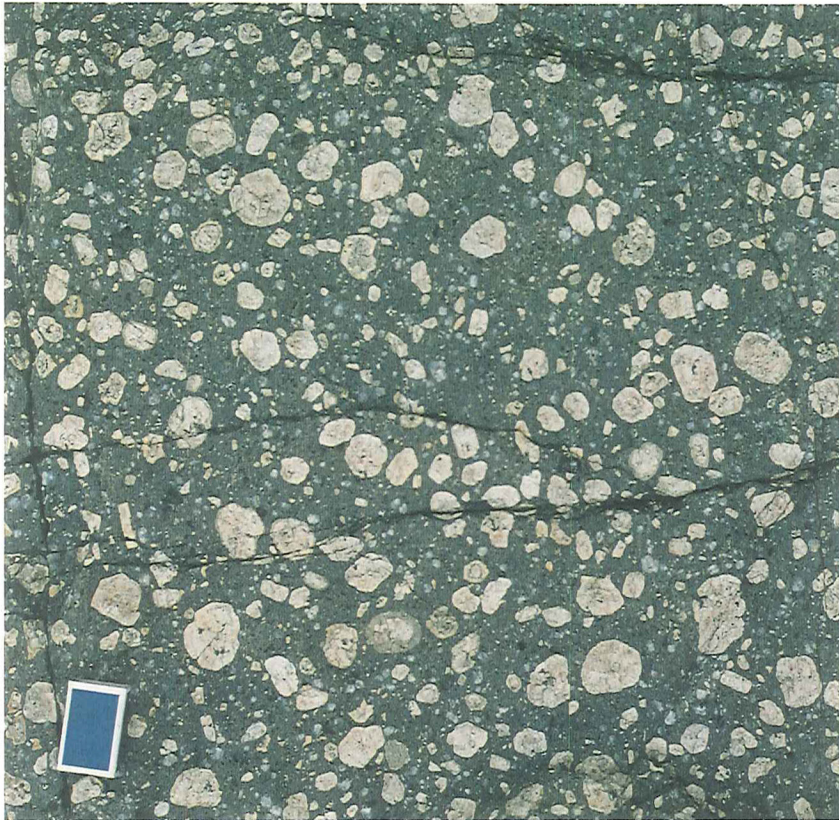
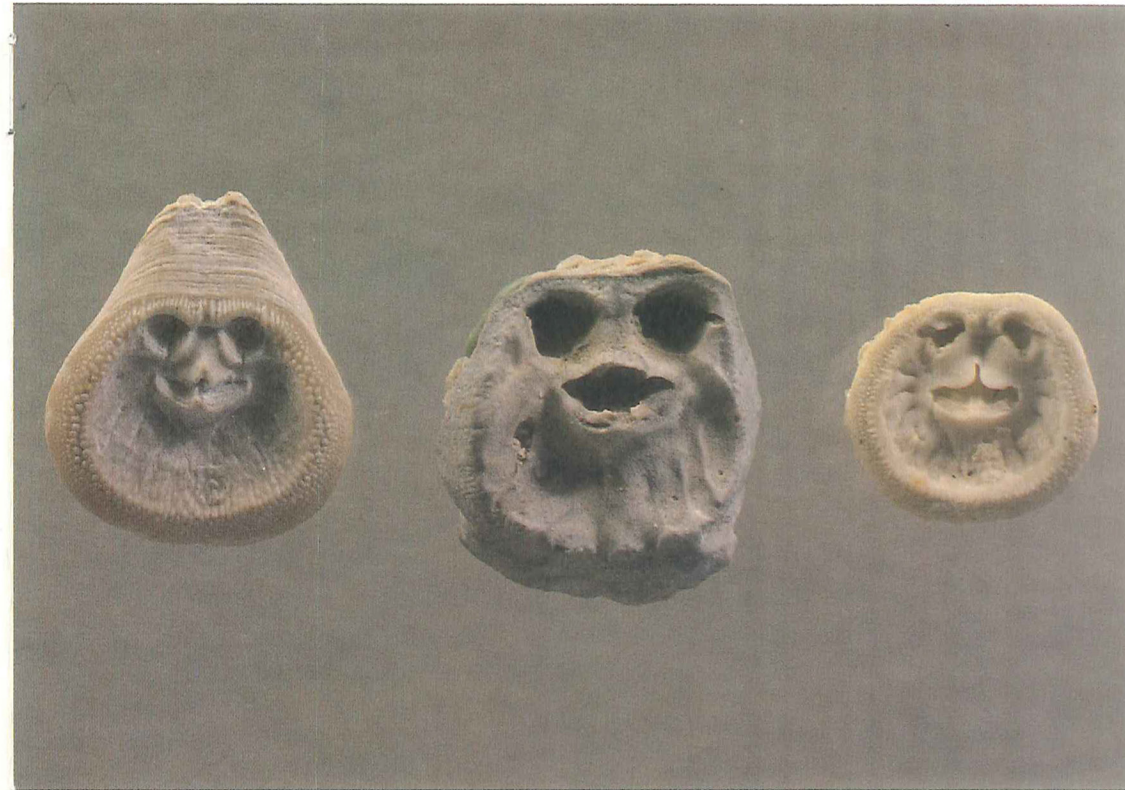




Kvarts-feldspat porfyrisk gangbjergart fra den svenske Østersøkyst. I bjergarten ses store, afrundede til butkantede strøkorn (phenokryster) af alkalifeldspat samt mindre, blålige korn af kvarts. Alkalifeldspatkrystallerne er omgivet af en lys rand bestående af en helt ren Na-feldspat (Albit). Strøkornene er udkrystalliseret da smelten endnu befandt sig i magmakammeret, medens den meget fin-kornede grundmasse først krystalliseredes efter at smelten (incl. phenokrysterne) var trængt op i mere overfladenære sprækker i det faste fjeld.



SLÆGTEN *CRANIA*, SOM OVENFOR ER REPRÆSENTERET MED TRE FORSKELLIGE ARTER, ER EN AF DE GRUPPER, DER OMTALES I DEN ANDEN ARTIKEL OM BRACHIOPODERNES FORUNDERLIGE VERDEN.

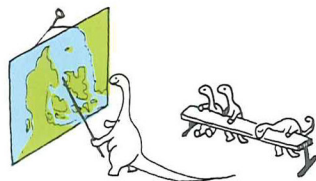
BASERET PÅ NYE SPÆNDENDE FUND BERETTES DER OGSÅ OM, HVORLEDES LANDET OMKRING MOLERHAVET FOR CA. 50-60 MILLIONER ÅR SIDEN HAR SET UD, OG ENDELIG GIVES DER ET EKSEMPEL PÅ, HVORDAN TO FORSKELLIGE GRUPPER AF FORSTENEDE DYR GIVER FORSKELLIG ALDER PÅ DET SAMME LAG.

Gennem de seneste år er der indsamlet en lang række nye oplysninger om Danmarks undergrund. En del af disse informationer er allerede trykt i forskellige tidsskrifter, men ofte med et specielt sigte, hvorfor nogle oplysninger fremhæves på bekostning af andre, der måske helt er udeladt.

VARVs redaktion har længe diskuteret mulighederne for at fremstille et nyt undergrundskort over Danmark, hvor også geologien i de havdækkede områder kunne komme med. Ud over en lang række praktiske og faglige problemer har det springende punkt imidlertid været af økonomisk art, det er dyrt at trykke et kort i mange farver i plakatstørrelse.

Gennem tipsmidler har Undervisnings- og Forskningsministeriet nu stillet de økonomiske ressourcer til rådighed for trykning af et nyt **Geologisk Kort over Danmark**.

Redaktionen takker for bevillingen og håber, at kortet kan trykkes allerede i år.



VARV

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Centralinstitut, Øster Voldgade 10 1350 København K. Telefon: 33 11 22 32.

Telefoniske bestillinger og forespørgsler kan rettes til: Svend Pedersen og Steen Sjørring på ovenstående telefonnummer.

Skriftlige henvendelser og bestillinger ekspederes snarest muligt.

Redaktion: Svend Pedersen (ansvarshavende), Asger Berthelsen, Jens Konnerup-Madsen, Lena Madsen, Steen Sjørring og Vivianne Berg-Madsen (Sverige).

Renskrift og

montage: Steen Sjørring

Repro: FBN Litho ApS, København

Tryk: Johnsen+Johnsen a/s, København

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 75 kr i abonnement for 1990. Abonnement tegnes ved at indsende beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80, eller 70 SKs til VARVs svenske postgirokonto: 4388-5.

