

VARV læsere vil kunne nikke genkendende til nogle af de geologiske emner, som har været mere fyldigt behandlet i dette tidsskrift. Se f.eks. hvad de samme forfattere har skrevet i VARV 1997, nr.2 om isboringer, i VARV 1998, nr.1 om kryolitforekomsten og i VARV 2000, nr.2 om Jordens tidligste historie.

De fleste læsere vil givetvis blive fanget af opslagene om Grønlands varme kilder og Liv på og i Indlandsisen. Hvor det dog kribler og krabler i kryokonithullerne. Og der er mange andre opslag, som giver oversigt over og detaljeret indsigt i, hvordan planter, dyr og mennesket har taget Grønland i besiddelse.

Teksterne er velskrevne, de videnskabelige problemer behandles sobert uden journalistiske armsving, og illustrationerne er generelt af meget høj kvalitet. Der er god grund til at lykønske KGS og KMS med udgivelsen af dette 6. bind i anden serie af Atlas over Danmark. Det er et pragtwerk, som er et 'must' for enhver, der rejser til Grønland, det være sig i embeds medfør eller som turist. Benyttes litteraturhenvisningerne er atlasen også et godt tilbud til mange lærere i folkeskolen og gymnasiet.

Det var under Anden Verdenskrig, da Danmark var besat og dets selvstændighed var truet, at Det Kongelige Danske Geografiske Selskab besluttede at udgive et nationalt kortværk, Atlas over Danmark. Med datidens teknik var det et kæmpeprojekt, og Danmark var for længst blevet befriet, da det første atlas- og tekstbind, Axel Schous værk Landskabsformerne, udkom i 1949. I det og de nærmest følgende bind lagdes hovedvægten på Kongerigets sydlige provinser, det egentlige Danmark. Færøerne blev først selvstændigt behandlet ved udgivelse af Topografisk Atlas Færøerne i 1996. Og i år 2000 fulgte så bindet om Grønland.

Ihukommende de nationale bevæggrunde til projektets opstart, og set i lyset af de aktuelle løsrivelsesbestræbelser på Færøerne og i Grønland, fristes man nu til at udbryde: "Det Kongelige Geografiske Selskab og Kort- og Matrikelstyrelsen nåede det, mens tid var". Begge bind er tilmed kommet i engelsksproget udgave.

Men man behøver ikke at være politiker for at gætte, hvad der vil ske, såfremt/ når de nordatlantiske drømme om store oliefelter og rige mineralforekomster en skønne dag bliver en kontant realitet. Måske var det klogt at forberede nye udgaver, en på færøsk om Færøerne og en på grønlandsk om Grønland.

Asger Berthelsen

VARV

NR. 2

BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER

2001



PÅ SPORET AF DINOSAURERNE I PORTUGAL
ET PALÆONTOLOGISK MYSTERIUM
OVERSKYDNINGEN OG ET PAR STORE TEKTONIKERE

Forsidebillede: *Hovlignende aftryk af en sauropods bagfod, Portugal.*
Foto: J. M. Nielsen.

Forfattere til artiklerne i dette nummer kan kontaktes på følgende adresser:
Jesper M. Nielsen, Kurt S.S. Nielsen, Bjørn Hageskov og Asger Berthelsen,
Geologisk Institut, Østervoldgade 10 1350 Kbh. K
Henrik Madsen, Molermuseet, Skarrehagevej 8, Hesselbjerg,
7900 Nykøbing Mors
Claus Heilmann-Clausen, Geologisk Institut, Århus Universitet,
8000 Århus C

VARV

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

Redaktion: Asger Berthelsen, Bjørn Buchardt, Bjørn Hageskov, Henrik Fougat,
Mikkel Hede, Mikael Pedersen 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: B.B. Serigrafi & Offset.

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 120 kr i abonnement for 2001
Abonnement kan tegnes ved at indsende beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80,
eller 140 SEK til VARV's svenske postgirokonto: 4388-5, eller 140 NOK til V
VARV's norske postgiro: 0806 1923234.

Adresseændringer bedes meddelt VARV

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

Anmeldelse

Topografisk Atlas Grønland

Redigeret af Bjarne Holm Jacobsen, Jens Böcher, Niels Nielsen,
Rolf Guttesen, Ole Humlum og Erik Jensen.

I kommission hos C. A. Reitzels Forlag, København 2000.

Det Kongelige Geografiske Selskab (KGS) indledte ved udarbejdelsen af Topografisk Atlas Færøerne (fra 1996) et nært samarbejde med Kort & Matrikelstyrelsen (KMS). I det sidst udkomne bind, Topografisk Atlas Grønland fra 2000, har KMS også deltaget i selve redaktionen og fremstår som medudgiver. Dette samarbejde har, efter resultatet at dømme, været forbilledligt - på nær omslaget og titelbladets udformning, som bærer præg af den udbredte logomani, som statslige og privatiserede styrelser er blevet angrebet af. I modsætning til KGS' klassiske logo, skæmmer KMS' skævt placerede trekantlogo mere end det pynter.

Topografisk Atlas Grønland er på 278 sider trykt på glittet papir og i vanligt atlasformat. For tungt og stort til sengelæsning, men en fryd for øjet ved skrivebordet. Det indeholder 83 'opslag', hvor en lang række specialister deler ud af deres viden om Grønlands globale placering, topografi, geografi, geologi, biologi og menneskets tilstedeværelse. Opslagene er rigt illustreret med farvestrålende appetitvækkere i form af kortudsnit, diagrammer, og fotografiske optagelser fra satellit, fly og øjemhøjde. Bagest findes stednavnefortegnelse, litteraturhenvisninger og stikordsregister.

De geologiske opslag giver en kort indføring i Grønlands geologi, mineralske råstoffer, Jordens ældste bjergarter, sjældne mineraler, tidligere minedrift ved Kobberminen, Ivittuut, Maarmorilik og Mesters Vig. Andre opslag er viet mere unike fænomener som naturlig tungmetallforurening ved Citronen Fjord og kalksøjlerne i Ikka fjorden. Andre igen handler om Kap København-formationen, der vidner om et skovklædt Gønland, om iskerneboringer, permafrost, Østgrønlands isdækker og Nioghalvfjerdsfjorden, hvor havet spiser Indlandsisen, og om kalvende isbræer i Vestgrønland. Fagligt er der glidende overgang til geografiske artikler om bl.a. jorbundstyper, jorderosion og blå floder på Indlandsisen. Et opslag er viet Grønlands tyngdefelt, men der er ingen opslag om grønlandske jordskælv eller nordlys.

Indledningen stiller spørgsmålet: 'Hvordan kan så forskellige landskabstyper - de spidse Sunnmørsalper, Jotunheimens fjeldverden, Geirangerfjorden, de store isfrontdeltaer og skærgårdens myriader af øer - være opstået i løbet af de sidste 2,5 millioner år?

At det ikke skyldes **Kittelsens** trolde, men de sen-tertiære floder og Istidens bræer, uddybes i de efterfølgende tre hovedafsnit. I 1. afsnit om isen og smeltevandets erosion kan bl.a. læses, at bræerne har plukket og fjernet omkring 4.000 kilometer stenmasse fra Sognefjorden og dens sidefjorde og tilstødende dale. Hvor udbredt den kvartære erosion var, fremgår dog tydeligst af figur 25C, et profil mellem Bergen og Glomma, hvor det sen-tertiært deformerede peneplan er rekonstrueret. Her er ca. halvdelen af landmassen over havets overflade blevet fjernet af den kvartære erosion. Side 54-59 kan læses om, hvad det var for en bjerggrund, der blev fjernet. Derpå følger beskrivelser af de forskellige egne landskabstyper.

I 2. afsnit, som er bogens længste (side 87-170), gennemgås is- og smeltevandsafsatte aflejringer og tilknyttede marine sedimenter - og istidshistorien opulles. Samspillet mellem isafsmeltning, havstigning og landhævning i de forskellige landsdele er illustreret med instruktive diagrammer og palæogeografiske kort.

Det 3. afsnit er mere summarisk skrevet. Her opremses forskellige metoder til datering og bestemmelse af palæoklimaet.

Istider i Norge er en tiltalende og lettilgængelig bog, som starter elementært og bygger op til et højt videnniveau. Uanset hvorhen man vil rejse i Norge, er der information at hente om landskabets fysiske udformning og tilblivelse. Bogen er skrevet som en naturguide for nordmænd, men kan anbefales til alle, som færdes i Norge.

Asger Berthelsen

PÅ SPORET AF DINOSAURERNE

Jesper Milàn Nielsen.

