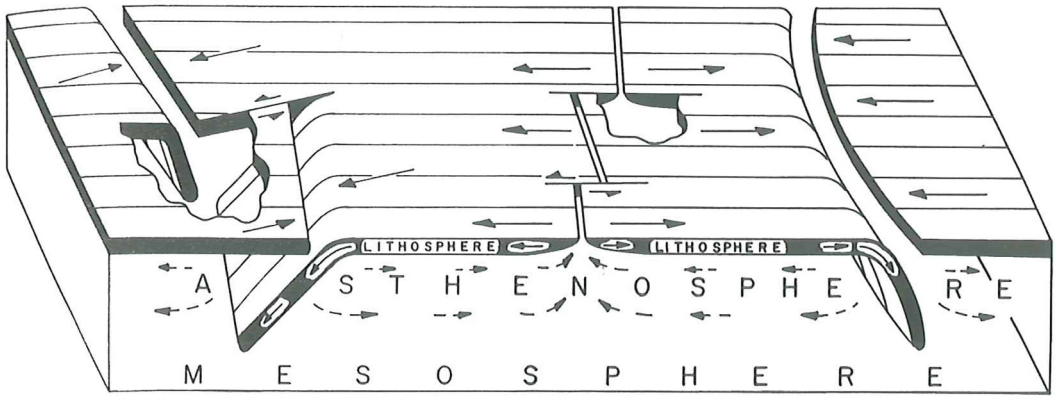
- 1963. L. Morney fandt, at lineære magnetiske anomalier på oceanbunden har en symmetrisk fordeling af normalt og reverst magnetiserede bælter omkring vulkanske oceanrygge. Det blev forklaret som en konsekvens af det siden 1929 kendte fænomen at de magnetiske nord- og sydpoler bytter plads. Retningen til de magnetiske poler i de normalt magnetiserede bælter er den samme som i dag, i de reverst magnetiserede bælter den modsatte retning. Tolkningen af det zebrastribede mønster var at den midterste normalt magnetiserede zone består af ung basalt, der er trængt op og flydt ud midt i ryggen. Derved blev den foregående basaltlava spaltet i to dele, en på hver side af den seneste basalteruption. Den var ligeledes dannet midt i en tidligere basaltlava, som også blev spaltet i

to, osv. Disse iagttagelser beviste at der sker en udvidelse eller spredning af oceanbunden omkring oceanryggene. Morleys afhandling blev imidlertid forkastet af de ansete tidsskrifter, hvor den var indleveret. F. Vine og D. H. Matthews, som lidt senere indleverede et manuskript med den samme tolkning af zebrastriberne var mere heldige og fik trykt deres afhandling i tidsskriftet *Nature*; denne meget vigtige opdagelse tilskrives derfor dem.

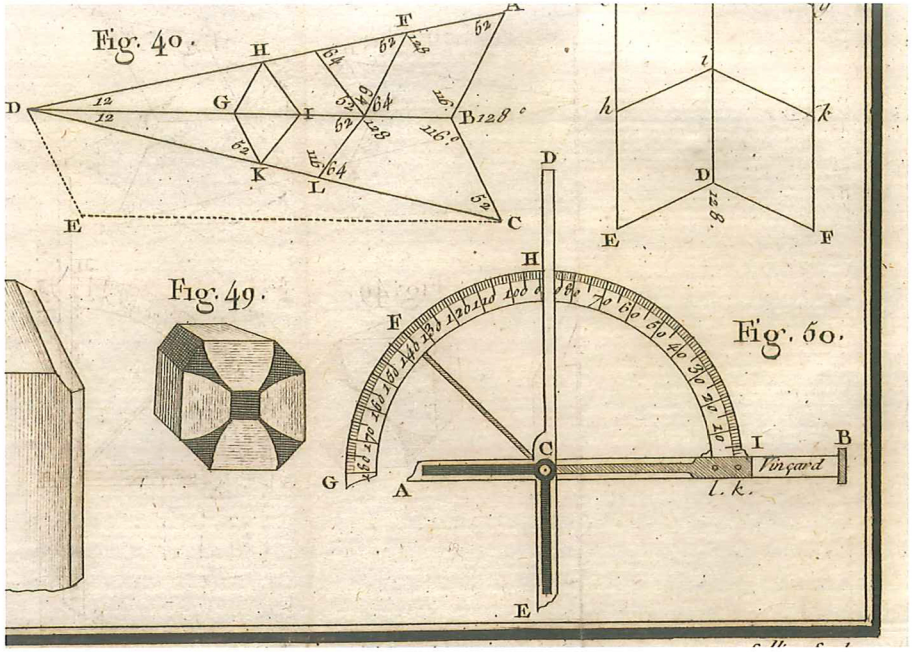
- 1967. Den måde, som jordskælvsbølger forplanter sig på gennem Benioff-zonerne, forklares med at kold og stiv lithosfære er sunket ned i den bløde asthenosfære, dvs. at der er sket subduktion (J. Oliver og B. Isacs).

- 1967. Ifølge D. P. McKenzie og R. Parker transporteres oceanbunden som stive plader, der interfererer med andre plader i seismisk og tektonisk aktive zoner. I ryggene dannes ny havbund, som bevæger sig væk fra ryggene og synker ind og forsvinder i områder med dybgrave og Benioff-zoner.