Adresseændringer bedes meddelt VARV !

©1990 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kan kun ske efter aftale.

VARV PRISER 1990

Mangler du enkeltnumre eller hele årgange af VARV, kan du købe dem til meget fordelagtige priser:

Årgang 1964—1979:	pr. årg.	10 kr	pr. nr.	5 kr, 1972—2 dog 10 kr
Årgang 1980—1982	pr. årg.	20 kr	pr. nr.	10 kr
Årgang 1983:		30 kr	pr. nr.	10 kr
Årgang 1984:		40 kr	pr. nr.	15 kr
Årgang 1985:		50 kr	pr. nr.	15 kr, 1985—3 dog 20 kr
Årgang 1986:		55 kr	pr. nr.	15 kr, 1986—1 dog 20 kr
Årgang 1987:		65 kr	pr. nr.	20 kr
Årgang 1988:		70 kr	pr. nr.	25 kr, 1988—2 dog 30 kr
Årgang 1989:		75 kr	pr. nr.	25 kr
Årgang 1990:				Abonnement 75 kr

Årgang 1964—1988 (1964—1 udsolgt) samlet: 400 kr

Særnumre:	Geologi på Øerne	15 kr
	Geologi på Røsnæs	15 kr
	Ghana	15 kr
	Samlet:	35 kr

Bornholms Geologi:

I Generel oversigt (1988—2)	30 kr
II Palæozoikum (1988—3)	25 kr
III Grundfjeldet (1989—1)	25 kr
IV Mesozoikum (1983—3)	25 kr
Samlet:	100 kr



Alle priser er eksklusiv porto ved forsendelse !



Figur 3. Arnagerkalken i kystklinten vest for Arnager havn var i foråret 1990 meget nydeligt blottet. Kalkens uregelmæssige bølgede lagstilling kan skyldes, at kalken blev aflejret som lave, få meter brede banker. Foto: E. Håkansson.

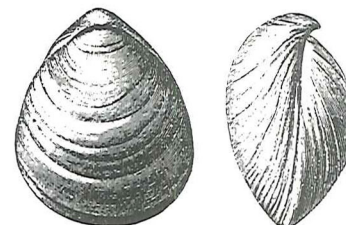
gælder Arnagerkalken. Men det er nok værd at bemærke, at ved tilsvarende undersøgelser af både Arnager grønsandet og Bavnodde grønsandet får man ganske entydige resultater fra de to dyregrupper (se fig. 2).

Vender man sig til belemnitter, der jo også har en vis stratigrafisk 'pondus' i Øvre Kridt, bliver billedet en tand mere broget. Ganske vist er belemnitter ret sjældne på denne lokalitet, men den art, der forekommer, optræder i Rusland i lag med inoceramer, der tilhører den øvre del af Coniac.

Inddragelsen af mikro-fossiler har naturligvis været forsøgt, men resultaterne af sådanne undersøgelser er endnu uafklarede. Specielt undersøgelser af dinoflagellater synes lovende, og de foreløbige resultater heraf kunne antyde, at aldersbestemmelsen baseret på inoceramer er den mest sandsynlige.

Afslutningsvis skal man nok bemærke — inden folk med hang til radiometriske dateringer bliver for glade — at den samlede længde af Coniac etagen næppe andrager mere end omkring 1 million år. Det er således rent tidsmæssigt ganske små forskelle vi i virkeligheden taler om, og måske er de endda så små, at helt normale biologiske facetter som migration og lokal uddøen kan få synlig effekt på de biostratigrafiske dateringer.

BRACHIOPODER

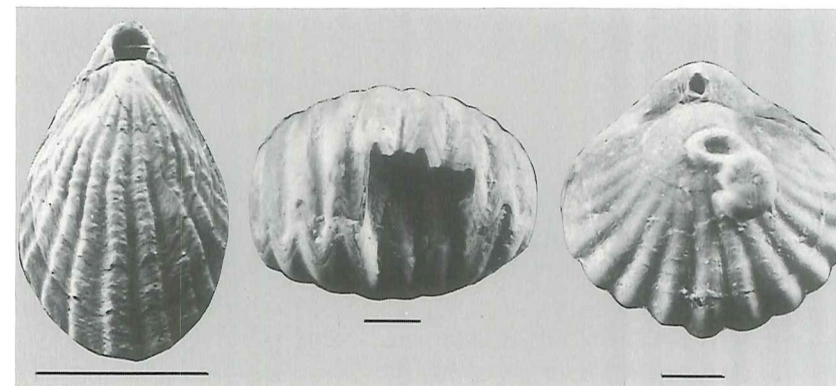


- hvor gik de hen ?

af Ulla Asgaard

I Varv 1990/1 så vi på brachiopodernes form og funktion og på de mange forskellige grupper fra Palæozoikum. Medens de nøjsomme hængsellose brachiopoder smertefrit passerede grænsen mellem Perm og Trias (=grænsen mellem Palæozoikum og Mesozoikum for ca. 245 millioner år siden), blev antallet af de hængslede typer stærkt reduceret, og fra tiden omkring Øvre Jura for godt 150 millioner år siden var der kun repræsentanter for Rhynchonellida og Terebratulida tilbage.

I det danske Skrivekridt og i Danienkalken er der tilsyneladende ingen mangel på store brachiopoder, og i Skrivekridtet er der især mange, meget små Terebratulida (kun få mm lange), der var specielt tilpasset til et kortvarigt liv. De var hæftet til et lille skalfragment eller en stump bryozokoloni på den bløde bund, hvor gravende dyrs aktivitet (se fig. 4 side 45) let kunne føre til begravelse af de små fastsiddende dyr.



Figur 1. Brachiopoder fra Skrivekridt. Til venstre ses en Terebratulida, i midten og til højre en Rhynchonellida. Bemærk stilkhullet i ventralskallen. Bjælken under hvert fossil er 2 mm lang. Foto: M. Bagge Johansen

De små halvkugleformede fritliggende terebratler var så højt specialiserede til en tilværelse i det bløde kridtmudder, at de ikke kunne omstille sig til det fastere bryozorise sediment, der dominerede i begyndelsen af Tertiærtiden. De forsvandt derfor ved Kridt-Tertiærgrænsen (=grænsen mellem Mesozoikum og Kænozoikum for ca. 65 millioner år siden).

Skrivekridtet og Danienskalken er aflejret på relativt store vanddybder. Under søger man samtidige kystaflejringer på den nordlige halvkugle, finder man ingen store brachiopoder deri, kun de små Terebratulida, Rhynchonellida og den cementerende, hængsellose *Crania*. Alle disse typer levede en skjult tilværelse i huler og sprækker på klippekyster og under sten. Denne skjulte levevis er fortsat til i dag i de varmt tempererede og subtropiske kystområder på den nordlige halvkugle. Der kendes ikke koldt tempererede eller arktiske lavtvands-brachiopoder.

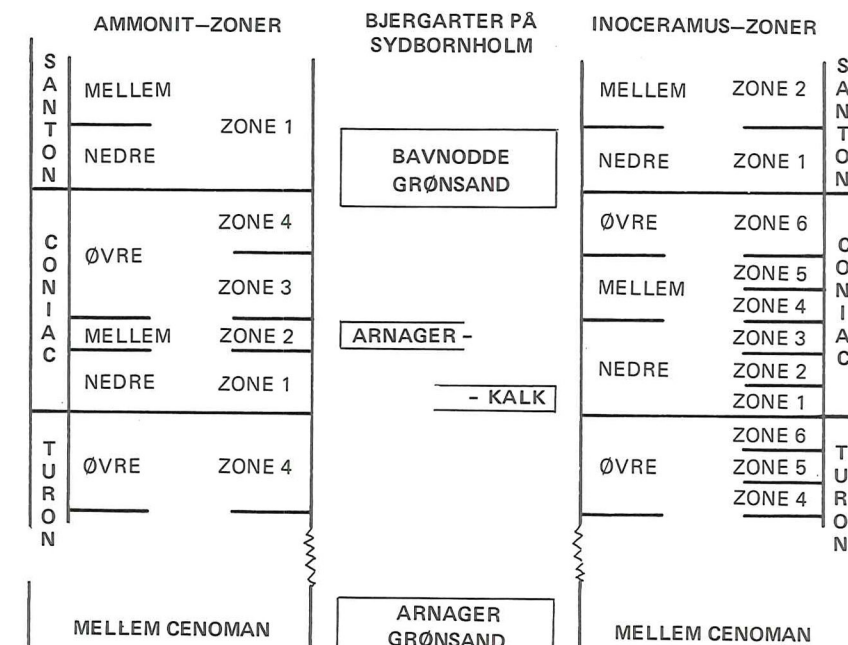
I Øvre Kridt havde det tropiske 'middelhav' – Tethyshavet – rev i lyszonen (ned til ca. 100 meters dybde) på lavt vand. Disse rev var opbygget af store, kræmmerhusformede muslinger (Rudister) og kalksvampe. Ved Kridt-Tertiærgrænsen uddøde rudisterne og erstattedes med revbyggende koraller. Inden for disse meget artsrige revsamfund leder man også forgæves efter store brachiopoder. Man finder kun små *Crania* og Terebratulida knyttet til undersiden af, eller i kløfterne mellem grenene på koraller og svampe. Den samme situation kendes også fra nutidens koralrev.