*'A thousand pyramids had mouldered down,
Since on this rock thy footprints were impressed;
Yet here it stands unaltered, though since then
Earth's crust has been upheaved and fractured oft.'*

Edward Hitchcock - 'The Sandstone Bird' 1836

Så poetisk udtrykte Edward Hitchcock sin betagelse af en række fossile fodaftryk, han i 1836 studerede ved bredden af Connecticut River. Hitchcocks store fascination af de forstenede fodaftryk er absolut forståelig, når man tænker nærmere over, hvad de egentligt repræsenterer. I modsætning til et skelet repræsenterer en fossil sporserie et øjebliksbillede af den pågældende dinosaurs liv og kan derved give vigtige adfærdsmæssige og anatomiske oplysninger, der ikke ville kunne aflæses ud fra et skelet. Eksempelvis viser alle sporserier fra dinosaurer, at de har haft en opret gang med benene lodret under kroppen, som det er tilfældet hos fugle og pattedyr i dag. Der er heller ikke fundet eksempler på slæbespor efter dinosaurernes haler, hvilket viser at selv de gigantiske sauropoder har gået med halen løftet fri af jorden. Hvis palæontologerne i første del af 1900-tallet havde brugt data fra sporserier i deres rekonstruktioner af dinosaurerne, var det klassiske - og forkerte - billede af dinosaurer som sløve padder, der vraltede tungt omkring med skrævende ben og halen trækkende efter sig, måske ikke opstået.

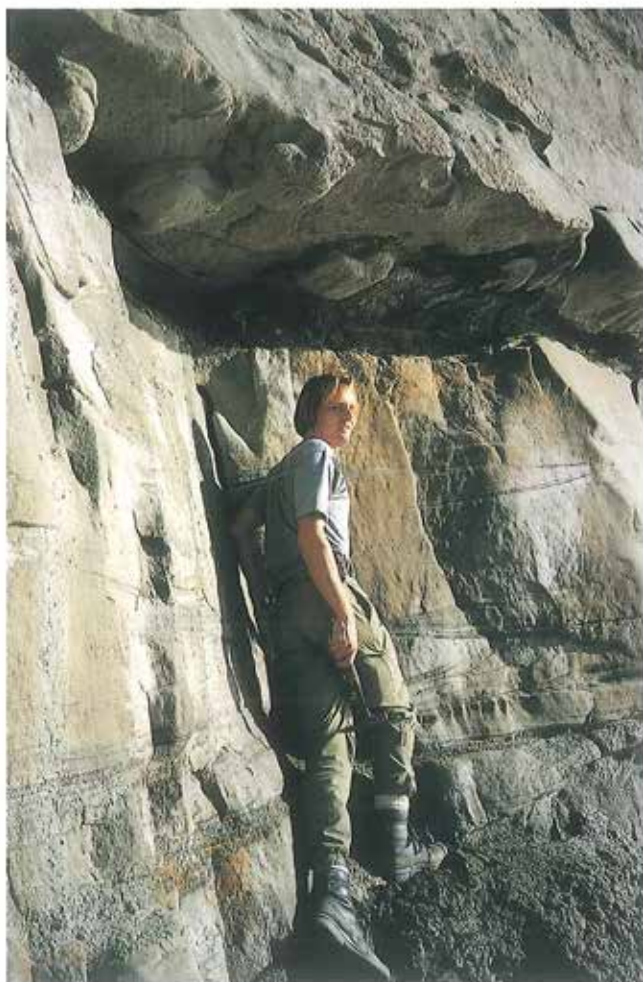
I nogle tilfælde er det muligt at komme med adfærdsmæssige tolkninger ud fra sporserierne. Der er fundet eksempler, hvor dinosaurer har færdes i flok, har gået og løbet. I et enkelt tilfælde er der fundet en mulig jagtscene, hvor sporene fra tre rovøgler følger efter sporene fra en flok sauropoder (langhalsede firbenede planteædere). Der er også fundet sporserier, der vidner om fysiske handicap, som haltende individer og spor med manglende tæer.

For at et spor kan fossilisere, skal det afsættes i et sediment, der er blødt nok til, at der dannes et aftryk, men ikke så blødt at det flyder sammen igen. Dernæst skal sedimentet hærde til en vis grad, inden det dækkes af et andet sediment. Lagfladen, hvor sporet er afsat, skal danne en form for lithologisk grænse, det senere er muligt at spalte lagene langs, hvis det skal være muligt at genfinde

sporene. En sådan lithologisk grænse kan være mellem sand og ler i flodaflejringer, en hærdningshorisont i marine kalkaflejringer eller lignende.

Når sporet på ny ser dagens lys, findes det enten som det oprindeligt afsatte spor (figur 3), eller man finder 'afstøbningen' af det (figur 1). I fine laminerede sedimenter kan det samme spor i nogle tilfælde erkendes på flere lagflader under hinanden. Denne form for spordannelse kaldes undertracks eller transmitterede spor. Transmitterede spor er som regel lette at skelne fra oprindelige spor, da de viser en meget mindre detaljeringsgrad.

De mest imponerende og nemmest tilgængelige sporserier i Europa findes i Portugal, der i Jura og Kridttiden var et ungt riftbassin i forbindelse med åbningen af Atlanterhavet.



Figur 1. Brede tretåede spor efter tobenede planteædere bevaret som udfyldninger på undersiden af en sandstensbænk i Lourinhã Formationen, Øvre Jura, Portugal. Sporene er oprindeligt afsat i lerlaget oven på den nederste sandstensbænk, og er efter de er hærdet blevet overskyldet og udfyldt med sand.

Anmeldelse

BJØRN G. ANDERSEN: ISTIDER I NORGE

Landskap formet av istidenes breer.

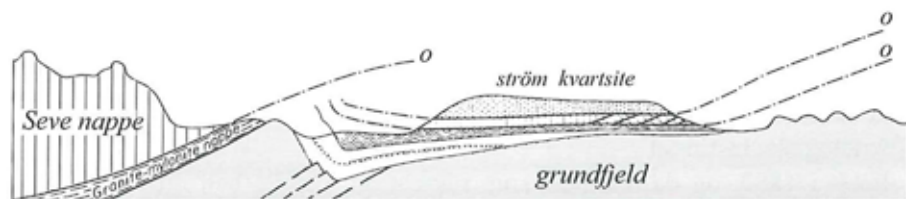
Universitetsforlaget, Oslo

Første gang jeg tager bogen i hånden, åbner den sig på side 61 og figur 29A, og selvom jeg ikke lider af højdeskræk, kommer jeg til at gyse ved synet af de sommerklædte turister, som ubekymret soler sig på Prekestolens isafhøvede sæde og nyder udsigten over Lysefjorden. Der er 600 meters frit fald fra stole-sædets kant. Prekestolen er det, der er tilbage, efter at enorme stenmasser har løsnet sig langs lodrette brud og er forsvundet ned i den glacialt overdybede fjord.

Der er ikke blot storslået natur, også historie i billedet. Det var her ved Lysefjorden, at professor Jens Esmark fra Universitetet i Kristiania (Oslo) nåede frem til den opfattelse, at 'uhyre Ismasser' engang må have dækket Norge og store dele af Nordeuropa. Teorien blev fremsat i 1824, flere år før lignende tanker dukkede op i Alperne. Istidsteorien forklarede en lang række ellers højst besynderlige fænomener, som jætter og trolde tidligere var blevet gjort ansvarlige for, f.eks. optræden af jættegryder og stedfremmede vandreblokke.

Der er også nyere historie i figur 29A. Det var ved denne farefulde fjord i Ryfylke, at bogens forfatter, den nu velmeriterede professor Bjørn G. Andersen, trådte sine istidsgeologiske barnesko. Han kortlagde de stenede randmoræner, som Lysefjordbræen havde afsat under Yngre Dryas fremstødet (12.600-11.400 år før nu). Observationerne blev benyttet til for første gang at beregne en fjordgletschers form og rumfang. Siden da har Bjørn G. Andersen udstrakt sine kvartærgeologiske studier til samtlige norske fylker, Nord- og Sydamerika samt Antarktis.

Hans seneste bog, *Istider i Norge*, er en indbydende tryksag på 216 glittede sider med blødt omslag og 130 figurer, flotte flybilleder og landfotos og instruktive kort og diagrammer. Sproget er norsk, men et norsk, som næppe vil volde danske læsere større problemer. Det er malende, virker ikke lærebogsagtigt og kan stort set læses uden særlige forudsætninger. Skulle det knibe, kan man altid ty til side 189-207, hvor relevante fagudtryk er forklaret. Hvad svaberg og hvalskrottfjell står for (roche moutonnée), fandt jeg dog først ud af i teksten til figur 38.



Profil fra fronten af de skandinaviske kaledonider visende Seve nappen, som Törnebohm demonstrerede til at være skudt mindst 100 kilometre ind over det baltiske grundfjeld med sine pålejrede sen-prækambriske og kambro-silure aflejringer. Profilet er efter Asklung 1960. O = overskydning.

oversigtskort, der viser den tektoniske opbygning af de centrale svenske og norske Kaledonider og af flere tværprofiler.

Bogen blev Törnebohms hovedværk og skaffede ham stor international anerkendelse. På den norske side af Riksgränsen blev overskydningshypotesen dog først taget for gode varer adskillige år senere. Efter 27 år som særdeles aktiv og produktiv freelance geolog, vendte Törnebohm i 1897 tilbage til SGU som institutionens øverste chef, en post han varetog indtil sin pensionering i 1906. Han døde i 1911, efter at have modtaget talrige hædersbevisninger.