- 1968. Der var nu indsamlet så mange data, at det blev muligt at formulere den sammenfattende teori, som nu kendes under navnet pladetektonik. Det skete i en strøm af afhandlinger, de vigtigste forfattet af W. J. Morgan, af X. Le Pichon og af B. Isacs, J. Oliver og L. R. Sykes. En stiv øvre tektosfære eller lithosfære, der er ca. 100 kilometer tyk, er opdelt i blokke (plader), som adskilles af tre typer af tektonisk aktive grænser: riftzoner (spredningszoner), transforme forkastninger og dybgrave (subduktionszoner). Blokkene (pladerne) bevæges



Skematisk blokdiagram som viser en pladetektonisk model. Lithosfæreplader bevæges væk fra en oceanryg, som er forsat af to transforme forkastninger. Lithosfærepladerne føres nedad i subduktionszoner med dybgrave og øbuer, til højre en simpel øbue, til venstre en øbue som er forsat af en tranform forkastning. Konvektionsstrømme i asthenosfæren kompenserer for den nedadrettede bevægelse af lithosfærepladerne (efter B. Isacs, J. Olivier og L.R. Sykes 1968).



Figur 1. Del af Romé DeLisle's planche VIII med Carangeots kontaktgoniometer som figur 50.

Romé DeLisle var den første der benyttede begrebet krystal i den moderne betydning i hans 'Essai de Cristallographie ou Description des figures géometriques, propres à différens Corps du Régne Minéral, connus vulgairement sous le nom des Cristaux. Paris 1772'. Læg også mærke til at han ikke brugte betegnelsen 'mineraux', men 'legemer fra mineralriget' - mineraler var noget, der kom ud af en mine. Under udarbejdelsen af en meget tiltrængt anden udgave skulle Romé DeLisles assistent Carangeot lave modeller af krystallerne, modeller som skulle kunne reproduceres og sælges sammen med bøgerne. Herunder opfandt han en egnet vinkelmåler til krystaller, nemlig det kontaktgoniometer der ses på Romé DeLisle's planche VIII som figur 50 og her på figur 1. Derfor blev det Romé DeLisle, der ud fra vinkelmålinger af talrige mineraler viste den almene gyldighed af Stenos lov.

Den krystallografiske systematik og beskrivelse skulle altså først 'opfindes' i 1783. Man havde som forbillede Linnés morfologisk baserede 'Systema Naturæ' fra 1735, man kunne bruge vinkelmåleren, man kunne regne rumgeometrisk, og man kendte til symmetrilinie, symmetriplan og sandsynligvis symmetripunkt; men symmetriakser, krystalsystemer og krystalklasser blev først opdaget langt senere. Romé DeLisle valgte at beskrive krystallerne i grupper, der blev afledt

Det korte, præcise, altomfattende og intetsigende svar på alle fire spørgsmål er utvivlsomt: '1783'. Men hvordan nu det? Lad os se nærmere på de fire spørgsmål:

1) KRYSTALLOGRAFIEN

Først må vi gøre os klart, at Romé DeLisle (1736-1790) er en kirkefader indenfor krystallografien, og Stenos lov kaldes ofte i Frankrig - og ikke helt uretfærdigt - for Romé DeLisles lov. Nok havde Steno allerede i 1666 beskrevet kantvinklens konstans, men kun hos mineralet 'Crystalus', hvad der i det mindste lige siden Plinius, som omkom ved Vesuvs udbrud i år 79, simpelthen var navnet på det, vi nu kalder bjergkrystal.

Romé DeLisle (1736-1796)

Stregtegning af Romé DeLisle
Fra Mineralogical Record vol. 25 No. 6, 1994, p. 52.

Som søn af en kavalerioffícer gik han efter at have studeret humaniora i Paris ind i militæret og kom til fransk Indien, hvor han blev taget til fange af englænderne i 1761. Efter tre år som krigsfange i Kina fik han lov til at tage hjem til Paris.

Som civilist satsede han nu på naturvidenskaben og blev af en rig peruviansk naturalist sat til at udarbejde et katalog over dennes mineralsamling. Det blev på 600 sider og blev publiceret i 1767. Det kom til at tjene som auktionskatalog, da samlingen blev solgt, og øjensynligt med en så stor succes, at rige samlere gang på gang satte Romé DeLisle til at lave deres mineralkataloger og gav ham adgang til deres samlinger.

I 1770 publicerede Romé DeLisle sin første 'Essai de Crystallographie ...', hvori krystallerne blev defineret. Selvom den var en væsentlig udvidelse af Linnés fortegnelse måtte den revideres, og et problem var, at man endnu ikke kunne lave nøjagtige, projicerede tegninger. Derfor blev Romé DeLisles assistent Carangeot (1742-1806) sat til at lave modeller af krystallerne, og det var under dette arbejde, at han opfandt sin vinkelmåler og lagde grunden til Romé DeLisles berømmelse. Det reviderede 4 binds værk udkom i 1783, men allerede året efter tog Haüy den krystallografiske førertrøje med sin teori om krystallernes struktur. Romé DeLisle var meget kritisk overfor Haüy's teorier og Haüy ignorerede Romé DeLisle's arbejder. Haüy havde de bedste forbindelser, så Romé DeLisle blev aldrig medlem af det franske akademi.

over den blødere asthenosfære, som ca. 400 kilometer nede går over i den mere inaktive mesosfære. Lithosfæreplader opsprækkes i oceanryggene (og i kontinenternes riftzoner), hvor ny skorpe dannes. Derved udvides oceanskorpen (i de opsprækkede kontinenter dannes ny oceanskorpe). Tilskuddet af ny oceanbund kompenseres af, at oceanbund fjernes i subduktionszonerne i randen af de tilstødende kontinenter.