Figur 2. To arter af *Argyrotheca* plukket fra en grenet kiselsvamp på 90 meters dybde i det Caraibiske Hav. Hvert tern er 1 mm². Foto: J. Aagaard.

kalken på denne lokalitet blev aflejret inden for den allertidligste del af Coniac (se fig. 2).

Det samlede udbytte af disse undersøgelser er derfor, at Arnagerkalken ved Arnager havn har forskellig alder, alt efter hvilken dyregruppe, man baserer sin bestemmelse på.



Figur 2. Skema der viser den internationale zoneinddeling baseret på ammoniter (til venstre) og inoceramer (til højre). I midten er nogle af de bornholmske formationer indlagt.

Dette resultat er naturligvis stærkt foruroligende og utilfredsstillende, men som det blev antydnet i indledningen, er det baseret på undersøgelser, der har inddraget præcis de eksperter, der har arbejdet mest intenst med Kridt-tidens biostratigrafiske standard zoner. Så resultaterne kan der næppe pilles meget ved. Gode fossiler, der andre steder i verden 'opfører' sig, som de skal, også når de forekommer sammen, optræder åbenbart på Bornholm helt ude af trit med det ellers veletablerede mønster.

Nogen forklaring på dette fænomen kender man endnu ikke, og det er således indtil videre uafklaret, hvilken zoneinddeling der faktisk er brugbar, når det



Figur 1. Forsteninger fra Arnagerkalken. Til venstre et eksemplar af muslingen *Inoceramus* og til højre en *Scaphites*. Ammoniten er omkring 7 cm bred. Foto: J. Aagaard.

Undersøgelsen af den meget righoldige ammonitfauna godtgjorde, at Arnagerkalken i klinten ved havnen indeholder 5 arter af ammoniter, hvoriblandt især *Scaphites*-gruppen er forholdsvis almindelig (se fig. 1). Et par af disse arter kendes andre steder kun fra den biostratigrafiske zone, der i den ammonit-baserede internationale standard zoneinddeling definerer **Mellem Coniac**, og selv om de øvrige arter har en videre udbredelse, forekommer de alle også i denne zone. Der er således overhovedet ingen tvivl om, at Arnagerkalken på denne lokalitet blev aflejret inden for det snævre tidsinterval Mellem Coniac, som angivet i skemaet (fig. 2).

Tilsvarende undersøgelser af den ligeledes meget righoldige *Inoceramus*-fauna viste, at mere end 10 arter fra denne gruppe er til stede i Arnagerkalken i klinten ved havnen. De ofte meget store skaller kendes generelt på deres bølgede form, og ved at skallerne er opbygget af tydelige kalkspat-prismer, der står vinkelret på skaloverfladen. Pæne eksemplarer kan være vanskelige at indsamle, idet skallerne næsten altid er trykket sammen af vægten af det overliggende sediment.

Den indsamlede *Inoceramus*-fauna tilhører et selskab, der andre steder er karakteristiske for grænselagene imellem etagerne Turon og Coniac, og med tilstedeværelsen af et par karakteristiske arter er det entydigt afgjort, at Arnager-



Figur 3. *Argyrotheca* (den lille røde vifteformede skal i slidsen) skjult på undersiden af en marmorblok, der var blevet udlagt på 12 meter dybt vand 2 år tidligere ved Rhodos, Grækenland. Hvert tern er 1 mm². Foto: J. Aagaard.

I Skrivekridtet findes den seje *Lingula* som meget små og tyndskallede eksemplarer. Nutidens arter er også små i mudrede miljøer, hvor bunden er iltfattig eller forurenet. *Lingula* trives bedst, hvor vandet er lavt og varmt, og hvor bunden består af velsorteret sand.

Hvad var det så, der i løbet af Øvre Kridt forjagede de store brachiopoder fra fast bund på lavt vand ud på det dybe, uden samtidig at påvirke de gravende *Lingula*? Var det krybende rovdyr, der erobrede den hårde bund, men ikke den bløde? Nej, fisk spyttede tilbødte brachiopoder ud, og borende rovsnegle rørte dem meget sjældent. Der er ikke meget 'kød' på en brachiopod, og mange af de nulevende former har calcitspikler som understøttende elementer i lophophor og kappe. Jeg har ikke prøvet *Lingula* endnu, men Rhynchonellida og Terebratulida smager ikke godt!

Lad os se nærmere på en enkelt nulevende Terebratulida, der er almindeligt forekommende i dybder fra 0 til 200 meter i havene i varmt tempererede til tropiske områder. *Argyrotheca* er typisk for de små, skjult levende former på hård bund. Den kan spores tilbage til begyndelsen af Øvre Kridt, hvor den hørte hjemme på hård bund på lavt, varmt vand. Først senere begyndte den at optræde fastsiddende på små substrater på blød mudderbund. Der findes mange arter

af den både i Skrivekridt og i Bryozokalk. De fleste er kun få mm lange og ikke lette at få øje på.

Åbner man en *Argyrotheca*, finder man den i Varv 1990/1 side 28, fig. 2 afbildede schizolophe. Der burde jo være en plectolophe, men der er ikke plads til en sådan! *Argyrotheca* er det, der kaldes en pædomorf (græsk for barneform). Sagt kort og lidt for enkelt: pædomorfi er udviklingens svar på et miljø fuldt af stress. Livet var farligt på Skrivekridtbunden for en 'normal' brachiopod, den ville synke ned i eller blive trådt ned i pløret og kvalt, før den nåede at blive kønsmoden. For at klare sig må man altså leve hårdt og dø ung og få sat afkom i verden! *Argyrotheca* lever kun et par år, og selvom den ligner et barn, så sættes 3–4 kuld larver i verden på 2 år. Fremtiden er sikret!

Hvad er så stress-frembringeren på hård bund på lavt vand? Det er ikke et rovdyr, men derimod en vegetar! De avancerede, 'algegræssende' søpindsvin havde en eksplosiv udvikling i Øvre Kridt, hvor de fik hurtigere bevægelser og stærkere tænder. Nu var det ikke blot alger, der elegant blev plukket af klipperne. Underlaget gik med — sammen med alle de dyr, der sad fast på klippen. Yderligere havde nogle regulære søpindsvin udviklet en forkærlighed for de skorpeformede rødalger, der havde kalkskelet, og andre for de grønalger, der borede i kalkklipper. Intet var sikkert på den hårde bund indenfor lyszonen, hvor algerne voksede. Nyligt bundfældede brachiopoder havde ikke mange chancer over for disse effektive 'fræsere'. Stress! Svaret er pædomorfi og en forkærlighed for mørke huller, hvor alger ikke gror!



Figur 4. Doubtful Sound på New Zealand med den mørke fugtige jungle domineret af arter af Sydbøg. Foto: R.G. Bromley.

SAMME LAG -



FORSKELLIG ALDER?

af Eckart Håkansson og
Walter Kegel Christensen

Alderen af Arnagerkalken ved Arnager Havn på Bornholms sydkyst (se lokalitetsbeskrivelse i VARV 1989/3, side 96–100) har længe voldt de danske Kridtgeologer hovedbrud. I samarbejde med førende internationale eksperter har man derfor i den seneste tid nybeskrevet de to makro-fossil grupper, der danner hovedskelettet i den globale biostratigrafiske opdeling af Kridt etagen, nemlig ammoniter (blæksprutter) og inoceramer (muslinger). Inden for begge grupper gav disse undersøgelser et klart og utvetydigt resultat — men uheldigvis ikke det samme!