I løbet af 1900-tallet, ikke mindst efter pladetektonikkens fremkomst, har kendskabet til De skandinaviske Kaledoniders geologi og tektonik undergået en rivende udvikling, men Törnebohms tektoniske syntese er stort set blevet bekræftet af de nye undersøgelser. De har tilmed vist, at det totale overskydningsbeløb har været meget større end 100 kilometer.

Oven over Törnebohms Seve nappe er udskilt flere længere transporterede, rødlose napper, hvor der bl.a. indgår materiale fra oceaniske for- og agterbassiner og øbuer, som blev dannet under lukningen af Iapetus oceanet, og som ved Laurentias og Balticas kollision blev fragtet ind over Balticas nappeopdelte shelf.

Pladetektonik eller ej, god kortlægning og svinelær består. Törnebohm fremstår stadig uantastet som en af tektonikkens store pionerer.



Figur 2. Sporserie fra bunden af kalkbruddet i Fatima.

Ved den lille by Fatima, midt i Portugal, findes verdens næstlængste sporserie. Den længste fundne sporserie i verden er på 311 meter og findes ved foden af Kugitang bjergene i Turkmenistan i det centrale Asien. Sporsierne ved Fatima (figur 2) findes blottet i bunden af et gigantisk kalkbrud, der nu efter fundet af sporsierne i 1994 er blevet fredet.

På kalkfladen i bunden af bruddet findes sporsier fra mindst 15 sauropoder, hvor de to længste serier er på henholdsvis 147 og 142 meter. Sporene er fra midt i Juratiden, Bajocian-Bathonian, og er afsat i kalk i et lavvandet havområde, der periodisk har været tørlagt. Det fine karbonatmudder har bevaret mange anatomiske detaljer i sporene. Sauropodernes fødder på for- og bagbenene var meget forskellige, forbenene endte nærmest i en hesteskoformet hov, med kun én indadvendt klo, hvorimod bagbenenes fødder havde tydelige separate tæer, der tydeligt kan erkendes i mange af sporene (figur 3).

En anden lokalitet der absolut er et besøg værd, idet den med rette bliver omtalt som verdens smukkeste sporserie, findes på sydsiden af Lagosteiros Bay, ved Capo Espichel, syd for Lissabon (figur 4). På de stejlt hældende kalkstensflader findes adskillige sporsier fra sauropoder. Det lokale navn for sporene er 'Pegadas de Mula' - muldyrsporene - og stammer helt tilbage fra Middelalderen, hvor sagnet fortæller, at Jomfru Maria kom op fra havet trækkende et muldyr efter sig, en situation der findes afbilledet i klosteret på toppen klinten på et maleri fra 1300-tallet.



Fig. 3. Sauropodspor fra Fatima. I det hovlignende aftryk fra forfoden ses aftryk af den indadvendte klo. På bagfoden ses aftryk af de enkelte tæer.



Figur 4. Verdens smukkeste sporserie, Capo Espichel set fra Lagosteiros Bay. På de stejlt hældende kalkstensklipper findes adskillige sporserier fra sauropoder.

opdagelse, der skulle skaffe ham international berømmelse, nåede han at uddanne sig i bjergartsmikroskopi hos professor Zirkel i Leipzig, og han sagde i 1874 sin stilling ved SGU op for at virke som privatgeolog og kartør for store grubeforetagender og Jernkontoret'. Til sine petrografiske studier fremstillede han selv ca. 4.000 tyndslib. Fra og med 1878 underviste han desuden ved Teknologiska Institutet'.

Først i 1882, og da nærmest som rekreation, vendte han igen tilbage til fjeldkæden. Det tog ham nu ialt 13 år at finde løsningen på fjeldkædens tektoniske gåde, og undervejs var han inde på mange blinde sidespor. Han drog sommer efter sommer på lange rejser i fjeldtrakterne, til fods og til hest og på begge sider af rigsgrænsen. Han gik sine hjælpere trætte og undte sig ikke frokostpauser; nøjedes med at stoppe lidt rosiner, mandler eller tørret frugt i munden, mens han støt fulgte forløbet af de forskellige formationers grænser gennem terrænet.

Det største problem var, at de almindeligt optrædende formationer, Seve og Köli, var mere eller mindre metamorft omdannede og ikke lod sig datere. Det forhold, at de langs fjeldranden i Sverige hvilede på fossilførende kambro-silure sedimentlag, mens de længere vestpå i Norge lå under fossilførende silure dannelser, gjorde Seve og Köli bjergarternes aldersstilling højst problematisk. Törnebohm ændrede da også sin opfattelse om deres stratigrafiske placering flere gange, men hver gang problemerne syntes løst i et område, dukkede der uløste op i andre.

Årsagen var, at Törnebohm ligesom sine samtidige antog, at alle overlejrings-kontakter repræsenterede sedimentære pålejringer. Han tillagde det ikke større vægt, at bjergarterne omkring kontakterne var udvalsed, viste tegn på 'forskyvning'. Törnebohm havde ganske vist tidligere i Dalsland kortlagt en gnejsflage, som var blevet tektonisk overskudt ind over Dalformationen, men han veg længe tilbage for at anvende overskydninger som nøglen til løsningen af fjällgeologiens många motsägelser'.

Det gjorde nok indtryk, da beskrivelserne af Glarus overskydningen i Alperne og Moine thrusten i Skotland fremkom i 1884, men hvis Törnebohm anvendte samme nøgle i fjeldkæden, nåede han op på et kolossalt og hidtil aldeles ukendt overskydningsbeløb, mindst 100 kilometer. At postulere noget sådant krævede dokumentation i form af geologisk oversigtskortlægning af store fjeldområder.

Ti år senere, i 1894, udkom kortbladet over Jämtland Län, og ungkarlen Törnebohm fandt tiden inde til at indgå ægteskab. I 1896 fremlagde han i bogen **Grunddragen af det centrala Skandinaviens Bergbyggnad** udførlige beskrivelser og sin nye tektoniske tolkning, hvor Seve bjergarterne opfattes som en nappe, der er fragtet over 100 kilometer ind over stedfaste kambro-silure dæklag og underliggende grundfjeld. Hypotesen anskueliggjordes af et

DEN STORA ÖVERSKJYTNING

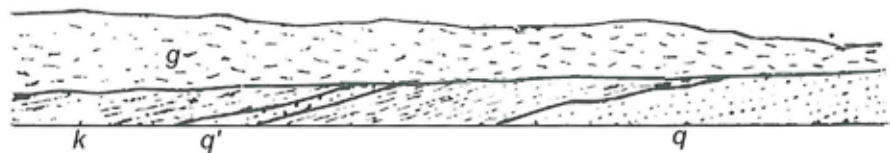
Asger Berthelsen

Besyderligt nok blev hypotesen om **Den stora Överskjytning** i Skandinavien kaledoniske fjeldkæde fremsat af en ingeniør, som umiddelbart efter sin afgangseksamen i 1858 fra Teknologiska Institutet i Stockholm rejste til Wien for at videreudanne sig i elektrisk og fotografisk teknik. Det var en tilfældighed, der tvang Alfred Elis Törnebohm (*1838) til at skifte livsbane. Udbuddet af den italiensk-østrigske krig i 1859 forhindrede ham i, som planlagt, at fortsætte sine studier i Italien. Han måtte rejse hjem til Sverige, hvor der ikke var beskæftigelse at finde inden for hans dengang ret specielle interessefelt.

Törnebohm havde imidlertid, mens han endnu studerede i Stockholm, haft sommerjob som landmåler og fået smag for at arbejde i den fri natur. Derfor var springet ikke så stort, da han i 1859 blev ansat som ekstrageolog ved Sveriges Geologiska Undersökning (SGU), bortset fra det ikke uvæsentlige forhold, at han ikke kendte ret meget til geologi. Det rådede hans nye chef, professor Axel Erdmann, dog hurtigt bod på; han var en fremragende geolog og lærer i geologisk kortlægning, og Törnebohm var en lærevillig og talentfuld elev. Erdmann startede den unge ekstrageolog på kortblade inden for det svenske grundfjeld, der dengang var terra incognita og nok kunne sætte fantasien i sving. Først oplært kortlagde Törnebohm bl.a. Dalsland og påviste som noget helt ny, at der også optræder sedimentære formationer i grundfjeldet.

I 1861 og 1868 tog Erdmann Törnebohm med på rejser til fjeldkæden, som ligesledes var geologisk ukendt land. Somrene 1871 og 1872 foretog Törnebohm på egen hånd udstrakte vandringer fra Dalarne til det centrale Jämtland og videre til Levanger ved Trondheimsfjorden. Han fulgte problemerne over Riksgränsen'.

Men der kom til at gå mange år, inden han formulerede sin hypotese om **Den Stora Överskjytning**. Han var hele sit voksenliv dybt interesseret i spiritisme, men han modtog ikke geologiske visioner ad den vej. Før han gjorde den



Törnebohms skitse (1883) visende overskydningen i Dalsland; den første beskrevne overskydning i Skandinavien. En gnejsflage (g) er fra vest skudt ind over Dalformationens sedimentære bjergarter: k = kalklerskifer; q og q' = kvartsit.