Pladetektonikteorien er blevet bestyrket af senere undersøgelser. Her skal specielt nævnes at boringer gennem oceanbunden i det sydlige Atlanterhav udført i 1967-1968 af boreskibet Glomar Challenger viste, at dybhavssedimenterne var systematisk ældre, jo længere man kom væk fra oceanryggene og at oceanbunden intet sted er ældre end 200 millioner år. Fra en miniubåd, som i 1973 var neddykket i riftdalen i den Midtatlantiske Ryg, konstateredes forekomster af frisk pudelava, bekræftelse på at det er basalt som trænger op gennem riftdalen og danner ny oceanbund.

NOGLE AFSLUTTENDE ORD

Det er nu hævet over enhver tvivl at det ikke er kontinenterne, som bevæger sig. De transporteres af de plader, som de er anbragt på. Det er derfor strengt taget ikke korrekt at tale om kontinentaldrift i Wegeners forstand, men det må konstateres, at begrebet er sejlivet og bruges i flæng med det mere korrekte begreb pladetektonik.

Til slut, kunne jeg - set i lyset af ovennævnte kronologiske gennemgang af vejen frem til pladetektonikken - have svaret Anton F. Bruun på en mere kompetent måde?

På den ene side er de afgørende iagttagelser af senere dato end det pågældende møde, på den anden side antydede Hess's beskrivelse af de fladtoppede vulkanøer og Benioffs undersøgelser af jordskælvsaktiviteten i det vi nu kalder subduktionszoner, at oceanskorpen sandsynligvis bevæger sig væk fra oceanryggene ud mod Benioff-zonerne. Så svaret på spørgsmålet må blive et måske ja.

Anton F. Bruun døde i 1961 og oplevede ikke at se sin idé om pladebevægelse realiseret i den sammenhængende og alt omfattende pladetektonikteori.

DINOSAURER - DE STØRSTE OG DE MINDSTE

Eckart Håkansson og Silvio Casadio

Et rejsebrev til varv

Argentina er et umådeligt stort og - for størstedelens vedkommende - et ganske øde land. Men selv de enorme, monotone sletteområder kan ind imellem byde på uventede oplevelser. Efter veloverståede undersøgelser af bryozofaunaen i Kridt-Tertiær grænselagene i Andeskædens udløbere var vi således sidst på sommeren (vores vinter) på vej mod mere civiliserede egne. Og på vejen skulle vi igennem byen Plaza Huincul.

Umiddelbart ligner byen ikke noget man ville skrive hjem om – en støvet ansamling af huse nogenlunde midt på de Argentinske stepper, der hvor Patagonien og Pampaen mødes. Kort sagt, 'in the middle of nowhere'. Og i den første del af byens historie var der ikke meget der tydede på, at den med tiden skulle blive ganske kendt.

Først var det olien. Byen viste sig at ligge midt i et ganske produktivt kompleks af oliefelter, og som den eneste by i området spiller den nu en betydelig rolle som forsyningsbase og fordelingscentral for den megen aktivitet, der er knyttet til produktionen. Men kedsommelige oliebyer er der mange af i denne verden, og først inden for de sidste 10 år eller så er byen blevet **virkelig** berømt, i det mindste blandt faggeologer.

En første antydning af, hvad denne berømmelse skyldes, finder man i byens udkant, hvor et iøjnefaldende monument hilser den besøgende velkommen – en borerig og en dinosaur bøjet i ståldragere! Kønt er det ikke, men symbolværdien er bastant. Lidt inde i byen møder man så det lokale museum – **Museo Municipal Carmen Fumes** – der er gigantisk i forhold til de andre huse i byen. Og ikke uden grund, thi dette 'lille' lokalmuseum rummer simpelthen Verdens største dinosaurer – intet mindre! – samt de mindste, for den sags skyld, men det vender vi tilbage til.

Men hvorfor så lige her? Jo, de selvsamme kontinentale aflejringer fra Øvre Kridt, der omfatter regionens givtige reservoirbjergarter for olie, indeholder også en overordentlig rig og velbevaret fauna af terrestriske hvirveldyr. Først og fremmest dinosaurer naturligvis, og en af hovedmændene bag de talrige fund der har sat Plaza Huincul på verdenskortet er den argentinske vertebratpalæontolog Rodolfo Coria. Og det er den selvsamme Rodolfo Coria, der også gennem sin vedholdende indsats har fået stablet det imponerende museum på benene, der nu kan udstille næsten komplette skeletter af giganterne.

Hvad er det så for nogen? Først og størst er *Argentinosaurus xzxzxz*, en

HVORDAN BEGYNDTE KRYSTALLOGRAFIEN

Harry Micheelsen

I vinteren 2001 kom forfatteren under sin sortering af Geologisk Museums gamle instrumenter over en skuffe med mindst fire forskellige slags gamle krystalmodeller, de fleste uden etikette, men vedlagt oplysninger om forskellige samlinger af krystalmodeller samt en kopi af en protokol over 39 anskaffelser fra 1796 til 1800 underskrevet af professor Gregers Wad den 31.12.1800. Den 2.1.1797 er der for 25 rigsdaler anskaffet, Romé DeLisles samling af krystallisations Modeller i brændt Ler' og den 6.4.1800 er der formedelst 44 rigsdaler og 43 skilling anskaffet, Haüy's modelsamling'. Bare for en sammenligning er der købt to diamanter til 6 rigsdaler og 24 skilling. Hele forbruget på 4 år og 3 måneder var i alt 588 rigsdaler og 49 skilling.