- **dyreliv:** Der er fundet enkelte fugle. Der er fundet en del fossile insekter. S.G. Larssons insektundersøgelser viste, at de alle er ret tunge, og næsten alle dårlige flyvere. Han tolker derfor insekterne som hørende til en fauna fra bl. a. strandenge. Under stormvejr blæste insekterne ud over havet, og de var ikke tilstrækkelig gode flyvere til at kunne klare turen tilbage.
- **jordbund:** Forvitringen af vulkansk aske til smectit fremmes i et varmt og fugtigt klima. Erosion har transporteret fint ler i suspension til havs.
- **vulkaner:** De vulkanske askelag giver oplysninger om magmatyperne, og askepartiklernes form viser, at udbruddene har været pliniske, submarine og Surtsey-lignende.
- **flintesten:** De fundne flintesten er bemærkelsesværdige ved deres sjældenhed. Det viser, at der mindst et sted på land eroderedes i de ældre Kridt-aflejringer. Flintestenene er imidlertid kun nået til havs, fordi de blev transporteret med drivtømmeret. Det væltede træ må derfor være transporteret med floden fra 'det indre af landet' snarere end stamme fra kystzonen. En kystzone med et stort relief burde resultere i, at mere grovkornede sedimenter blev transporteret fra kysten og ud på havbunden, end det vi finder i moleret i dag.



Figur 10. Omkring molerhavet har der været et varierende landskab med skove og sivsumpe. Tegningen er en af flere, der hænger i Molermuseet på Mors. Skarrehagevej 8, Hesselbjerg, 7900 Nykøbing Mors. Tlf.: 97 75 14 42.

Figur 5. Røde Terebratulida indsamlet dybere end lyszonen, hvorfor der ikke er nogen camouflerende algevækst. Doubtful Sound, New Zealand. Foto: R.G. Bromley.



På det dybe vand under lyszonen kan brachiopoderne fortsat udvikle sig i fred. De er almindelige her, og med små undervandsbåde og robotkameraer har man iagttaget brachiopoder ned til flere tusinde meters dybde.

Hvad skete der på den sydlige halvkugle? I den øvre del af Nedre Tertiær skiltes kontinenterne her endeligt fra det nuværende Antarktis, og det ringformede, kolde Antarktiske Hav opstod. I dag taler man om at udnytte dette 'spisekammer' til menneskeføde. Her er der en rig planktonproduktion betinget af lys og havstrømme fyldt med næringssalte. På grundlag af dette plankton trives de større dyr i fødekæden. Brachiopoderne fandt deres vej fra Atlanten og Stillehavet i takt med ringhavets udvikling, og de trivedes! I dag findes den mest artsrige brachiopod-fauna i det Antarktiske Hav, og de største Terebratulida er her knytnæve-store.

Ved Sydaustralien og New Zealands Sydø findes i dag brachiopoder helt op i soppe-dybde ved mange klippekyster. Især har New Zealands brachiopod-fauna, der har været kendt de sidste 90 år, bragt de største overraskelser i de sidste 20 år. Da begyndte det Oceanografiske Institut nogle specielle undersøgelser i de dybe, kolde fjorde på sydvestkysten af Sydøen. Her er mennesketomt, og det regner ca. 360 dage om året. En dryppende, næsten uigennemtrængelig jungle af Sydbøg (*Nothofagus*) og bregner beklæder skråningerne, og millioner af små myg jager varmt blod i dagtimerne – i dag er det internationale fjeldvandrere, der må lægge blod til, for 90 år siden var det guldgravere.

Dette fjordland er i dag en nationalpark, som er bedst tilgængelig fra havet, men alt over havniveau er fredet, og der arbejdes hårdt på også at få fredningen udstrakt til at omfatte fjordenes bund. De lodrette fjordvægge har en enestående flora og fauna, som kan studeres, når man først har trodset det iskolde smel-

tevand, der ligger over det salte vand. Det var her SCUBA-dykkerne fra New Zealands Oceanografiske Institut fik deres store overraskelse for 20 år siden, da de dykkede gennem ferskvandslaget (populært kaldet 'den kolde the') og fandt klippevæggene beklædt med brachiopoder! Brachiopoderne sad ikke alene på klippen, de sad også på hinanden som druer i en klase. Der er en form- og farvesymfoni: en sort Rhynchonellida og 2 røde, 2 hvide og en brun Terebratulida.



Figur 6. Rød Terebratulida ca. 3 cm bred. To eksemplarer i 7 meters dybde i Doubtful Sound, New Zealand. Læg mærke til, at både brachiopoderne og klippen er overvoksede af skorper af røde kalkalger, der ikke viser spor af søpindsvine-gnav. Den hvide klump på det åbne filtrerende eksemplar er en svamp. Foto: R.G. Bromley.

På jævn bund på shelfen ud for Sydaustralien findes bryozogrus og -sand og kalksand, der meget minder om Danientidens sedimenter. De nutidige sedimenter har en meget artsrig fauna af Terebratulida, der er tilpasset til at leve frit. De har alle en stilk, som nogle af dem har hæftet til bryozofragmenter som slæbeanker. Andre er ikke hæftet til noget, men bruger stilken som en 'kængurustylt' for at undgå at synke ned i sedimentet.

Brachiopodfaunaen under Sydkorset har endnu ikke åbenbaret sine sidste hemmeligheder. Jeg rejste derned for nogle måneder siden blandt andet for at finde svaret på, hvorfor store brachiopoder her kunne trives på helt lavt vand i lyszonen. Var teorien om de gnavende søpindsvin forkert, eller var der ingen gnavende søpindsvin?



Figur 9. Aftryk af et ca. 15 cm langt blad af Macclintokia i en cementstenskonkretion.

Bambuslignende, fladtrykte stængler er i øvrigt en af de hyppigste planterester, man finder i moleret. S.G. Larsson, som studerede insekterne i moleret i midten af 1970'erne, mente, at insekterne stammer fra et område med engstrækninger med langsomme vandløb og stillestående vand og med krat og buskvækst, mens insekter fra egentlige skovområder ikke er almindelige.

Der må have været et smukt og varieret landskab rundt langs molerhavets kyster med stejle skovklædte højderygge, der har strakt sig ned mod sø- og flodfyldte dale, hvor det høje siv- og bambuskrat har bølget i brisen. Havet har taget imod en del af plantefragmenterne fra det frodige land og begravet dem på bunden af af molerhavet, og ved at søge i den gamle havbunds forstenede dagbog, kan vi nu ved fundenes glimtvis afsløringer ane den frodighed, der omgav dette molerhav.

Sammenfatning

Hvorledes kan landet omkring molerhavet da beskrives samlet? Tolkningen kan aldrig blive komplet, dertil mangler en masse af puslespillets brikker. Det vi delvis kender er landets:

- **planteliv:** Der er fundet fossilt ved (drivtømmer), som muligvis har drevet om længe før det vandmættede træ sank til bunds. Der er fundet rester af urteagtige planter, hvis transport må have været væsentlig kortere. Plantelivet indikerer et klima med en højere årlig gennemsnits-temperatur end den, vi har i dag.



Figur 8. Fossil træstamme i cementstenskonkretion med flere fastsiddende blåmuslinger.

nen var aktiv i den tidlige del af Tertiærtiden, da den Afrikanske plade pressede Alperne op langs den Europæiske Plades sydlige rand. En sideværts forskydning af Europa langs Tornquist Zonen medførte adskillige opskydninger af blokke i forkastningszonen. Man kunne f. eks. pege på Hallandsåsen eller Kullen som mulige blokke, der kunne have haft en nu bortroderet overflade af kalk og kridt. Måske har det hævede land været beliggende så tæt på som Anholt eller Læsø, der også ligger på delblokke i Tornquist Zonen, men som senere har undergået erosion og partiel indsynkning.

Et frodigt land omkring molerhavet

Talrige af de fund, man kan se på Mølmuseet på Mors, tyder på, at landet var var grønt og frodigt med talrige træarter og antageligt ligeså talrige arter af blomster og buske. Spraglede fugle, som flere gange er beskrevet i Varv, har flagret rundt mellem grenene, det har summet med insekter, og skildpadder og krokodiller har levet i det mudrede flodvand. Der er en plante, som har stået tæt med store tenformede blade, som vi ikke kender i dag. Det er *Macclintokia* (fig. 9). De seneste fund af planten tyder stærkt på, at det har været en stængelplante med kransstillede blade. Det er påfaldende, at disse blade sjældent findes bevaret komplet, og Bent Søbølke tolker dette som udtryk for, at bladene visnede i spidsen, før de faldt af planten.



