

Ph.d. dag ved Geocenter København



Den årlige ph.d. dag ved Geocenter København afholdtes den 26. september 2003 i Geologisk Museums auditorium. Ved denne lejlighed præsenterer de ph.d. studerende fra Geologisk Institut, Geologisk Museum, GEUS og Dansk Lithosphære Center deres forskning. Nogle af projekterne der blev forelagt ved dette års arrangement, var meget nær deres afslutning, andre var lige påbegyndt, mens andre igen var godt undervejs. I alt blev der afholdt 14 foredrag og resuméer af en række af foredragene er bragt nedenfor. Arrangementet var organiseret af Forsknings- og ph.d.-udvalget ved Geologisk Institut og Geologisk Museum, og Bodil Lauritsen og Majken Looms takkes for stor hjælp med planlægningen.

Finn Surlyk, Geologisk Institut, Københavns Universitet

Hydrogeokemisk og isotopgeokemisk undersøgelse af grundvand i Keta Bassinet, Ghana og Bassin Sédimentaire Côtier, Togo

TINA HELSTRUP

Hydrogeokemiske data, fordelingen af stabile isotoper (^{18}O , ^2H and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) og eksisterende hydrogeologiske data anvendes til undersøgelse af grundvand i Keta Bassinet, Ghana og Bassin Sédimentaire Côtier i det sydlige Togo. Projektet har til formål at undersøge grundvandskvaliteten, hydrogeokemiske reaktioner og opblanding af grundvand og salint vand i grundvandsmagasinerne i Keta Bassinet og Bassin Sédimentaire Côtier. Oprindelsen af og kilden til salint

grundvand vil blive bestemt, og infiltrationsområderne til kalkstensformationerne, som udgør de vigtigste dybere grundvandsmagasiner i det sydøstlige Ghana og sydlige Togo, vil blive søgt identificeret.

Tina Helstrup, Geologisk Institut, Københavns Universitet, Øster Voldgade 10, 1350 København K, e-post: tinah@geo.geol.ku.dk

Kan klimavariationer forårsaget af ændringer i de orbitale parametre erkendes i den bentiske makrofauna? Detailstudie af cykliske aflejringer fra Cenomanien, Øvre Kridt, Sydengland

BODIL WESENBERG LAURIDSEN

Aflejringer fra Cenomanien i det Anglo-Parisiske Bassin i Sydengland muliggør studiet af relationerne mellem fauna, havniveauændringer og orbitale cykler. Lagserien er karakteriseret af skiftende lag af hemipelagisk bioturberet kalk og mergel, hvor kun få primære strukturer er bevaret. Variationen i litologi afspejler klimatiske kontrollerede variationer i karbonatproduktion såvel som variationer i mængden af ler tilført bassinet. De rytmiske kalk- og mergellag er let genkendelige og gør det muligt at korrelere på decimeterniveau over hele bassinet. Det er derfor sandsynligt at rytmiciteten er orbitalt styret, og hvert lag menes at repræsentere præcessionscykler på mellem 18.000 og 23.000 år. En karbon-isotopkurve fra Cenomanien viser en dobbelttoppet $\delta^{13}\text{C}$ ekskursion (MCE I) i lag B41 og C1 (*C. inermis* til *A. rhotomagensis* Zonen, Mellem Cenomanien). Den øgede mængde $\delta^{13}\text{C}$ kan skyldes en øget organisk produktivitet eller udvikling af dysoxiske til anoxiske forhold ved bunden eller nede i sedimenterne. Vanddybden i bassinet har været relativ lav (50 til 100 m) med tidevand og bølgeopblanding. Dette har resulteret i rigelig tilførelse af næringsstoffer fra baglandet, som har kunnet opretholde en divers bentisk fauna hovedsagligt bestående af echinodermer, muslinger og brachiopoder. Faunen er domineret af en enkrusterende

suspensionsædende epifauna primært på små substrater, hvilket sammenholdt med tilstedeværelsen af større mobile organismer som søstjerner, søslanger og søpindsvin tyder på et stabilt substrat.

Ændringerne i den bentiske makrofauna op gennem de vekslende lag giver følgende foreløbige resultater: 1) Der er ingen umiddelbar forskel på faunaen i kalklagene og i mergellagene; 2) der er ingen systematisk variation i faunaens levevis i de to faciestyper; 3) tilstedeværelsen af bryozoa varierer både i diversitet og densitet 4) faunaen i begge zoner med $\delta^{13}\text{C}$ ekskursion er divers og distinkt.

De foreløbige konklusioner tyder på at substratforholdene tilsyneladende ikke ændrer sig synderligt imellem mergel- og kalklag, at faunaen derfor kan opretholde samme levevis på trods af kendte klimavariationer, at bryozoaerne kunne afspejle ændringer i strømhastigheder ved bunden, og at den øgede mængde $\delta^{13}\text{C}$ resulterer i en mere divers fauna. De orbitalt styrede klimavariationer kan dermed foreløbigt ikke erkendes i variationer i den bentiske faunas sammensætning.