Oplysningen om brændt ler gjorde det straks sandsynligt at en snes af modellerne tilhørte Romé DeLisle's klassiske samling, og interessen steg, fordi jeg genkendte disse små, kødfarvede krystalmodeller fra noget forlængst udrangeret undervisningsmateriale. En eftersøgning i skuffen med rester forøgede antallet af modeller, og deres autenticitet blev bekræftet ved hjælp af tavlerne i Romé DeLisles store værk fra 1783 (Romé DeLisle skrev sit navn på flere forskellige måder; her er benyttet den anvendte i hovedværket fra 1783).

Nogle af modellerne har endnu de oprindelige numre, og på nær én kunne alle bestemmes ved hjælp af figurerne hos Romé DeLisle. Af de oprindelige 338 modeller har vi 66, som er vist i figur 3 til 7.

Disse krystalmodeller er ikke bare interessante, da de ikke blot er et af de ældste spor af undervisningen i geologi på Københavns Universitet, men også vidnesbyrd om krystallografiens og mineralogiens tidligste udvikling; og netop derved opstod der for mig nogle problemer:

1) Hvorfor var både systematikken og krystalbeskrivelsen fuldstændig anderledes end den, man bruger i dag?
2) Hvorfor var mineralnavnene anderledes?
3) Hvorfor er beskrivelsen og dermed identifikationen af det enkelte mineral uhyre mangelfuld?
4) Hvorfor er de fleste af modellerne så lidt slidte?

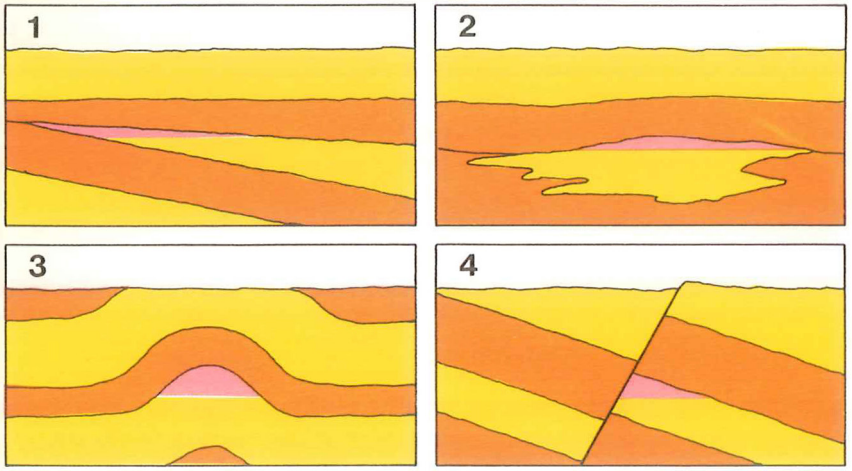
OLIEFÆLDER

For at få dannet olie-eller gasforekomster må mindst to betingelser være opfyldt: 1. Der skal være en bjergart rig på organisk materiale, en såkaldt kilde-bjergart, hvorfra olie og/eller gas kan dannes. 2. Da olie og gas oftest vil sive væk fra kildebjergarten, efterhånden som den dannes, skal der yderligere være en lomme, hvori olien og gassen kan opfanges - en oliefælde - og danne en olie-/gasforekomst.

En oliefælde vil oftest bestå af en porøs bjergart (sandsten, kalksten), hvori olie og gas kan opsamles, og en omgivende tæt bjergart (skiffer, ler), der kan virke som et segl og forhindre olie og gas i at sive videre op mod jordoverfladen. På figuren er der vist eksempler på oliefælder.

Eksempler på geologiske strukturer, der fungerer som oliefælder. Olie/gas er vist med rosa farve: 1. Stratigrafisk fælde ('trunkeringsfælde') dannes, hvor et kileformet porøst lag (gult) er omgivet af tætte lag (orange). 2. Stratigrafisk fælde dannet, hvor et linseformet lag omgives af tætte bjergarter. Fælden kunne være dannet i et deltaområde, hvor ler og sand kan aflejres side ved side. 3. Fælde dannet ved opdoming af vekslende porøse og tætte lag, således at der opstår en kuppel-struktur (dome). 4. Fælde dannet ved en kombination af kipning og forkastning af vekslende tætte og porøse lag, således at et porøst lag afgrænses af tætte lag langs en forkastning.

I de viste typer af fælder vil gas udskilt fra olien kunne samles i den øverste del af fælden og danne en gaslomme.



planteædende sauropod af uhørte dimensioner: op til måske 50 meter lang, med en vægt på omkring 100 tons. Simpelthen det største landlevende dyr der nogensinde har eksisteret. Det udstillede eksemplar er det på det nærmeste umuligt at fotografere, som det strækker sig igennem hele udstillingshallens længde, og hele tiden tæt op under loftet. Den anden udstillede kæmpe er lidt nemmere at have med at gøre. Denne 'storebror' til den så velkendte *Tyrannosaurus rex* er blevet døbt *Giganotosaurus xzxz*, og som kødædende er den unægtelig betydeligt mindre end *Argentinosaurus*. Men skrækindjagende ser den ud, omend tænderne er noget spinklere end hos den mindre slægtning.

Endnu en 'største' kan nævnes fra dette mageløse museums samlinger. Næsten komplette skeletter af nogle nye 'megaraptorer' er for nylig udgravet, men endnu ikke udstillede. I magasinerne fik vi mulighed for at stifte bekendtskab med *Megaraptor xzxzx*'s ca. 35 centimeter lange, krum fingerklo, der får kloen hos *Velociraptor* i Jurassic Park filmen til at ligne en neglerenser. Så der bliver snart endnu mere at glæde sig over i museets udstilling.