Figur 5. Dybe sauropodspor fra Capo Espichel. I den opskubbede vold omkring sporet ligger en ammonit.

Der findes i alt 8 lagflader, alle med en rig sporfauna, i området ved Capo Espichel. De fleste af sporserierne er tilgængelige, hvis man har lidt klatrefærdigheder og ikke lider for meget af højdeskræk. På den største af de blottede lagflader findes sporserier, der viser, at sauropoder, i hvert fald som unge, har færdedes i flok. Syv sporserier, alle fra halv voksne sauropoder, løber parallelt uden at krydse hinanden, og hele tiden med mindst én sauropodbredde imellem. Sporene fra et enkelt voksent individ krydser de unges spor i en spids vinkel.

Sporene er fra Øvre Jura, Tithonian-Portlandian, og miljøet sauropoderne færdedes i var ligesom ved Fatima, et lavvandet marint område, der periodisk var tørlagt. Sammen med sporene findes en rig fauna af marine invertebrater og sporfossiler. Sedimentet sauropoderne gik i ved Capo Espichel var blødere end ved Fatima, da sporene er betydeligt dybere, op til 20 centimeter, og i flere tilfælde har en vold af opskubbet materiale omkring sig (figur 5).

Der er ikke fundet nogen dinosaurspor i Danmark, da vi stort set ingen terrestriske sedimenter fra Mesozoikum har bevaret. Kun på Bornholm findes områder med sedimenter, hvor spor har kunnet bevares. De fine jurassiske tidevandsaflejringer fra Galgeløkken eller mudderet i toppen af Neomiodon bænken fra Jydegård Formationen er mulige kandidater til steder, hvor Danmarks første dinosaurspor skal findes.

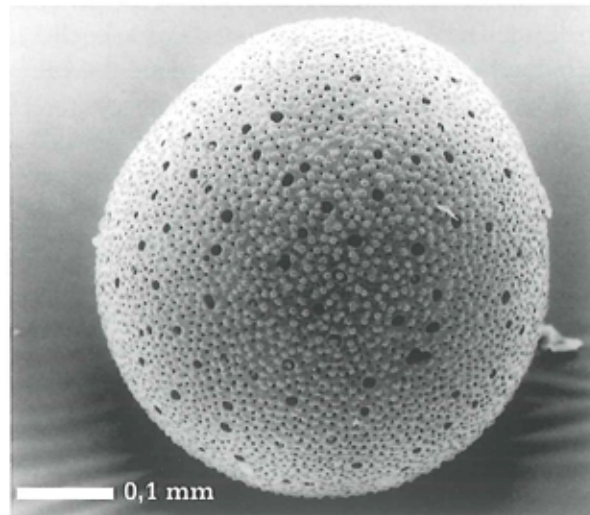
PALÆONTOLOGI og IT

et palæontologisk mysteriums mulige løsning.

Kurt S. S. Nielsen

Glæden men også frustrationen ved at finde et fossil, man ikke kan bestemme med sikkerhed, vil formodentlig være mange af VARV's læsere bekendt. Som palæontolog har man som oftest specialiseret sig i en enkelt dyre-/plantegruppe, men har som regel også et bredt kendskab til de fleste større fossile grupperes udbredelse og forekomst. Det udelukker naturligvis ikke, at der findes fossiler, som man ikke kan genkende eller aldrig har hørt om, men i de fleste tilfælde kan fossilerne henføres til kendte grupper. Men hvad stiller man op med fossile organismer, der ikke ligner noget man har set før, og som derfor ikke kan henføres til nogen kendt gruppe?

Generelt må det konstateres, at jo højere alder den fossile fauna har, desto vanskeligere er det at henføre de enkelte organismer til kendte fossile dyre-/plantegrupper. Som eksempel på dette kan nævnes Ediacara og Burgess Shale (VARV 1999,1) faunaerne (henholdsvis Prækambrium og Kambrium), som indeholder mange organismer, hvis systematiske tilhørsforhold med andre grupper er ukendt. I neogene miljøer (0-23 millioner år) er det relativt sjældent at finde fossiler, der ikke kan henføres til nogen kendt dyregruppe, selv om beskrivelser af nye arter og slægter er et almindeligt fænomen inden for palæontologien.



Figur 1. Orbulina universa. Bemærk størrelsen af *O. universa* (ca. 450 μ meter) samt de store og små porer på skalens overflade



Figur 7. Glarus overskydningen i Segnes passet. Den overskudte permiske Verrucano ses tydeligt øverst i fjeldet. Lige under Verrucano'en optræder mylonitiseret kalk af Jura alder; ellers er fjeldpartiet udformet i Tertiær flysh. Foto: N. Ø. Olesen.

Franskmanden Marcel Bertrand's baggrund for omfortolkningen var udelukkende litteraturbaseret. Han kendte Heim's illustrationer fra Glarus, vidste fra Gosselets beskrivelser (1879) af overskydningerne i Ardennerne, her især Faille du Midi og fra Suess's 'Entstehung der Alpen' fra 1875, at orienteringen af folder og erkendte overskydninger var bestemt af bjergartsmassens transportretning under bjergkædefoldningen. Denne var i de schweiziske alper mod NNV.

Bertrand fjernede derfor den nordlige fold, der var i modstrid med en nordlig bevægelsesretning, og forlængede overskydningen nordover langs bunden af den permiske Verrucano. Dermed havde han etableret Glarus nappen, som værende gledet mod nord ind over de tertiære flysch aflejringer. Ved sin fortolkning tredoblede han Eschers kolossale overskydning til ca. 30 km.

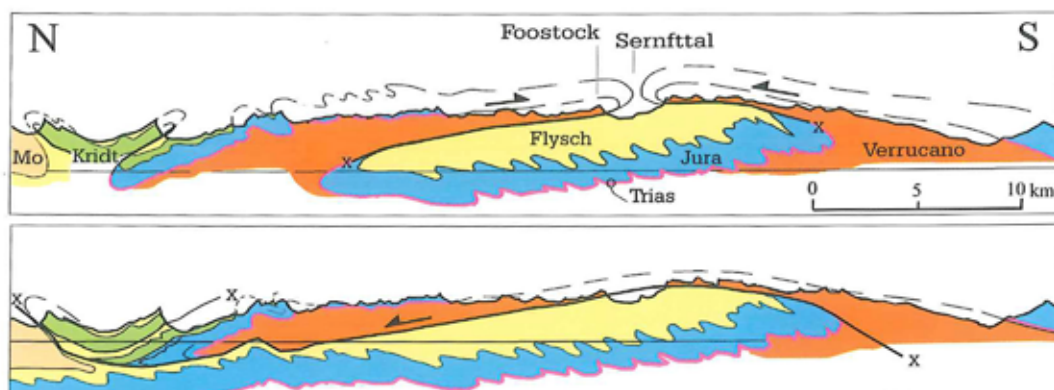
Løsningen er så enkel, at det forekommer helt usandsynligt, at Escher ikke skulle have overvejet at forbinde sine to overskydninger den korte afstand, der er hen over Sernftal. Et godt gæt er, at han ikke turde lægge navn til en så stor overskydning, og derfor minimerede han overskydningsdistancen ved hjælp af folderne. Bertrand fortolkning blev heller ikke just modtaget med begejstring, heller ikke af Heim, men den store Glarus overskydning blev dog allerede i 1893 klart distanceret med mange længder af napperne i de såkaldte Præalper, som havde foretaget en rejse nordpå af Törnebohm'ske dimensioner.

profilet gennem Glarus i sin til Escher dedikerede 'Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung'.

Eschers Glarus dobbeltfold ses øverst i figur 7 (omtegnet efter Heim 1921), hvor specielt to forhold er bemærkelsesværdige. Det ene er, at de to modsat rettede folder (Glarus dobbeltfolden), som næsten rammer hinanden i Sernftal, har en afgørende indflydelse på, at den permiske verrucano bringes ind over de langt yngre tertiære flysch-aflejringer. Det andet er de to modsat rettede overskydningerne, som er udviklet på undersiden (nordre flanke) af folderne. Vi kan således se, at det største overskydningsbeløb (under den mod syd rettede fold) er ca. 10 kilometer.

Overskydningerne og dobbeltfolden var opsigtsvækkende. Overskydningerne på grund af deres 'kolossale' størrelse, og folden på grund af sin højst usædvanlige udformning med den nordlige fold pegende mod syd og mod bevægelsesretningen af den sydlige fold. Bemærk Heims helt identiske dobbeltfold-fortolkning, som ses i nordenden af profilet.

Moderne geologer kan sagtens forstå bemærkningen 'den med sindsygeanstalten', og hvorfor Escher ikke selv publicerede profilet. Profilet er 'helt tosset', og det har denne fremragende feltgeolog inderst inde nok også været klar over. Ved sin død i 1872 undgik han den tort, at se Marcel Bertrand i 1884 udgive den for moderne geologer, og muligvis også for Escher selv, helt indlysende fortolkning af profilet, som er vist nederst i figur 6.