Figur 7. Hvid Terebratulida ca. 6 cm bred fra 30 meters dybde i Doubtful Sound. Plectolophen kan ses. Foto: D. Singleton.



Figur 8. En hel 'drueklase' af Terebratulida fra 20 meters dybde i Doubtful Sound. I klasen ses desuden to sorte Rhynchonellida og to røde Terebratulida. Foto: R.G. Bromley.



Figur 9. Undersiden af en sten fra en 'rock pool' ved lavvande. Sorte *Rhynchonellida* der er ca. 1,5 cm brede (nogle af dem er overvoksede af en brun-gul svamp). Lyttleton Harbour, New Zealand. Foto: R.G. Bromley.

Der var ingen søpindsvin på lokaliteterne i soppe-dybde. Men der var masser af store, avancerede, gnavende Kinna (Maori-navn for netop denne art af søpindsvin) på de lodrette fjordsider. Men denne art spiser tilfældigvis ikke røde kalkalger. Regulære søpindsvins modne kønsorganer er en stor lækkerbidsken i rå tilstand. Ved åbning af søpindsvin på den nordlige halvkugle er det svært ikke at knække tarmen og få kalksand fra spiste alger og klippeoverflader mellem tænderne. På båden på den New Zealandske fjord var der ikke noget, der knasede. Teorien er endnu ikke væltet.



Figur 7. Cementstenskonkretion med konglomerat mellem fossile rodstykker.

I de sidste par år har Bent Søe i øvrigt fundet flere blåmuslinger i moleret. Oftest sidder de i cementstenen direkte på en forstenet træstamme (fig. 8). Hvis vi går ud fra, at disse blåmuslinger (*Mytilus røsnæsiensis*) har levet på lavt vand som vore nutidige blåmuslinger, er det let at forestille sig, hvordan muslingerne har sat sig på stammerne, mens de har ligget på lavt vand, eller har drevet rundt i vandoverfladen. Da stammen så synker, går den ned med hele 'besætningen', og muslingerne bliver begravet i deres livsstilling om bord på træstammen. (Nærmere detaljer om blåmuslingerne følger i et af de kommende numre af Varv).

Hvor lå kysten med kalkklipper?

Det er velkendt, at kalk og kridt står frem langs Limfjorden, og at kalken som hvælvede skjolde dækker saltstrukturene på Mors, i Salling og Thy. Der er nu intet, som tyder på, at der i den tidlige Tertiærtid har stået kalk-øer frem i molerhavet, så opmærksomheden bør nok snarere rettes mod de Skandinaviske landområder. Her er det specielt Skåne, der tiltrækker sig opmærksomheden. Store dele af Skånes prækvartære overflade består netop af kalk og kridt (se Varvs undergrundskort (1974/2)). Det er tillige kendt, at den svenske vestkyst skæres af Tornquist Zonen (se f.eks. Varv 1988/2, s. 41-43), som er et NV-SØ strygende forkastningsbælte, der strækker sig fra det Alpine Foldebælte i det sydøstlige Europa og op til en forgrening i Kattegat og ud mod Nordsøen. Zo-



Figur 6. En cementstenskonkretion med et fint bevaret aftryk af Vandgran fundet på Mors. Bagved konkretionen ses et stykke af en fossil træstamme.

Er træstammerne styrtet i havet?

Ser vi på en nutidig dansk kyst med aktiv erosion, findes der ofte nedstyrtede træstammer. Disse træer stod lige over kystskrænten i morænelandskabet. Hvis sådan en træstamme med rod og indeklemte sten drev til havs og sank til bunds, ville man finde et konglomerat med sten af meget forskellig oprindelse. Der ville være graniter og gnejser transporteret hertil fra det Skandinaviske grundfjeld, og så ville der være kalksten og flintesten, der er lokale elementer fra højtliggende kalk- og kridtoverflader.

Men hvad nu med de sten som Bent Søe senest har fundet? De viser, at det pågældende træ har vokset på et grovkornet, dårligt sorteret og flintholdigt gruskonglomerat (fig. 7), som må være dannet ved lokalt nedskyl fra et højereliggende bakkedrag eller fra fjeldrygge, som bestod af kridt og kalksten med flint. Foran kalkklipperne har vandløb opbygget kegler af sand og grus, som dannede et skrånende lavland ud mod kysten.

Siden har keglernes grusforekomster været udsat for erosion, hvilket kunne tyde på, at lavlandet også har indgået i et tektonisk opløft. Fra dette unge relief er træerne væltet ned som følge af erosion af en flodskrænt eller lignende og er herfra drevet til havs og sunket til bunds.

SPORFOSSILER

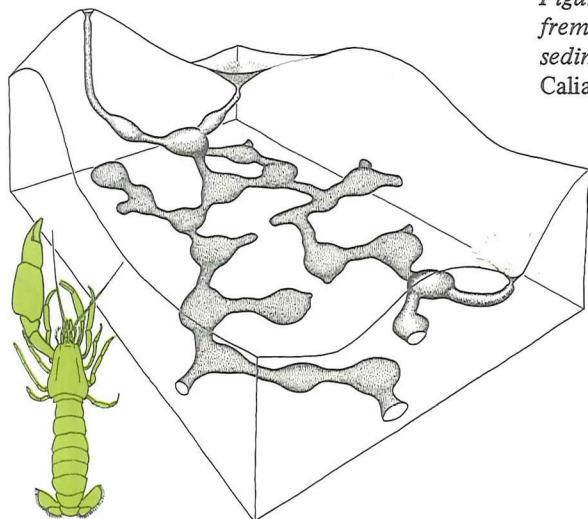
I VARV 1973/2 og 1974/3 bragte vi et par artikler om sporfossiler med eksempler på, hvilke spor mennesker kan efterlade og nogle almindelige sporfossiler fra den danske lagsøjle.

Læren om sporfossiler — Ichnologi (Ichnos er græsk for spor) — blev født i Tyskland i slutningen af 1920'erne og bragt til videnskabelig orden af Adolf Seilacher i begyndelsen af 50'erne. I ca. 25 år var Ichnologi meget populær. Den blev anvendt af palæontologer til at vise 'bløde' ubevarede dyrs gravende aktivitet i sediment og anvendt til tolkningen af fossile samfund. Sedimentologer brugte den i forbindelse med uorganiske sedimentstrukturer til at tolke udviklingen af bassiner — især med hensyn til havdybde. Som så ofte før, når en videnskabsgren bliver 'mode', blev de første principper til rene dogmer, og overfortolkninger fandt ofte sted på meget spinkle grundlag. Resultatet blev, at sporfossiler kom i miskredit. Det var ikke så nemt at skelne mellem gravegange dannet af suspensionsædere og dem dannet af sedimentædere, og man fandt alt for mange undtagelser fra 'reglerne' om havdybde og sporfossil-fordeling.



Figur 1. Knold af flint fra stranden ved Møn's Klint. Oprindelig en del af et netværk, der nu er den forkislede indfyldning af et Thalassinoides gravegangssystem.

Efter nogle år ude i kulden er Ichnologien ved at blive taget alvorligt igen. Der er blevet forsket meget i bunddyrs adfærd og tolerancer i mellemtiden. Vi ved også mere om, hvordan bioturbation (spor efter dyrs roden rundt i og på havbunden) påvirker de senere omdannelser (diagenese) af et sediment. Ichnologi har nu en meget bredere basis og har måske også ændret sit mål. Sporfossiler er nu en integreret del af rutine-arbejdet med sedimentære lagfølger.



Figur 2. Gravegangssystem frembragt af et nulevende, sedimenttædende krebsdyr, *Calianassa*.

Blandt de nyeste fremskridt er den forskellige optræden og hyppighed enkelte sporfossiler har indenfor et givet samfund. For eksempel er næsten det eneste sporfossil, man lægger mærke til i det danske skrivekridt, det store, gennede gravegangssystem *Thalassinoides* (VARV 1974/3). Dets tilstedeværelse er fremhævet på grund af forkisling. De fleste flintknolde, der ligger på stranden under



Figur 3. Et *Thalassinoides*-system i grønsand indfyldt med skrivekridt på Nordfrankrigs kyst. Lignende sporfossiler kan ses ved Arnager Kalkens bund på Bornholm.

omdannedes til smectit igennem almindelige forvittringsprocesser. Jordbunden har formodentlig været ret næringsrig og har sandsynligvis kunnet danne basis for en frodig plantevækst. Ved erosion i datidens jordlag blev en del af smectiten opslemmet i flodvandet og således transporteret ud i havet. De sedimenter, vi i dag har kendskab til, er alle meget finkornede, og såfremt floderne har medbragt sedimenter i sandfraktionen, er dette intetsteds bevaret i aflejringerne. Ud fra denne betragtning er der ingen grund til at forestille sig datidens landskab som begrænset af en højenergikyst.