Blandt de nyeste fund fra aflejringerne omkring Plaza Huincul er tusindvis af til dels meget velbevarede dinosauræg fra et ganske begrænset område. De er kuglerunde og op mod 20 centimeter i diameter, alle er de lagt af den samme art, og langt de fleste findes samlet i 'reder' med 25 – 35 æg. Rederne er fundet i 4 til 5 niveauer i sedimenter afsat på en flodslette, og måske repræsenterer de en mangeårig ynglekoloni, hvor uforudsigelige oversvømmelser i enkelte, særligt uheldige år har dækket hele kolonien med tykt mudder inden klækningen. I nogle af æggene findes der stadig rester af fostre, der en sjælden gang viser særdeles velbevarede detaljer af såvel hud som skelet. Så her i dette afsides liggende museums arkiver møder vi også Verdens mindste dinosaur – blot 25 centimeter lang og endnu uudklækket, men fuldt udviklet. De velbevarede embryonale kranier viser entydigt, at æggene er lagt af sauropoder, men om det faktisk er reder, der tilhører de gigantiske *Argentinosaurus* eller nogle af de lidt mindre sauropoder der også holdt til på Kridttidens 'Pampa' har foreløbig ikke kunnet afgøres. Under alle omstændigheder har de været ufatteligt små sammenlignet med deres gigantiske forældre, når de kom ud af ægget. Og alligevel har der med stor sandsynlighed fundet en eller anden form for yngelpleje sted.

Men hvad var det nu lige der var grunden til at to inkarnerede invertebratpalæontologer overhovedet kom til Plaza Huincul, dinosaurernes højborg. Tja, som nævnt kom vi jo 'bare' tilfældigvis forbi, på vej hjem fra undersøgelserne af en ganske anden og mindst lige så spændende historie, men her må VARVs læsere dog væbne sig med en smule tålmodighed, til vore resultater efterhånden bliver lidt mere håndfaste.

OLIEEFTERFORSKNING I NORDJYLLAND

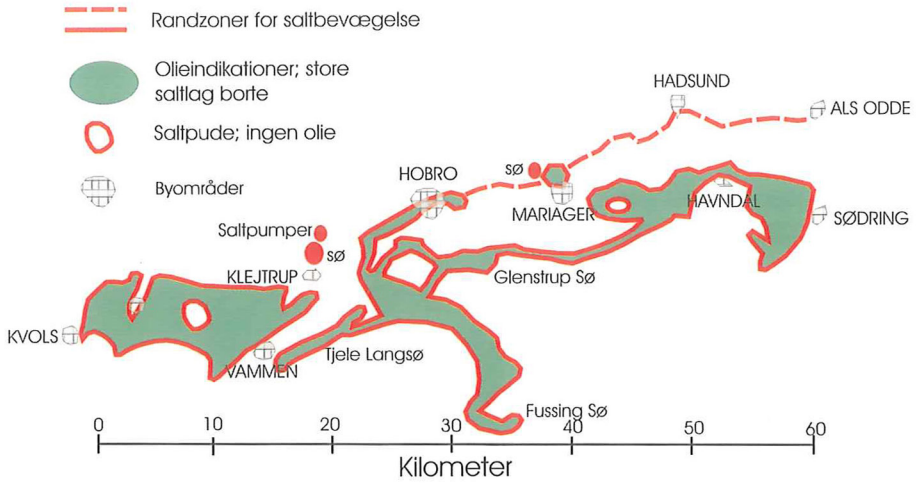
PILEKVISTMANDEN - EN FORTSAT HISTORIE

Uggi Engel

For snart 17 år siden bragte VARV en artikel af forfatteren (VARV 1987,2) om samarbejdet med 'pilekvistmanden' Hans Uhre fra Hobro med henblik på at finde olie og gas under den danske landjord, nærmere betegnet på Salling og i Rold Skov området. Begge områder ligger i det strøg i det dansk-norske bassin, hvor mulighederne skulle være tilstede først og fremmest i randsynklinalerne omkring salthorstene. Her har kildebjergarterne - dvs. de bjergarter, der indeholder organisk materiale - været begravet i de for olie- og gasdannelsen nødvendige dybder (med et populært udtryk: i 'oliekøkkenet'), hvor omdannelsen sker som følge af undergrundens temperaturforhold. Det er desværre ikke lykkedes at få gennemført en boring i Rold Skov området, således som Hans Uhre har redegjort for det i sin bog fra 1991 'Ønskekvistens Mysterium - Oliejagt og Påvirkninger'.

Forfatteren hørte i 1998 gennem sit bekendtskab med den nu afdøde geolog Jan Gårding om en metode, der kunne supplere traditionelle seismiske undersøgelser til påvisning af olie og gas. Denne såkaldte 'Gore-Sorber' metode er primært udviklet af det store internationale firma W. L. Gore, der er kendt for at fabrikere 'GoreTex'-membraner, der bl.a. bruges til sportstøj, da det er til at ånde igennem. Regnvand holdes ude, men luft kan passere gennem membranen. Disse membraner bruges tillige til moduler i form af snore på ca. 50 centimeters længde, der indeholder materialer, der binder tunge og lette kulbrinter.