Figur 6. Glarus profilet. Øverst Eschers Glarus dobbeltfold', hvor de to modsat rettede antiklinaler bringer den permiske verrucano indover den tertiære flysch. Bemærk de modsat rettede overskydninger, som er relateret til folderne. Nederst er verrucano'ens placering fortolket som resultatet af overskydning mod nord, hvilket Marcel Bertrand klart indså. Profilerne er omtegnet efter Heim's Geologie der Schweiz (1921). Overskydninger er markeret med X og fed sort streg.

I det følgende gives et eksempel på opdagelsen af sådanne ukendte organismer og forsøget på at identificere dem. De ukendte organismer blev observeret i forbindelse med en undersøgelse af pleistocæne (ca. 1 million år) planktoniske foraminiferer.

Foraminiferer er en encellet, marin dyregruppe, som kan opdeles i to hovedgrupper efter deres levevis, henholdsvis de der er bundlevende (bentoniske) og de der lever frit svævende i vandmasserne (planktoniske). Til den sidste gruppe hører *Orbulina universa* (figur 1). Denne art optræder første gang i den geologiske lagsøjle i det mellemste Miocæn (ca. 16 millioner år) og har siden været almindeligt forekommende i de fleste marine miljøer med undtagelse af de polare. Som det fremgår af billedet af *O. universa*, er den en relativt stor og let genkendelig art med sin sfæriske form. Grundet dens størrelse, form og udbredelse er det en af de bedst kendte planktoniske arter, der findes.

O. universa er primært et rovdyr, men lever desuden i symbiose med forskellige algearter. Skallen er dannet af kalcit og er forsynet med hundredvis af store og små porer. Under et forsøg på at måle porestørrelsen på indersiden af skallerne ved hjælp af et skanning-elektronmikroskop (herefter benævnt SEM), blev de på figur 2-2a og figur 3-3a viste cirkelformede organismer observeret. Ud af 40 undersøgte skaller, alle fra samme prøve, blev de bildæklignende objekter observeret i 2 individer.

Som det fremgår af figur 2-2a, er disse runde objekter spredt ud over indersiden af skallen i det første individ. Bemærk i øvrigt størrelsen af disse, som er ca. 1-2 µmeter (1.000 µmeter er lig med 1 millimeter).

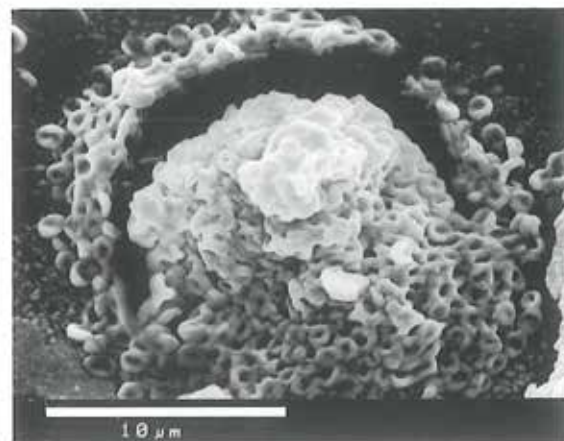
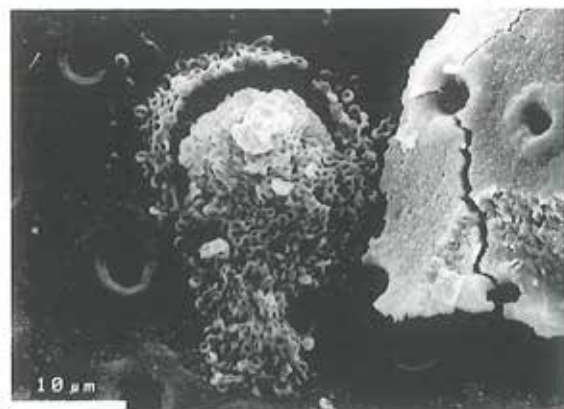
Figur 2. Øverst runde objekter spredt ud over indersiden af *O. universa*'s skal.

Nederst et nærbillede af ovenstående. Bemærk størrelsen af de runde objekter (1-2 µmeter), samt den noget større coccolit midt i billedet.).



Anderledes forholder det sig med objekterne i det andet individ (figur 3-3a). Her synes de nærmest at vokse omkring en amorf (struktureløs) masse af ukendt sammensætning. Da jeg har arbejdet med SEM og foraminiferer i en del år uden at have observeret noget, der minder om de nævnte strukturer, var min første tanke var, at nogen i afdelingen havde lavet en practical joke med mig. Efter at have vist billederne til kolleger kunne jeg afskrive denne mulighed.

Derefter var det nærliggende at undersøge mulige forureningskilder, som kan forekomme under klargørelse af præparatet (se afsnittet om SEM og præparation). Mulighederne for forurening af præparatet er små, men kunne ikke afvises. De omfatter så forskellige ting som: partikler fra luften (herunder bakterier, vira og pollen), blod (man kan have blødt på præparatet) og humant sekret (dvs. spyt eller et nys). Sammenlignes figur 4 med figur 2 bemærkes således en slående lighed mellem de to figurer. De afpillede runde objekter i figur 4 er røde blodlegemer fra et menneske fotograferet i SEM.



Figur 3. Øverts runde objekter på indersiden af skallen fra det andet individ af *O. universa*. Bemærk, at de runde objekter synes at vokse omkring en af de store porer. De runde objekter synes ligeledes at vokse på og omkring en amorf genstand. De nederste foto er et nærbillede af det ovenstående.

ligetil, åben og udadvendt af sind med en sand forkærlighed for feltarbejde og en decideret aversion mod skrivi. Der hersker ingen tvivl om, at Escher var 'feltgeologen' og udstyret en enestående iagttagelsesevne og et usædvanligt blik for at aflæse de overordnede strukturer i alpernes forrevne landskab. Denne 'mægtige og rivende bjergstrøm', som han er blevet omtalt, var tilsyneladende et 'orakel', når han demonstrerede sin geologi på ekskursioner med kolleger fra ind og udland, men en elendig taler i et fyldt auditorium.

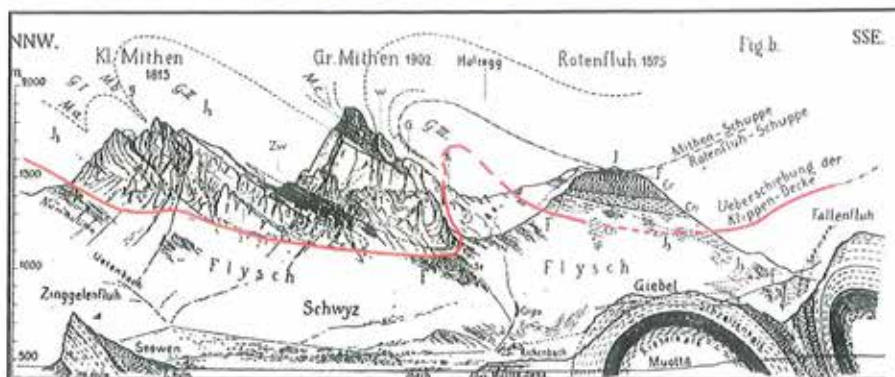
Eschers udforskning af Alperne foregik i nært samarbejde med sin ældre ven professor Bernhard Studer (1794-1887) tiltrods for, at de var vidt forskellige personer og ofte uenige i fortolkninger, som f.eks. af 'Glarus dobbeltfolden', der af Studer blev opfattet (ifølge Suess) som værende i modstrid med naturen og uforklarlig. Det berørte nu ikke Escher, han bekymrede sig ikke om forklaringer, men kun om de faktiske forhold.

Albert Heim mener at makkerparret Escher og Studer allerede i 1830 ved nordranden af det krystallinske Aar massivt havde observeret krystalline bjergarter, som var skudt ind over yngre sediment. Observationen blev ikke publiceret, måske fordi Studer senere skiftede mening til fordel for den antagelse, at de krystalline bjergarter i Alperne repræsenterede plastiske injektioner.

Den første egentlige dokumentation af en overskydningen (Ueberschiebung) kom først i Eschers afhandling fra 1841. Denne rummer et kort over Canton Glarus (øst Schweiz) og et profil gennem Säntis, hvorfra det tydeligt fremgår, at kalkaflejringer fra Kridttiden er skudt indover sediment fra Tertiærtiden. Da lignende forhold siges at findes overalt, er det klart at overskydningen i Säntis lang fra er den første Escher havde set. Afhandlingen indeholder desuden de første oplysninger, som er relateret til den senere Glarus dobbeltfold fortolkning. Escher omtaler nemlig, at der i området syd for Wallensee optræder sandsten og konglomerater tilhørende en bjergartsenhed, der er ældre end Trias (siden henført til Verrucano-enheden af Perm alder), og overlejrer særdeles udbredte Tertiære sediment (flysch*). Escher så dette som indicium på kolossal overskydning eller overfoldning, men tilstår, at det er vanskeligt at have en sådan opfattelse (påvirkning fra Studer?).