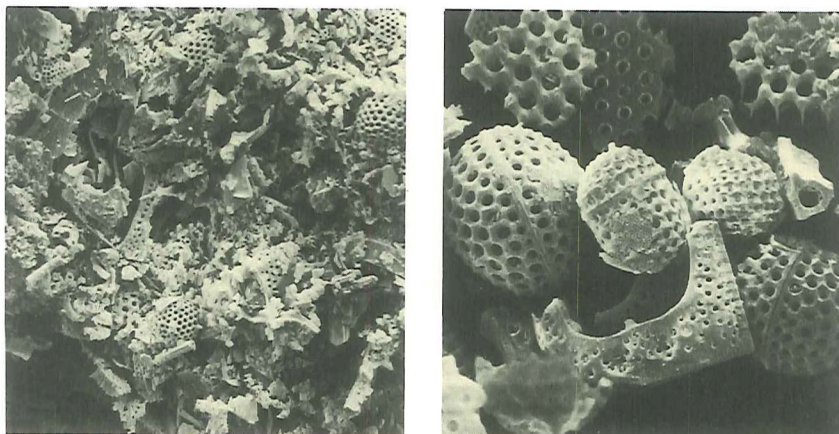
Det skovklædte land

De talrige fund af forstenede træstykker og stammer i moleret tyder på, at store dele af det Skandinaviske landområde har været dækket af skove. Hvilken type skov har det så været? Formodentlig bestod skoven af træer, som vi også kender i dag. Der har været en del fyrretræer, ligesom vandgran og rødtræ har været hyppige. Endvidere er der fundet kviste og blade af *Ginkgo* og *Araucaria*, som i dag er hjemmehørende i varmere klimaer end det nutidige danske. At dømme efter de meget store, fossile rodvælter, der er fundet specielt i Ejerslev molergrav, og som nu er udstillet på Moleremuseet på Mors, har træerne haft samme størrelse, som vi kender fra nåletræer i dag. Fig. 5 viser et af de almindelige nåletræer, der har vokset på land rundt om molerhavet, og fig. 6 er et aftryk af Vandgran fundet i moleret.



Figur 5. Det løvfældende nåletræ Vandgran (*Metasequoia*) blev først genfundet i det centrale Kina i 1941. Indtil da var Vandgranen kun kendt som en fossil art, blandt andet er en meget velbevaret kvist af Vandgran fundet i moleret på Mors (se fig. 6).

indsynkningsområde. Inversionsaksen kan følges fra Skåne (nordsiden af Hallandsåsen) til det sydvestlige Vendsyssel, hvor den følger Fjerritslev Forkastningen. Nord for inversionsaksen ligger Kridttidens lag højt, og det er vist, at de har været udsat for erosion. Syd for inversionsaksen er Kridt-lagene tykke og overlejres af de ældre tertiære sedimenter. Molerhavet udgjorde her et lokalt trugformet bassin i den østlige del af Nordsøen. De nærmeste landområder er Norge mod nord og den svenske vestkyst mod øst. Men det er næppe fra disse områder, at der er sket den store materialetransport ud til Nordsøbassinet. De vigtigste kildeområder er derimod det baltiske område i bunden af Østersøen, Nordtyskland og regionen nord for Skotland. De nærmestliggende Skandinaviske kyster ved molerhavet har nok været præget af mindre å- og flodtilløb.

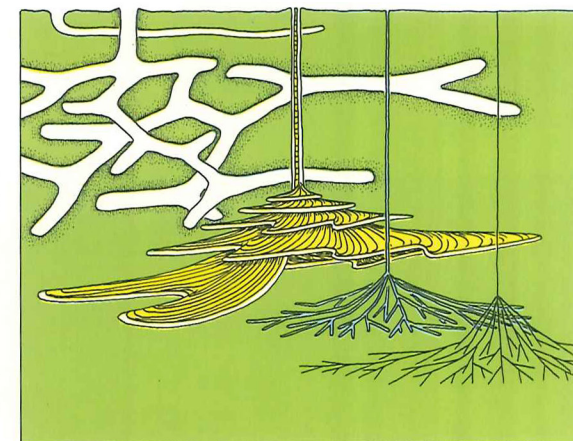


Figur 4. Scanning-elektronmikroskop billeder af moler (til venstre) og af enkelte diatomeer (til højre). Det ses tydeligt, at diatomeerne er hule, samt at porøsiteten er stor, hvilket forklarer molerets ringe vægtfylde. Diatomeerne på billedet til højre er omkring 0,05 mm i diameter, og de vil derfor ikke kunne ses med en almindelig lup.

I det hav, som dækkede Danmark, afsattes sedimenter, som stammer fra to kilder. Fra de øvre vandmasser kom de diatomeer, der udgør størstedelen af moleret. Diatomeer er encellede, kiselskallede alger. Deres opblomstring synes at have været særlig stor i molerområdet, men også i havaflejringerne fra det øvrige Danmark finder man en del diatomeer. Den anden sedimentkomponent er ler. Det drejer sig om partikler med en meget lille kornstørrelse (fedt ler) og fortrinsvis om lermineralet smectit. Dette lermineral dannes dels ved forvitring af kalk og dels ved forvitring af vulkansk aske. O.B. Nielsen har sammenlignet den geokemiske fordeling i askelagene med den i det mellemliggende ler og fundet slående lighed. Vi må derfor formode, at den aske, som faldt på land

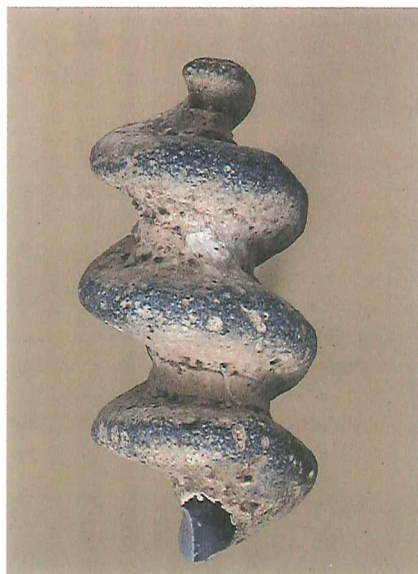
Møns Klint er faktisk dele af *Thalassinoides*-systemer. De er så iøjnefaldende, at man næsten ikke lægger mærke til andre sporfossiler i skrivekridtet. Men *Thalassinoides* er langt fra alene, og den er heller ikke nødvendigvis den vigtigste. Den er blot blevet fremhævet som 'elite-sporfossil' af diagenesen.

De forskellige arter i et dyresamfund i havbunden har deres foretrukne niveau at arbejde i – på engelsk kaldes det 'tiering'. Det bedste danske ord er måske 'stokværk' fra minesproget, det giver et bedre udtryk for aktiv gravevirksomhed end at tale om 'etage'. De fleste arter hører hjemme i det øverste stokværk de første par centimeter under havbunden. Men visse sedimentædere er specialiserede til at grave dybt i stokværk 10, 20 endog 50 centimeter under havbunden. Jo dybere stokværk et dyr arbejder i, jo større mulighed er der for, at de dannede strukturer kan bevares som forsteninger. De dybe stokværk skærer igennem og udsletter de mindre dybe. Så selvom de fleste dyr i et samfund har deres aktivitet i øverste stokværk, er det de mere sjældne dybtgravende dyr, der kommer til at præge de bevarede sedimentstrukturer.



Figur 4. Stokværksdiagram for sporfossiler i Skrivekridt. Det grene- de til venstre er Thalassinoides, i midten Zoophycos og til højre to typer af Chondrites. De forskellige typer er vist med hensyn til afstanden til havbunden.