Modulerne anbringes i jorden i ca. 75 centimeters dybde. 15 umiddelbart rundt om en boring, hvor der er påvist kommerciel olie, og som så fungerer som positiv indikator, og 15 umiddelbart rundt om en tør boring, der så fungerer som negativ indikator i det efterfølgende forløb. Andre moduler placeres derefter i et mere eller mindre tætmasket net i den øvrige del af det område, der ønskes undersøgt. Efter ca. 3 uger tages samtlige moduler op og sendes til Gores laboratorier i USA. Analyseresultaterne af de enkelte moduler i felten indpasses herefter i en geokemisk model baseret på den positive og negative boring, og udtrykkes som en procentvis lighed med den positive boring. Resultaterne lægges ind på et kort og viser, hvilke områder der kunne rumme kulbrinte-

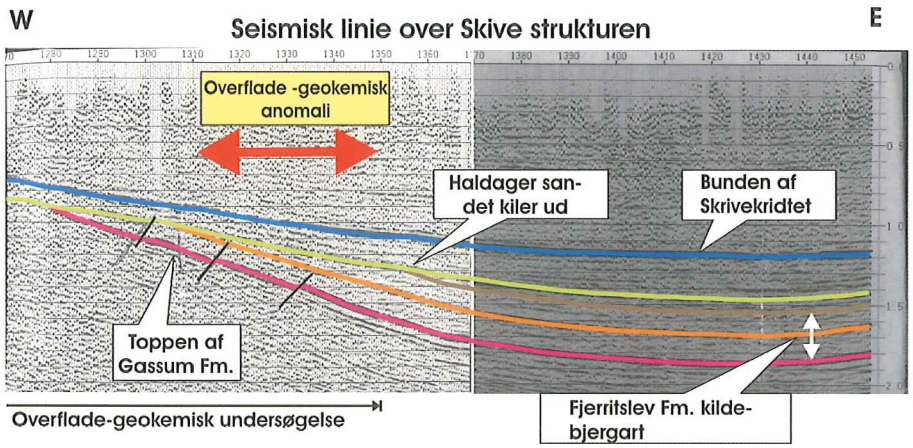


Figur 5. Hans Uhres opmåling af et større og muligvis helt sammenhængende oliefelt udtegnet fra detailkort efter måneders registreringer i marken støttet af GPS-stedbestemmelse. Hans Uhre har også registreret de største oliemægtigheder inden for feltet med henblik på en eventuel fremtidig boring.

Hans Uhres arbejde har i de senere år har været koncentreret i området Randers-Hobro-Mariager. Hans hypotese er, at Mariager Fjord ikke blot er dannet som tunneldal efter istidsafsmeltninger, men er langt ældre og har sin oprindelse i dybtgående saltbevægelser. Hvor saltet som følge af trykpåvirkninger fra overliggende lag har bevæget sig, er olien migreret ind. Dette har resulteret i et langstrakt delvist sammenhængende oliefelt, der starter øst for Kvols og ender ved Sødring, og som er vist med grøn signatur på figur 5. Efter Hans Uhres mening er dette felt det mest interessante, men også det mest komplicerede, han med sin metode hidtil har kortlagt på dansk landområde.

Man kan til slut spørge: hvorfor skriver en amatørgeolog denne artikel? Primært fordi jeg er overbevist om, at vi har olie- og gasreserver i Nordjylland og også andre steder i landet. Spørgsmålet er selvsagt hvor og hvor meget. Mejrup-boringen gav det første fingerpeg. Gore-Sorber undersøgelsen på Salling er endnu en brik i denne svære bevisførelse, som forhåbentlig kan være med til at vække en fornyet interesse for det nordjyske område som en potentiel mindre olie- og gasprovins, når felterne i Nordsøen er opbrugte - hvis vi da ikke til den tid har udviklet tilstrækkelige renere energiformer.

Uggi Engel er cand. jur., og var fra 1959-72 ansat i udenrigsministeriet primært beskæftiget med undergrundsspørgsmål, fra 1972-83 leder af A. P. Møllers juridiske afdeling for olie- og gasspørgsmål, fra 1983-85 direktør for 'Dansk Efterforsknings Kompagni' og fra 1985 advokat.



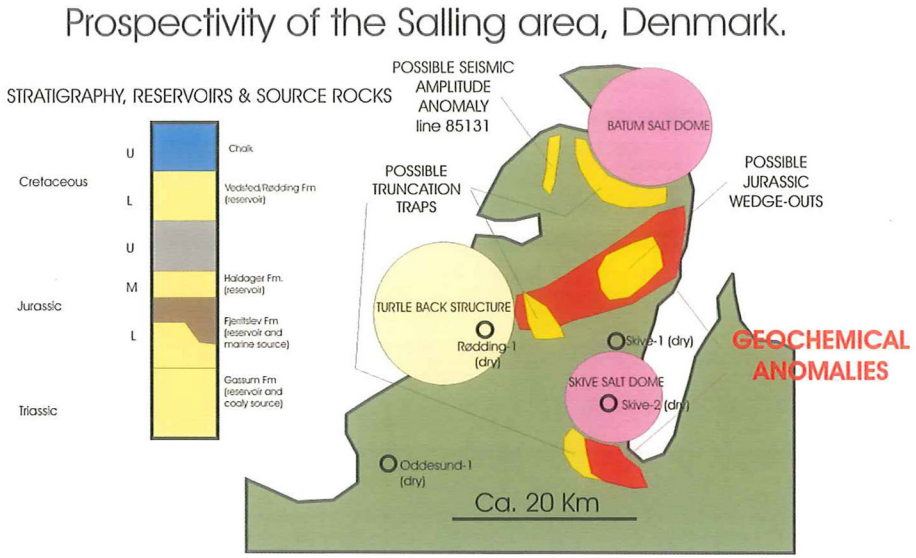
Figur 4. Figuren viser en seismisk linie over den østlige flanke af Skivestrukturen. Lagdelingen er angivet med farvede linier. Den geokemiske anomali i området synes relateret til forkastningsblokke på Gassum niveau, idet Gassum blokkene ligger under den geokemiske anomali.