Nogle få år senere (1846) udgiver han yderligere oplysninger om den kolossale Glarus overskydning, men han får aldrig publiceret sin berømte model over Glarus dobbeltfolden, som bestemt ikke af den grund var ukendt. Vi kan kun gætte på årsagen til dette, men måske har Heim ret, når han fortæller, at Escher ville give følgende svar til personer, som tilskyndede ham til publikation: 'Ingen vil tro mig, de vil sende mig på sindsygeanstalt'. Heldigvis for eftertiden gik Heim ind for Eschers ideer. Han ikke alene forsvarede Eschers overskydninger overfor de ikke 'troende', men han publicerede også i 1878 (efter Eschers død)

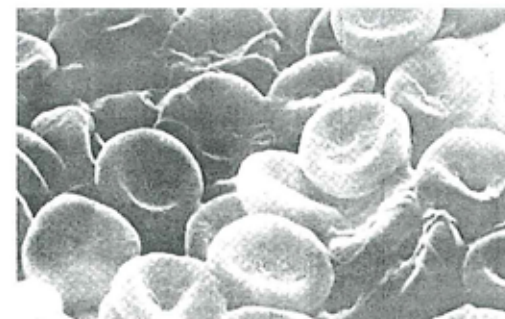
* Flysch en gammel betegnelse for et marint, umodent klastisk sediment, som blev dannet under bjergkædedannelsen. Flysch aflejring er typisk sandsten af gråvakketype.



Figur 5. De to hvide fjelde i ovenstående foto (set mod vest) tilhører Mithen klippen, som ligger helt fremme i Alpernes front ved Vierwaldstatter søen. Nederst er vist Heims profil gennem klippen. Den nordligste del af Schweizeralperne udgøres hovedsagelig af en stabel af kalkstensnapper kaldet Helvetiderne. Kalkbjergarterne i den øverst beliggende helvetiske nappe overlejret af tertiært flysch (se Heims profil). Klippen-Nappen, der fra syd er skudt ind over flysch'en, kendes kun fra et mindre antal klipper heriblandt Mithen. Problemet i Mithen er, at klippens kalksten er vidt forskellig fra de helvetiske kalksten og må været aflejret i et andet bassin. I begyndelsen af det 20. århundrede var det den fremherskende opfattelse, at Mithen-sedimenterne stammede fra Afrikas nordrand, og at de under alpernes dannelse var skudt flere hundrede kilometre mod nord ind over den europæiske kontinentrand. Idag placeres kilden (rodzonen) på den europæiske rand, men mere end 100 km syd for klippens nuværende position. Mithen er altså stadig en rigtig eksotisk klippe.



Menneskets røde blodlegemer er dog alt for store til at de kunne være samme slags som de observerede i prøven. Besøg hos eksperter på Rigshospitalets blodbank, epidemiologisk afdeling samt Statens Seruminstitut overbeviste mig om, at objekterne ikke havde human oprindelse. Ligeledes kunne pollen fra danske træer og planter udelukkes. At objekterne skulle stamme fra forurening af præparatet under præparation syntes således ikke at være sandsynligt. Det synes herefter rimeligt at antage, at objekterne ligesom skallerne er fossile.



Figur 4. Blodlegemer fra et menneske fotograferet i SEM (mangler skala).

I figur 3a ligger de runde objekter tæt på en kokkolit. En kokkolit er en plade fra en coccosphære (alge med et ydre skelet dannet af kalcit) og som det kan ses, viser coccolitten en tydelig krystalstruktur modsat de runde objekter, der er strukturløse. Da objekterne ikke har nogen krystalstruktur, blev det antaget, at disse er af organisk sammensætning og at det drejer sig om en form for mikroorganisme. Da *O. universa* som nævnt lever i symbiose med alger, kunne disse mikroorganismer muligvis være en algesymbiont, men de savner enhver lighed med kendte algesymbionter.

Efter at have deltaget i og fremvist ovenstående billeder på adskillige mikropalæontologiske kongresser i Danmark og i udlandet uden at komme løsningen på gåden nærmere, havde jeg næsten opgivet håbet om at identificere disse objekter, men her kom den nye informationsteknologi (IT) mig til hjælp.

Muligheden for at søge oplysninger på Internettet samt i diverse offentlige nyhedsgrupper er kendt af de fleste. Det må imidlertid erkendes, at meget af den geologiske viden, der præsenteres på nettet, for det meste er direkte misvisende, forældet eller af så almen karakter, at den vil være af ringe interesse i forbindelse med denne problematik.

Da Palæontologica Electronica, et web-baseret palæontologisk tidsskrift, blev oprettet, var det derfor en meget velkommen nyskabelse inden for palæontologien. Serverne, som huser denne elektroniske publikation, indeholder desuden også forbindelser (links) til en specialiseret nyhedsgruppe (paleo-net) der benyttes af mange palæontologer fra forskellige lande. Det er hovedsagelig palæontologer og biologer, der leverer indlæg og debatterer i dette forum. Fordelen ved denne form for kommunikation er dels, at spørgsmål og emner bliver debatteret i en utroligt bred kreds af specialister, dels hastigheden, hvormed den foregår.

Efter at have kontaktet bestyreren af dette forum og bedt om tilladelse til at sende en efterspørgsel samt billeder ud på denne server, gik jeg spændt og ventede på resultatet. I løbet af et par måneder indløb der cirka 100 e-mails indeholdende diverse forslag til organismernes identitet. Blandt disse var en reference til en publikation vedrørende nutidig nedbrydning og omdannelse af karbonatbjergarter i troperne. Den refererede artikel beskriver nogle af de processer og organismer, der er ansvarlige for nedbrydningen.

En af organismerne er en mikrosvamp, *Penicillium chrysogenum*, der efterlader synlige (i et mikroskop) opløsningsstrukturer på bjergarten. Billederne af *P. chrysogenum* fra artiklen er nærmest identiske med de dæklignende objekter, der er behandlet i denne artikel. Derudover indeholdt artiklen også et billede af en bakterie eller en bakteriekoloni, hvis lighed med det amorfe objekt, som de runde genstande syntes at vokse omkring (figur 2a) er slående. Dette gør, at det er nærliggende at udnævne de beskrevne objekter til fossile *P. chrysogenum*, og mysteriet er således muligvis løst.

Er identifikationen af organismerne korrekt, rejser det en række nye problemer, som nu skal undersøges nærmere. Spørgsmål, der skal besvares i forbindelse med identifikationen, er f.eks. om objekterne har deres oprindelige form på billederne, eller om de er faldet sammen ved udtørring. Dette kan desværre ikke besvares med sikkerhed ud fra fotomaterialet alene.

Det mulige fund af *P. chrysogenum* i en planktonisk foraminifer tyder på, at svampen både er en terrestrisk og en marin organisme, men hvad laver den på indersiden af skallen? Som det kan ses på billederne i denne artikel, er der ikke muligt at observere opløsningsstrukturer på indersiden af foraminiferskallerne. Er der en forbindelse mellem bakterien/bakteriekolonien og *P. chrysogenum*, og i så fald hvilken? Hvorfor er de kun observeret i to ud af fyrre skaller? Listen af uløste problemer i forbindelse med fundet af disse objekter er lang, og i et forsøg på at få svar på disse har jeg kontaktet forfatteren til artiklen. Ud fra billederne mener denne, at det er rimeligt at antage, at de er en slags svampesporer, men identifikationen er som tidligere nævnt behæftet med usikkerhed.

Historien ender således ikke her. Selvom der stadig er mange ubesvarede spørgsmål, må det konkluderes, at uden den nye informationsteknologi havde jeg næppe været istand til at få besvaret nogle spørgsmål overhovedet.



Figur 4. Glen Coul overskydningen i Assynt området ligger i selve fronten af de skotske Kaledonider på overgangen til forlandet. På billedet ses forlandet i den venste del med prækambrisk gnejs (Gf) overlejret af sedimenter (S) fra Kambrium og Ordovicium. Til højre ses grundfjeld (Gh), der mod venstre (vest) er skudt ind over forlandssedimenterne. Den øst hældende overskydning markerer sig tydeligt i landskabet. Overskydningen blev først omtalt af Callaway 1883.

I dette VARV nummer har vi valgt et se lidt nærmere på to af feltgeologiens giganter: Svenske Törnebohm (se side 26) og schweitzeren Escher von der Linth

Arnold Escher von der Linth (1807-1872) var professor i Zürich og den blandt mange store schweiziske bjergkædegeologer, der fik æren af at dokumentere den første egentlige overskydning. Han er fremfor alt kendt for sin Glarus dobbeltfold, en for tiden uhørt og opsigtsvækkende fortolkning, som omtales nedenfor. Tiltrods for at denne fold med sine ledsagende overskydninger hurtigt viste sig at være en fejlfortolkning, så er den ikke kun interessant af historiske grunde, eller fordi den fik stor betydning, men fordi den giver et godt tidsbillede af de store overskydningers meget vanskelige 'fødsel'. Konservatismen herskede; også den gang kan man fristes til at sige.