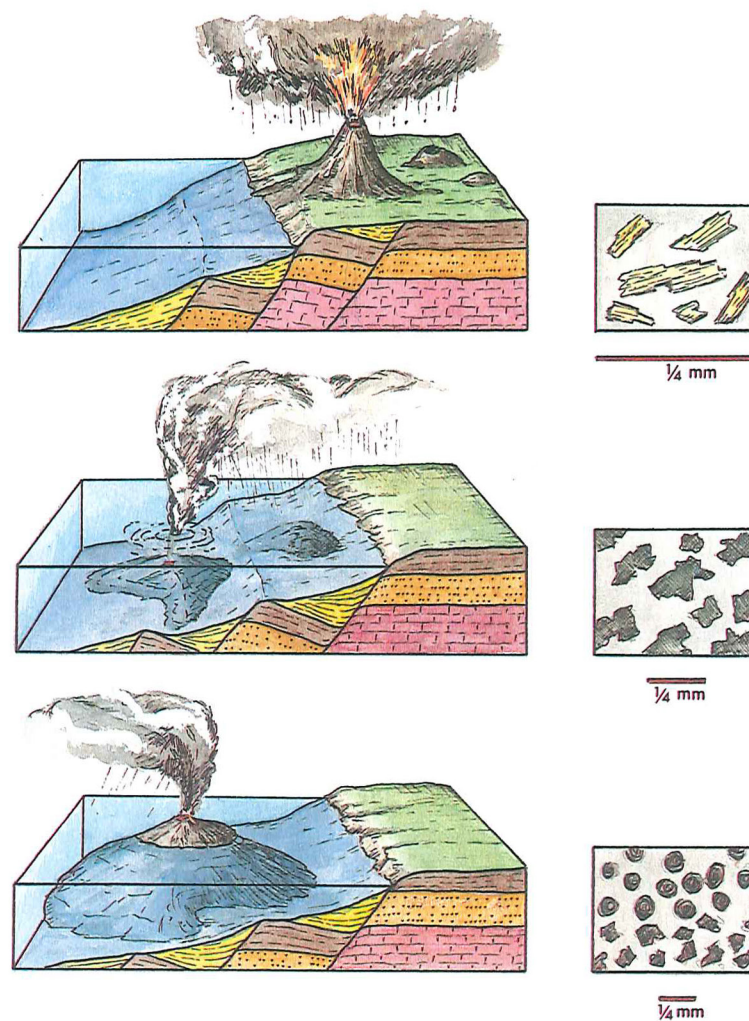
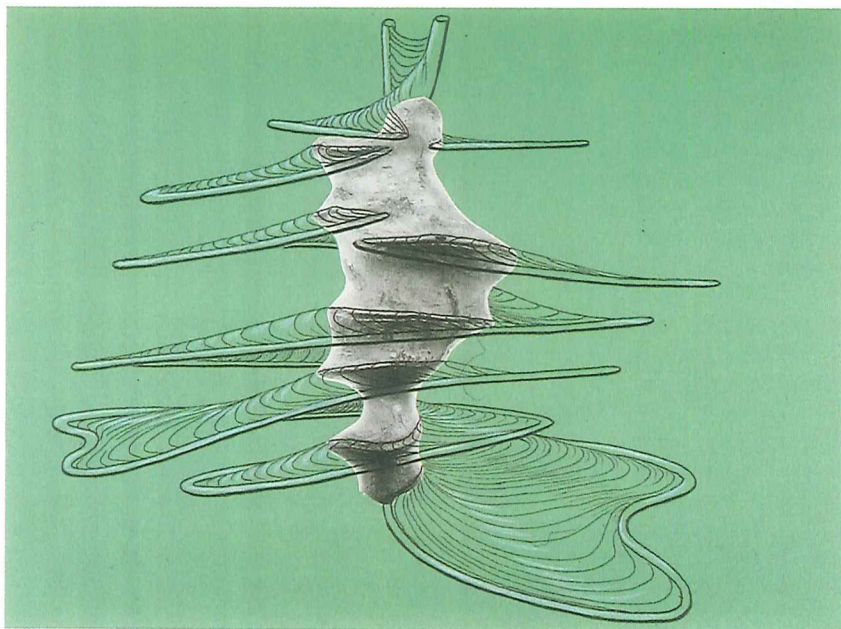
Med 'stokværk' og 'elite-sporfossiler' *in mente* kan et bioturberet sediment analyseres mere nøjagtigt end før. Disse og mange andre aspekter af sporfossiler er behandlet i den nyudkomne bog: 'Trace fossils: biology and taphonomy' skrevet af R. G. Bromley (Unwin Hyman: London, 1990. 280 sider, pris 18 pund). Forfatteren er ansat ved Geologisk Centralinstitut, Københavns Universitet, og en stor del af bogen er baseret på nordisk materiale. Bogens første del består af en række 'case histories' for nulevende dyr, der behandler sedimentet som madkilde, eller graver boliger i det. I den anden del bruges erfaringerne fra de nulevende dyr til at forbedre vor forståelse af sporfossiler og gøre dem 'levende'. Bogens talrige tegninger og fotografier er alle nye og lavet af forfatteren selv.



FLERE SPOR

Til venstre ses en 'spiral' på omkring 12 cm længde. Den er fundet af *Else Olsen* på en mark på Nordfyn og indleveret til VARV af *Peter Mortensen*.

Redaktionen troede først, at der var tale om et kunstprodukt, f.eks. porcelæn, men spiralen er af flint. Sporfossilkenderen *R.G. Bromley* er ikke i tvivl om, at det er den centrale kerne af et Zoophycos-gravegangssystem, og nederst på siden ses en noget større 'spiral' på omkring 35 cm længde fra Limhamn Kalkbrud i Skåne. På dette billede er gravegangssporene tegnet ind, så man lettere får indtryk af selve formen. Sammenlign også med figur 4 side 45.



Figur 3. Blokdiagrammer over forskellige udbrudstyper og de dertil hørende typiske askepartikler. Øverst ses en vulkan, der udsender sur, fortrinsvis lys aske med ganske karakteristisk kornform. Denne type aske forekommer især i den negative serie i moleret. De sorte askelag, der dominerer i den positive serie, er alle basaltiske. De fleste består af 'lynafkølede', uregelmæssige glaskorn, som vist i midten. Denne asketype viser, at udbruddet er foregået under vand. Nederst ses en særlig situation, hvor udbrudsstedet først har ligget under vand, men i løbet af udbruddet er kommet op over havniveau, hvorved det basaltiske materiale danner kuglerunde perler.

Vulkanismen i landet omkring molerhavet

Selv om askelagene er bevaret i havaflejringer, rummer de alligevel oplysninger om vulkanernes placering og udseende. Vulkansk aske består dels af sort vulkansk glas, som er dannet ved en lynafkøling af smelten, dels af små mineral-korn, som fandtes i smelten. En kemisk analyse af glassets sammensætning giver derfor oplysninger om magmaets type. Derudover fortæller askepartiklernes form om vulkanudbruddet fandt sted på land eller fra undersøiske vulkaner. Omkring 1981 mikroskoperede *K.Å. Jørgensen* og *A. Ken Pedersen* prøver af forskellige askelag. De fandt, at der var nogle helt distinkte typer af vulkanisme.

I de nederste sure askelag fandt de askepartikler med trådet og luftfyldt struktur. Denne asketype kaldes plinisk efter Plinius den Ældre, der døde under Vesuv's udbrud i år 79 af gasserne fra vulkanen, da han i et forsøg på at beskrive naturfænomenet var sejlet for tæt på kysten. Derfor navnet den pliniske asketype, som er karakteristisk for et vulkanudbrud af gasrig, eksplosiv karakter på land, nøje svarende til de udbrud, der skaber keglevulkaner som Vesuv.

Den anden type af askepartikler, der er hyppig i de basaltiske askelag, er de 'lynafkølede' subaquatiske glasparkler. De er dannet ved vulkanudbrud på bunden af havet, og først er de hurtigt størknet ved afkølingen i vandet, derpå har de alligevel haft så megen fart på, at de er nået op over havoverfladen og som en askesky er drevet ned over Nordsøområdet og blevet aflejret.

Endelig er der Surtsey-typen, som også findes mellem de basaltiske askelag. Surtsey er den lille vulkanø, der dukkede op af havet på Reykanes Ryggen syd for Island i 1964. Det karakteristiske ved denne asketype er, at asken nederst er lynafkølet under vandet, derefter sker der en udvikling af askepartiklerne, så de bliver kuglerunde. Kuglerunde perler af askeglas dannes, når afkølingen har været så langsom, at glasset har kunnet trække sig sammen, og dette vil kun kunne ske i luften. Vulkanudbruddet må altså være sket over vandet, hvilket betyder, at ligesom da Surtsey dannedes, startede vulkanudbruddet med at en aske- og røgsøjle rejste sig fra havoverfladen, men efterhånden som vulkanudbruddet havde været et stykke tid, blev der aflejret så meget lava og aske, at udbrudscentret til sidst stod oven vande. På fig. 3 ses en skitse af dannelsesmekanismen for de forskellige asketyper, som findes i moleret.