Resultaterne viser, at chancerne er større i stratigrafiske fælder. Disse er vanskeligere at lokalisere med traditionelle metoder, medens Gore-Sorber metoden - som måler direkte på tilstedeværelsen af kulbrinter - kan give gode indikationer af deres tilstedeværelse.

Et andet eksempel er vist på den seismiske linie over den østlige flanke af Skivestrukturen i figur 4. Denne viser udbredelsen af de forskellige lag på baggrund af de seismiske undersøgelser. Man kan se, at Haldager- og Fjerritslevlagene (grøn/brun/orange) kiler ud på flanken af strukturen, og at Gassumreservoiret (rødt) er forkastet i samme område. De geokemiske data dækker ikke 'trunkeringen' af Haldagersandet i dette område, hvilket tyder på, at den geokemiske anomali syd for Skive fjord (figur 2 og 4) har sammenhæng med forkastningsblokke på Gassum niveau.

Selvom det endnu ikke er lykkedes at få gennemført en boring på Salling eller i Rold til påvisning af kommercielle olie- eller gasforekomster, har resultatet af Sallingundersøgelsen både for Hans Uhre og forfatteren været opmuntrende og underbygget vores tanke om, at dele af Nordjylland rummer interessante kulbrinteforekomster.

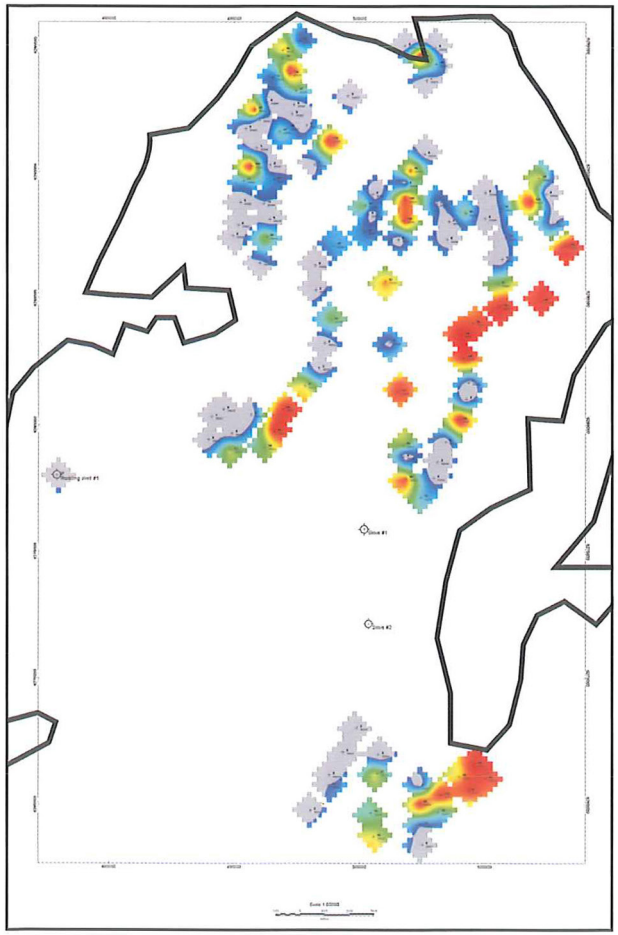
Lige siden artiklen i VARV i 1987 har Hans Uhre da også arbejdet videre med sin metode, hvor han efter eget udsagn kan påvise såvel salt som olie og andre råstoffer i undergrunden. Hans påvisning af blandt andet en saltformation i Nordjylland i 1984 overbeviste i den grad nu afdøde professor Svend Saxov, at han efter at have foretaget en kontrol med tyngdemåling, reviderede det officielle tyngdemålingskort i efteråret 1985.



Figur 1. Områder med mulige kulbrintefælder på Salling baseret på fortolkningen af den eksisterende seismik (gul farve). Umiddelbart syd for Batum salthorsten ('salt dome') repræsenterer det lysegule buede område sandlag 'trunkeret' (dvs. afskåret) af overliggende lag således, at der kan dannes oliefælder. Det samme gælder det lysegule område øst for den tørre Rødding boring og sydvest for Skive salthorsten. Den lysegule aflange figur i det nordvestlige hjørne repræsenterer samme mulighed for oliefælde. Her er tillige i den nordlige del konstateret et særligt udslag på seismikken, der muligvis viser en direkte gasindikation. Det lysegule område midt i Salling repræsenterer fældemuligheder i form af udkilede lag ('Jurassic wedge outs') Den røde signatur viser de positive resultater af de senere foretagne Gore målinger.
Til venstre i figuren er vist en lagsøjle for lag af Trias, Jura og Kridt alder. Der er endvidere angivet kilde- og reservoirbjergarter (se Boks). En 'turtle back (skildpaddeskjold) structure' er et populært udtryk for en opbuling typisk forårsaget af en opskydende saltdome.

forekomster. Pålideligheden af resultaterne er naturligvis afhængig af, hvor sikre de to indikatorboringer er. Metoden har, så vidt forfatteren er orienteret, ikke været brugt i nævneværdigt omfang i Danmark. I forhold til den traditionelle landseismik er metoden enklere, billigere og mere miljøvenlig.

Det er lykkedes artiklens forfatter at få rejst midler til en undersøgelse over Salling området. Denne blev gennemført med bistand af 4 studenter fra Danmarks Tekniske Universitet. Indledningsvis blev den eksisterende seismik på Salling fortolket, og de områder, der umiddelbart på dette grundlag viste sig interessante, er angivet på figur 1 som lysegule felter. Der er for de fire nordligste områders vedkommende sammenfald med Hans Uhres kulbrintekortlægning af Salling (jævnfør VARV 1987,2 - figur 5).