Personen Escher beskrives af to personer, som kendte ham personligt, og som selv fik en fremtrædende plads i den geologiske faghistorie. Den ene er østrigeren Edward Suess, den anden er Albert Heim (elev af Escher og hans efterfølger i professorstolen i Zürich). I følge disse var Escher en bemærkelsesværdig mand,

OVERSKYDNINGENS TIDLIGE HISTORIE OG ARNOLD ESCHER VON DER LINTH

I tektonikkens barndom, hvor man ved feltarbejde var travlt beskæftigede med at afsløre de gådefulde bjergkæders anatomi, blev det tidligt erkendt, at foldning var deres særpræg, og at bjergkædefoldning kunne udløses ved sammenpresning af lag, som demonstreret ved modelforsøg af Hall (1812). Selvom der allerede i slutningen af det 18. århundrede (Dé Saussure 1796) var foretaget observationer visende ældre lag beliggende ovenpå yngre, så skulle der gå mere end en menneskealder, før den første overskydning i nutid terminologi blev etableret, og et århundrede før det generelt var nogenlunde accepteret at langdistance transport langs overskydninger kunne finde sted.

Specielt med hensyn til iagttagelser og etableringen af overskydningen, som en struktur af fundamental betydning, fik forhold i fire europæiske bjergkæder og et lille antal geologer afgørende indflydelse. Kæderne er Alperne, Ardennerne samt de skandinaviske og skotske Kaledonider, som henholdsvis er af Tertiær, Carbon, og Silur alder. Blandt de involverede geologer har specielt A. Escher von der Linth, M. Bertrand, A. E. Törnebohm og B. N. Pearce og J. Horne fået en fremstående plads i overskydningens tidlige historie, som kronologisk udviklede sig som følger:

1841: Arnold Escher von der Linth dokumenterer fra Canton Glarus i Østschweitz den første egentlige overskydning og omtaler fra samme område en kolossal overskydning eller overfoldning i Glarus.

1846: Arnold Escher von der Linth præsenterer yderligere information om den kolossale overskydning i Glarus, og udvikler kort tid efter, men før 1854 sin berømte Glarus dobbelt-fold model, som han aldrig selv publicerer.

1879: Gosselet beskriver og skitserer de overordnede strukturer i det franco-belgiske kulområde, med overskydninger her i blandt Faille du Midi.

1883: Callaway observerer den kaledoniske Glen Coul overskydningen i Assynt området, Northwest Highlands, Skotland.

1883: Törnebohm etablerer en overskydning i det vest-svenske grundfjeld (Dalsland).

1884: Bertrand omfortolker Escher von der Lindth berømte Glarus dobbeltfold og andre strukturer i Alperne

1884: Peach og Horn etablerer den berømte Moin thrust i Northwest Highlands Skotland, og angiver Moin nappen til at være overskudt mere end 16 kilometer.

1888: Törnebohm præsenterer sin overskydningshypotese for de skandinaviske Kaledonider og etablerer som den første en virkelig storskala overskydning. 100 kilometer angives som minimum for Seve overskydning i Jämtland.

Skanning-elektronmikroskopet (SEM)

Ideen til SEM blev undfanget i begyndelsen af 1930-erne. På grund af anden verdenskrig og manglende tekniske forudsætninger var det imidlertid først i begyndelsen af 1950-erne, at de første eksperimentelle SEM blev konstrueret. Siden da er de taget i brug indenfor næsten alle grene af naturvidenskaberne og er nu standard udstyr på de fleste universiteter. Den udbredte brug af SEM har mange grunde, men de vigtigste er: (1) den store forstørrelse som det er muligt at tage et billede under (op til ca. 150.000 x), (2) muligheden for at lave tredimensionale billeder, (3) det er forholdsvis simpelt at lave præparater til SEM, (4) SEM er relativt nem at betjene, (5) selve processen fra prøven blive anbragt i SEM til billedet er taget er relativt hurtig.



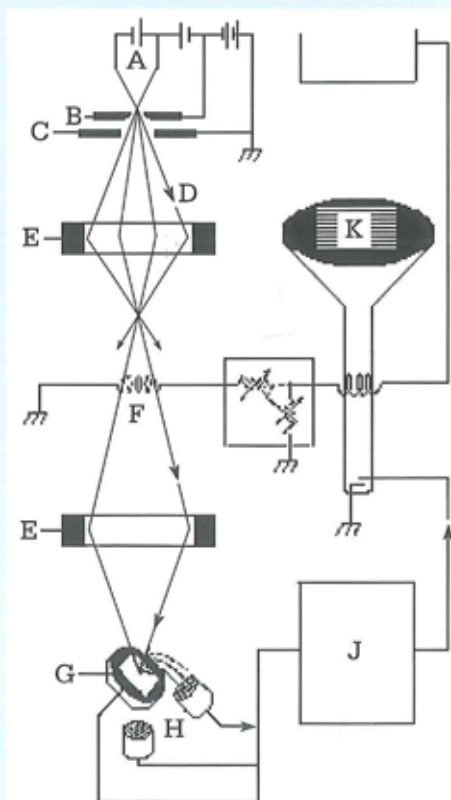
Som vist i ovenstående foto kan SEM instrumentet (Philips SEM serie 500) opdeles i tre hovedkomponenter: Elektronkanonen (A), prøveholderen (B) og monitor (C). Billederne optages med et almindeligt kamera. Prøveholderen, som er indbygget for enden af elektronkanonen, er konstrueret så prøven kan roteres 360 grader i det horisontale plan, samt vippes 90 grader i det vertikale plan. Derudover er prøveholderen monteret, således at det er muligt at tage billeder fra forskellige vinkler uden at montere prøven på ny. Strålegangen i SEM er vist meget skematisk (se figur side 14), da SEM-modellerne kan variere i opbygning. Kameradelen er ikke medtaget i diagrammet. Forberedelsen af en prøve, samt den generelle opbygning af SEM blive beskrevet nedenfor.

Forberedelse af prøver til SEM

Prøven, i dette tilfælde vores foraminifer fra figur 1, anbringes på en lille metalstub forsynet med dobbeltklæbende tape ved hjælp af en pensel eller en nål. Stubben anbringes derefter i en bedamper, der under vakuum sprayer en tynd film af guld på prøven. Guldfilmen, der dækker hele prøven undtagen påhæfningsfladen, er ca. 50 ångstrøm tyk (1 ångstrøm er 10^{-8} centimeter). Afhængig af foraminiferernes størrelse er det muligt at have mellem 10 og 30 individer på samme stub, uden at de skygger for hinanden. Prøven anbringes i SEM prøveholder og er nu klar til at blive skannet.

Skematisk gennemgang af strålegangen og det indre af SEM

I katoden A genereres en stråle bestående af energirige (accelererede) elektroner. Elektronstrålen ledes fra A ned mod prøven. Det er vigtigt, at denne stråle ikke kolliderer med andre elektroner eller partikler og derfor foregår alt i vakuum. Gennem nedløbet spredes elektronerne som vist i diagrammet. Elektronerne samles og fokuseres ved hjælp af 2 (mange SEM er der dog 3) magnetiske felter (E). Ved ankomst til prøvens overflade er elektronstrålen samlet i et punkt (G). Prøvens overflade bliver nu skannet punkt for punkt. Det er anordningen i (F), der bevæger elektronstrålen henover prøveoverfladen. Når den energirige elektronstråle rammer prøveoverfladen, produceres der sekundære elektroner, og det er disse som opfanges af detektoren (H). Detektoren sender signalet videre til en signalforstærker (J), der viderefører det forstærkede signal til fjernsynsrøret (K), hvor det bliver omdannet til et billede.



A: Katode, B: Net, C: Anode, D: Elektronstråle, E: Magnetfelt, F: Anordning til at styre elektronstrålen, G: Prøve, H: Signaldetektor, J: Signalforstærker, K: Billedrør og resulterende billede. Pilene angiver strålegangen i SEM.

OVERSKYDNINGER, NAPPER, KLIPPER OG VINDUER.

Overskydninger er smalle, forholdsvis fladt hældende bevægelseszoner (forkastninger) langs hvilke den del af bjergartsmassen, som ligger over overskydningen (den hængende væg, figur 2a), er transporteret ind over den underliggende (liggende væg). Dette betyder, at overskydninger bringer oprindelig dybere beliggende (eller ældre) bjergarter ind over højere beliggende (eller yngre). Transportlængderne for de hængende vægge kan i forbindelse med de rigtig store overskydninger beløbe sig til flere hundrede kilometre, ligesom markante overskydningszoner ved dyb-seismik er fulgt gennem hele kontinentsskorpen og ned i litosfærekappen.