Her bør man bemærke, at der nederst i askelagsserien er tegn på eksplosiv vulkanisme, der foregik på land. Siden skete vulkanudbruddene i havet, men de leverer så meget materiale, at der dannedes vulkanøer. Dette kunne afspejle en udvikling fra 'rifting' af kontinenterne og den efterfølgende indtrængning af havet i den aktive spredningszone.

Molerhavets beliggenhed

På det palæogeografiske kort (fig. 2) er der vist en inversionsakse lige nord for molerområdet. Inversion er betegnelsen for en tektonisk hævnning af et tidligere

LANDET OMKRING MOLERHAVET

af Stig A. Schack Pedersen

Forleden dag meddelte Bent Søb Mikkelsen fra Moler-museet på Mors, at han havde fundet flintesten i moleret. Skønt flint forekommer i kridtet i Nordjylland, er der ingen, som tidligere har beskrevet, at der var flintesten i moleret. De eneste flinteagtige sten, man finder i moleret er cementstenene, som folk ind imellem fejlagtigt antager for flintesten. Desuden kendes de forkisledede lerlag, som betegnes skiferlagene. På engelsk hedder de 'chertified shales', hvilket minder om flint.



Figur 1. Flintesten siddende indeklemt mellem fossile trærødder i en cementstenskonkretion fra Ejerslev molergrav. Flintestenen er sort flint omgivet af en tynd hvid bræmme af kalk.

Det aktuelle fund af flintesten blev gjort i en cementstenskonkretion i Ejerslev molergrav. Flintestenene sad indeklemt mellem rødderne på en fossil træstamme, der var indkapslet i cementstenen. I øvrigt sad der også grus, som om det var en gammel jordbund, præcis som det ses, når vi i dag går ned på stranden og ser de nedvæltede træer ligge med roden i vejret med en masse jord og sten siddende fast mellem de forgrenede rødder. Fundet tolkes derfor som en væltet træstamme, der har taget en hilsen med fra landet, hvor den stod. Men hvordan så landet ud ved kysten af molerhavet?

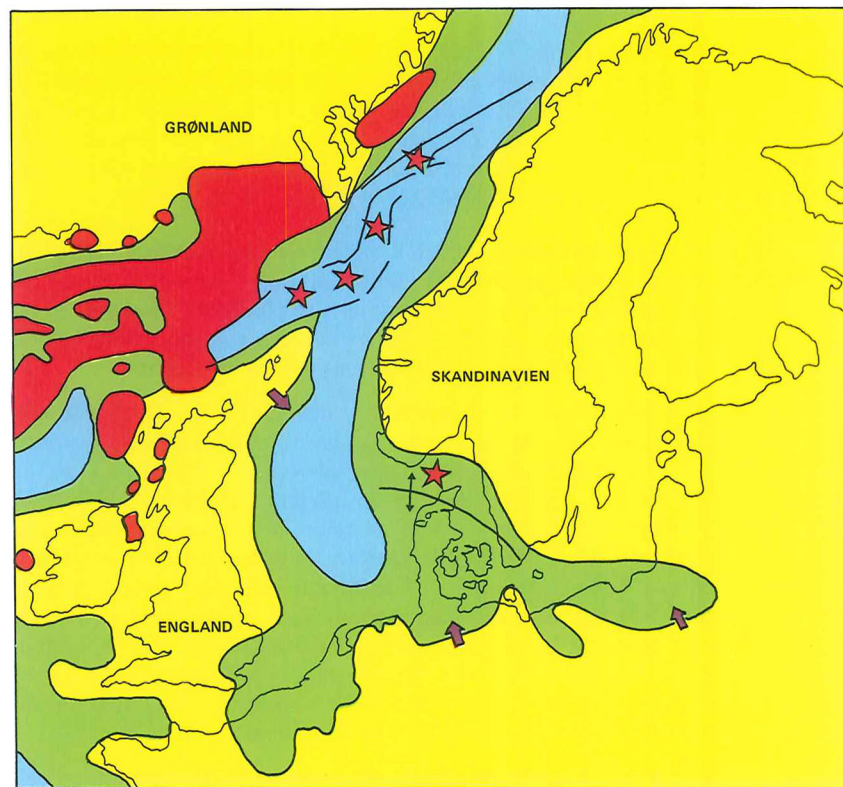
Et andet verdenskort

Et kort over fordelingen af hav og land i gammel tid kaldes et palæogeografisk kort. P.A. Ziegler har i 1988 sammenstillet et palæogeografisk kort over Nord-europa i Palæocæn tid. Kortet er gengivet i en forenklet udgave som fig. 2 og viser fordelingen af land og hav for 50-60 millioner år siden. Når man skal tegne et palæogeografisk kort, tager man udgangspunkt i et almindeligt geologisk kort. Fra dette 'fjerner' man alle de aflejringer, som er yngre end den tid, man har sat sig for at tolke. Resultatet bliver i første omgang et kort med en del hvide pletter, og som i alle andre rekonstruktioner må geologen udfylde disse i overensstemmelse med sin viden og sine ideer om den pågældende geologiske periode. Det foreliggende kort er baseret på traditionelle data fra Danmark, Tyskland og England, hvor der findes aflejringer fra Palæocæn–Eocæn tiden. Herudover indgår også de sidste nye oplysninger fra olieboringer og seismiske profiler, der ellers ikke er så let tilgængelige for folk uden for 'olie-cirklerne'.

Det, der umiddelbart falder i øjnene ved kortet (fig. 2) er, at det meste af Nordatlanten mangler. Landmasserne ligger tæt samlet omkring Nordsøen, som har været et rigtigt indhav. Dette skyldes også, at der ingen havvands tilførsel skete op gennem den Engelske Kanal fra sydvest. Atlanterhavet var et snævert havområde, måske sammenligneligt med det Røde Hav i dag. I strædet mellem Grønland og Norge var en rivende udvikling igang. Atlanterhavets åbning og en voldsom vulkanisme forårsaget af den 'hotte plume' i kappen gav ophav til såvel dannelse af ny oceanbund som enorme plateaubasalt-områder, blandt andet i Østgrønland. Disse blev beskrevet af Lotte Melchior Larsen i sidste nummer af Varv (1990/1), mens Atlanterhavets dannelse er omtalt af Hans Christian Larsen i Varv 1978/1 og 3.

Men det er ikke kun ude i Atlanterhavet, at den aktive vulkanisme pågår. Inde i Skagerrak er der også markeret aktiv vulkanisme. Evidenserne for denne vulkanisme er S.A. Andersens isopachyt kort over askelagenes vifteformede udbredelse, A. Noe-Nygaards beskrivelse af fundet af basaltiske blokke i trawl fra området, og P.V.B. Sharmas kortlægning af magnetometriske anomalier på havbunden ud for Norges sydkyst. Disse vulkaner, både de nærtliggende og de mere fjerne, satte deres præg på det hav, som dækkede det nuværende Danmark. Dette ses af, at molerserien indeholder mere end 179 lag af vulkansk aske (nummereret ÷39 til +140).

I hvilket omfang prægede vulkanismen landet omkring molerhavet? Det bliver formodentlig aldrig muligt entydigt at bevise, at den vulkanisme, der skabte Færøernes plateaubasalter er præcis den samme som den, der forårsagede det enorme askefald over molerhavet, som svarer til de 120 askelag, som følger over askelag +19. Men der kan ikke være tvivl om, at disse basaltiske askelag stammer fra den samme aktive zone, som tillige omfatter Færøerne og hele spredningssystemet, der er vist på fig. 2.



Figur 2. Palæogeografisk kort over en del af Nordeuropa i tidlig Tertiær tid for 50-60 millioner år siden. Molerhavet omfattede den lavvandede del af Nordsøen syd for den lokale hævningsryg (inversionsakse) med retning NV–SØ gennem det nordlige Kattegat. Gult er datidige landområder, grønt lavvandede have, blå farve viser udbredelsen af dybe have og rødt plateaubasalter fra tidlig Tertiær. Stjerner angiver vulkanisme og lilla pile materialetilførsel til molerhavet. Stregen med sorte, fra hinanden rettede pile i Skagerrak er inversionsaksen. Omtegnet efter P.A. Ziegler (1988).