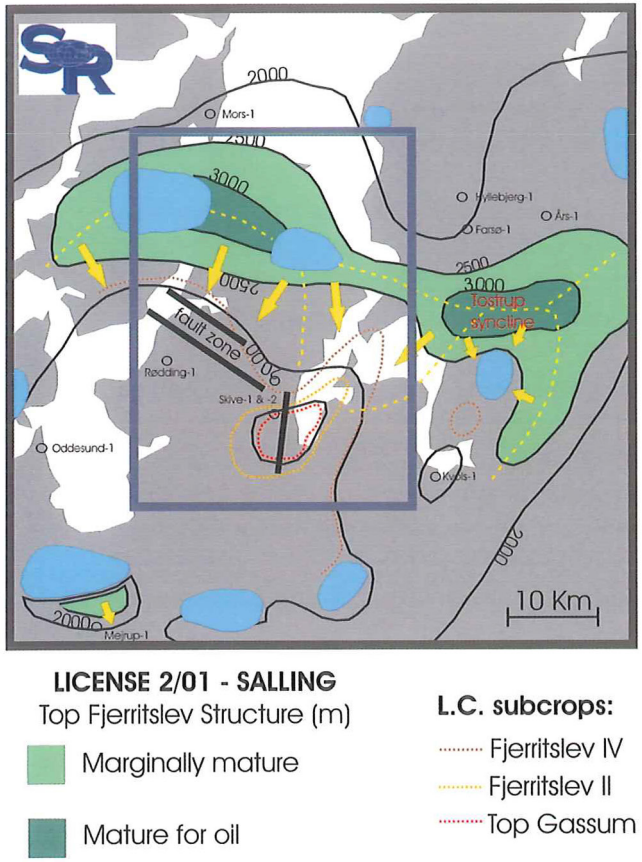


Figur 2. Resultatet af analysen af Gore-Sorber modulerne, hvor de mørkerøde farver er identiske med den positive Mejrup indikator, medens de grå felter er identiske med den negative Rødding indikator og de blå og grønne felter repræsenterer en overgangsfase. Bemærk den lille mørkerøde plet i øverste nordvestlige del, der viste sig at ligge nøjagtig på positionen for det særlige udslag på seismikken nævnt i teksten under figur 1. Da denne anomali består af et enkelt punkt, er det imidlertid usikkert, hvor stor vægt man kan tillægge den.

Næste skridt var herefter den geokemiske undersøgelse med Gores moduler. Som referencer blev valgt to boringer, som positiv indikator én ved Mejrup længere mod syd, boret i 1987. Dette var den første boring på dansk landjord, som havde vist spor af olie. Boringen er ikke et oliefund som sådan, men var det nærmeste, vi havde at arbejde med. Som negativ indikator en tør boring ved Rødding fra 1976, i øvrigt begge hvad resultaterne angik, som forudsagt af Hans Uhre. Resultatet af undersøgelserne på Salling er vist på figur 2, hvor de røde og gule farver indikerer størst sammenfald med olieindikationen i Mejrup-boringen.

Hvor kulbrinterne så formodes at komme fra er vist på figur 3. Som allerede anført i indledningen til artiklen er kulbrinterne dannet i randsynklinalerne omkring salthorstene, der efter de seneste undersøgelser af geologen Peter Japsen har været dybere begravet end hidtil antaget, og dermed på grund af den højere temperatur har muliggjort omdannelsen af det organiske materiale i juralagene til kulbrinter.

Hvor er kulbrinterne så vandret hen? Konklusionen af undersøgelsen på Salling er, at de først og fremmest skal søges i såkaldte stratigrafiske fælder (truncation traps eller 'trunkeringsfælder', figur 1 i Boks), hvor reservoiret kiler ud på grund af erosion. Dette forekommer for Haldager sandets vedkommende i et bælte tværs over midten af Salling halvøen (den brune prikkede linie på figur 3). Nord for forkastningszonen ved Rødding 1 boringen (sammenlign med figur 1) er der et sammenfald mellem udbredelsen af positive geokemiske områder og Haldager 'trunkeringsfælden'. En anden geokemisk anomali eksisterer på den østlige flanke af Skive strukturen. Det er således ikke, som allerede påvist gennem de tidligere tørre boringer, på toppen af de traditionelle saltstrukturer, man skal lede efter olien i Salling området.



Figur 3. Den mørkegrønne farve angiver toppen af Fjerritslev Formationen (se figur 1) og viser områder, der er modne for oliedannelse. De lysere grønne områder er marginalt modne områder. De stiplede lysegule liner og pile viser grænserne og retningerne for olie/gasvandringen. De sorte linier symboliserer brudzoner, som har forhindret olien i at vandre mod Røddingstrukturen og Skivestrukturens vestflanke. Endelig viser de prikkede linier sub-crops, der angiver at yngre lag har 'afhøvlet' ældre lag (her Haldager-sandet) af formationerne Fjerritslev IV og II samt toppen af Gassum Formationen. Haldager reservoiret ligger oven på Fjerritslev IV kildebjergarten og danner en trunkeringsfælde nordvest og øst for den strukturelle næse, der udgår fra Skive strukturen mod nordøst og nord for forkastningszonen ved Rødding. Tallene er dybdeangivelser. Indenfor 3.000 meter dannes 'mature oil' og indenfor 2.500 meter dannes 'marginalt mature oil'.