Overskydninger dannes i en bjergartsmasse, når denne er udsat for en tilstrækkelig spændingsbelastning med den største sammenpressende komponent beliggende omkring vandret. I forbindelse med bjergkæderne opbygges spændingstilstanden ud fra den kraftpåvirkning, der udføres under kollision f.eks. mellem to kontinentmasser. Nok er bjergkæderne langt de overordnede områder for overskydningsdannelse, men de findes unægtelig også andre steder omend i mindre målestok. De er ganske almindelige i Danmark, hvor de ses i mange klinte, men mest spektakulære er nu de opstablede flager af skrivekridt i Møns Klint og overskydninger i molersområdet i den vestlige del af Limfjorden figur 2. Den drivende kraft bag overskydningsdannelsen er her fremrykning af Istidens gletschere

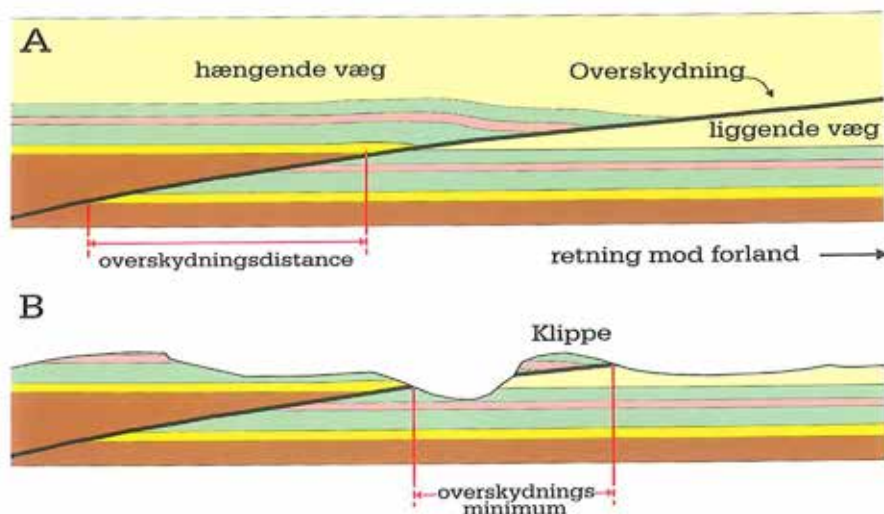
En hængende væg som er bragt betragteligt (d.v.s. mere end 5-10 km) indover den liggende betegnes ofte internationalt ved sit franske navn nappe. Det tilsvarende danske er et overskydningsdække. Nappebegrebet dækker også 'overlap' dannet i forbindelse med store liggende eller tilnærmelsesvis liggende folder (foldenapper), som de der ses i den centrale del af Alperne i figur 1.

På grund af erosion kan man finde napperester (klipper) beliggende langt foran, d.v.s. nærmere forlandet, og helt isoleret fra den egentlige blottede udbredelse af nappen. I sådanne situationer kan et minimums mål for nappens transportlængde bestemmes (se figur 3B). Endnu bedre mål for transportlængden kan opnås, hvis der kan etableres et kendskab til bjergarterne under nappen. Det kræver dybe erosionssnit eller vinduer; erosionsbetingede 'inspektionsluger' som giver et indblik i den underliggende, men ellers nappedækkede bjergartsmasse.

Klipper kan dog også repræsentere de eneste rester af en nappe, som er efterladt af erosionen. Da man ikke direkte kan spore oprindelsesstedet, også kaldet rodzonen, for klippens bjergarter, udgør disse 'eksotiske' klipper et problem. Men de repræsenterer langt transporterede napper, som beskrevet under figur 5 visende Mithen, en af de mest berømte klipper.



Figur 2. Foldet moler med askelag, som er skudt opover yngre mørkebrunt glimmerler fra Oligocæn. Lokalitet Silstrup Klint nær Thisted



Figur 3. Tværsnit gennem en overskudt bjergartsmasse før og efter dybgående erosion. A: Overskydningen bringer dybere beliggende lag ind over den liggende væg. Det betyder, at bjergartsmassens tykkelse øges samtidig med den horizontale forkortelse (= overskydningsdistancen). B: På grund af erosionen er en lille 'ø' (klippe) af den hængende væg blevet isoleret.

FLERE FLINTESTEN FRA MOLERET

Henrik Madsen og Claus Heilmann-Clausen

For 11 år siden blev en cementsten fra det 55 millioner år gamle eocæne moler ved Skarrehage på Mors omtalt i VARV (1990, 2). Cementstenen indeholdt fossile trærødder, men det særligt interessante var, at der mellem rødderne befandt sig små flintesten. Og for et år siden blev der igen fundet en flintesten sammen med fossilt træmateriale fra askeserien. Denne gang fra Albækshoved ved Vejle Fjord (VARV 2000, 1).

Begge fund førte til spekulation om at jordbunden i det landområde, hvor træerne voksede, og hvorfra de siden flød til havs som drivved, måtte have været rig på flint. To fund er ikke et godt statistisk grundlag, men siden den sidste omtale i VARV er der kommet adskillige fund for dagen, og de fortæller os nu, at antagelsen holdt stik.

En gennemgang af samlingerne i Molermuseet ved Skarrehage har ført til en liste på i alt 13 fund af småsten og grus fra moleret på Mors og Fur. De fleste fund er gjort af den ene af denne artikels forfattere (HM). Fire af fundene er fra



Lille flintesten (4-5 mm) i kanten af stort træstykke fra cementsten med askelag +25 til +30. Ejerslev molergrav, fundet af HM. I træstykket sad der i alt seks små flintesten.

den negative askeserie, medens otte er fra den positive, de fleste fra cementsten mellem askelag +25 og +30. I 10 af de 13 fund var der trærester sammen med småstenene, så der er ingen tvivl om, at hovedparten af - måske alle - stenene har siddet mellem trærødder på drivved. 11 eller 12 af de 13 stenfund består af flintesten, og i flere af fundene sad der 5-7 små flintesten i det fossile træ. Så nu kan det fastslås med syvtommersøm, at flint var den dominerende stentype i jorden, der hvor træerne voksede. Her skal vi dog lige se bort fra eventuelle kalksten, som ville være blevet opløst i det tidligere sure miljø i moleret.

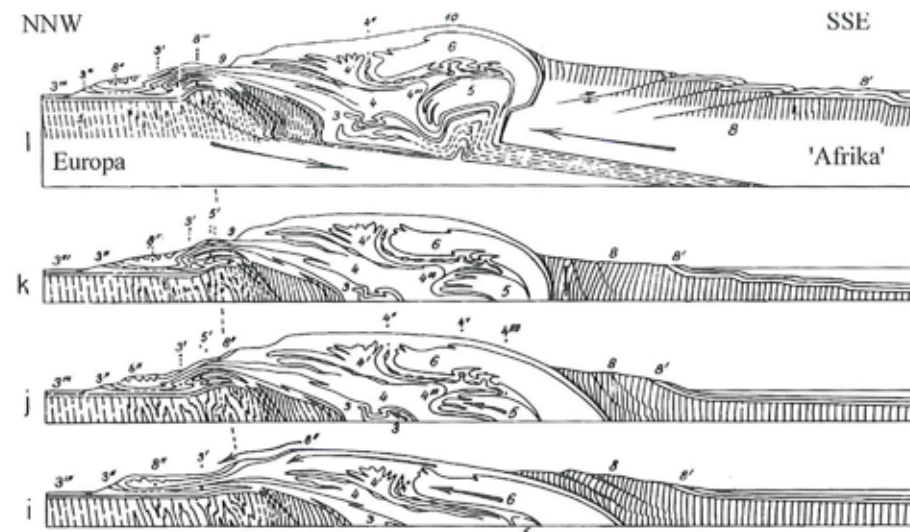
Som omtalt i VARV (2000,1) kom træerne nok drivende fra et landområde mod nord - formentlig det sydnorske område. Landet har ikke haft megen lighed med nutidens Norge. Det har været dækket af kridtlag med flint, og grundfjeld har ikke eller kun i ringe grad været blottet i omegnen af voksestederne. I dag kender vi ikke det mindste levn af kridtlag i Norge, men fossile trærødder langt derfra har altså medbragt et klart budskab fra det forsvundne landskab mod nord.

OVERSKYDNINGEN

TIDLIG HISTORIE, ESCHER VON DER LINTH OG GLARUS

Bjørn Hageskov

Den typiske foldebjergkæde udvikles i en kontinentrand ved kollision. I simple tilfælde er det 'blot' med en anden større kontinentmasse, mens der ved komplicerede kollisioner også kan indgå kontinentfragment og vulkanske øbuer. Under alle omstændigheder repræsenterer kollisionsskæderne bælter i jordskorpen, som har undergået voldsom sammenpresning og en dermed forbundet dramatisk forkortelse af den/de berørte kontinentrand(e). Forkortelsen, der kan beløbe sig til adskillige hundrede kilometre, absorberes ved foldning, men især ved opstabling af jordskorpeflager, som langs overskydninger transporteres ind over hinanden i retning mod den uberørte del af kontinentet - bjergkædens forland.



Figur 1. De fire sidste trin i Emil Argand's udviklingsmodel (1916) for Alperne, der blev dannet ved kollision mellem det europæiske og afrikanske kontinent med Europa bevægende sig ned under Afrika. Bemærk at bjergartsmassen med de store folder transporteres mod NNW ind mod det europæiske forland med de bagerste strukturer liggende øverst.