Bodil Wesenberg Lauridsen, Geologisk Institut, Københavns Universitet, Øster Voldgade 10, 1350 København K, e-post: bodill@geo.geol.ku.dk

Geometri og oprindelse af meso-skala forkastning systemer i Kridt Gruppen, offshore Stevns Klint, Danmark

ESTELA VÁZQUEZ ESMERODE

Kridt Gruppen i Nordsøområdet har været i fokus i de seneste årtier på grund af kalkens store betydning som olie/gas reservoir. I modsætning til hvad man tidligere har antaget, og takket været udviklingen af nye teknikker inden for seismisk dataindsamling, er det blevet klart at kridthavbunden i nogle områder var et yderst dynamisk aflejringsmiljø. Formålet med dette studie er at tolke og vurdere de faktorer, der kontrollerede dannelsen af både storskala og lokale topografiske strukturer i Øvre Kridt – Danien skrivelid i den centrale del af Nordsøen, Kattegat og Østersøen ved hjælp af 3D seismiske data og borehulsdata. De relevante Nordsødata er for øjeblikket ikke til rådighed. Undersøgelser er derfor indtil nu udelukkende udført i Øresundsområdet, ud for Stevns Klint og er baseret på 2D reflektionsseismiske data (Lykke-Andersen & Surlyk, indleveret). Disse forfattere påviste tilstedeværelsen af et VNV-ØSØ orienteret system af dale og rygge, som sandsynligvis er dannet af bundstrømme. Dalene og ryggene blev lateralt forskudt i løbet af Sen Kridt på grund af variationer i strømretning og -styrke. I denne undersøgelse er hele kalklagfølgen, hvis basis viser en svag nordlig hældning, inddelt i seks enheder baseret på seismiske faciesvariationer. En detaljeret lito- og kronostratigrafisk beskrivelse af lagfølgen er vanskelig at

gennemføre på grund af manglende boredata i området. Et tidsstrukturkort og et isochorekort er konstrueret. Dal- og rygssystemet er også blevet kortlagt. Et system af lagbundne ekstensionelle forkastninger er identificeret i den nordlige del af undersøgelsesområdet, hvor de påvirker en enhed fortolket som øvre Nedre – nedre Øvre Maastrichtien. Forkastningerne, der har en gennemsnitlig hældning på 55° og forsætning på op til 150 m, viser ingen foretrukken hældningsretning. Forkastningernes art og årsagen til deres dannelse er stadig usikker, men skal sandsynligvis findes i det tektoniske stressfelt som virkede på en særlig ustabil lagpakke med porevæske overtryk.

Referencer

Lykke-Andersen, H. & Surlyk, F. indleveret: Topography of the Cretaceous – Paleogene boundary at Stevn Klint, Denmark: Inversion tectonics or primary relief of the chalk seafloor? Indleveret til Journal of the Geological Society, London.

Estela Vázquez Esmerode, Geologisk Institut, Københavns Universitet, Øster Voldgade 10, 1350 København K, e-post: estelav@geo.geol.ku.dk

Kokkolit polysaccharider: Indflydelse på genese og diagenese

KAREN HENRIKSEN

Kokkolitter er mikroskopiske (nogle få μm) calcitplader udskilt af encellede marine alger. Trods deres størrelse er de meget komplicerede strukturer, kendetegnet ved omfattende regulering af mineralorientering og -morfologi, således at kokkolitkrystaller er helt forskellige fra calcitkrystaller udfældet i uorganiske systemer. Hvilke mekanismer der opererer i det organiske system for at opnå denne kontrol over mineralets udtryk er ikke klarlagt, men det vides at komplekse polysaccharider spiller en vigtig rolle under kokkolitters genese (Marsh *et al.* 2002). Disse organiske molekyler er til stede i den vesikkel hvori kokkolitten dannes og danner til slut en amorf organisk membran om den færdige kokkolit.

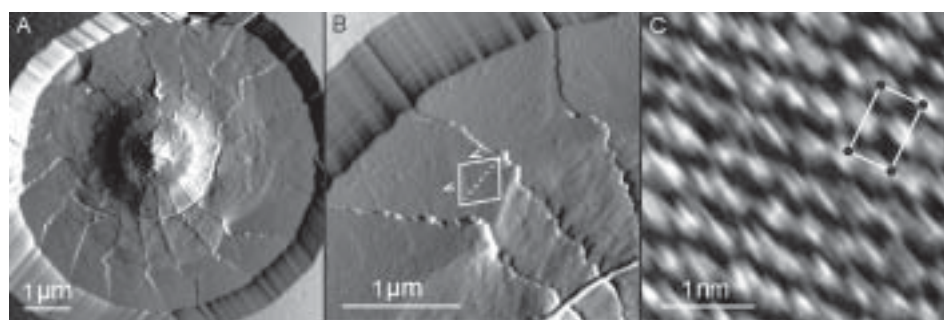
Atomic Force Mikroskopi (AFM) har givet nye informationer om kokkolitters morfologi, krystallografiske orientering, biomineralisation samt om den organiske membrans indflydelse på calcitopløsning og -vækst (Henriksen *et al.* i trykken 2003, Henriksen *et al.* i trykken 2004). AFM af kokkolitkrystaller der gradvis opløses i destilleret vand, med og uden deres organisk membran, viser at membranen forhindrer opløsning af calcit fra krystalfladerne, hvorved suturer mellem krystallerne er mest sårbare. Når membranen ikke er til stede sker opløsning på krystalfladerne. Der findes eksempler på begge typer af opførsel i let diagenetisk omdannede sediment. Med AFM kan der tages billeder af en prøves atomare opbygning, og

dette muliggør præcis bestemmelse af den krystallografiske orientering af kokkolitkrystaller, hvorved den måde hvormed organismen modificerer krystalvæksten kan afdækkes. To arter, *Coccolithus pelagicus* og *Oolithotus fragilis*, anvender calcitkrystalstrukturen og de uorganisk stabile flader, men ved præcis regulering af orienteringen skræddersyr de deres kokkolitter, så de har meget forskellige egenskaber. AFM af uorganisk calcit tilsat kokkolit polysaccharider kan give en ide om, hvordan denne præcise kontrol af mineralorientering og -vækst er mulig.

Referencer

- Henriksen, K., Stipp, S.L.S., Young, J.R. & Bown, P.R. (i trykken 2003): Tailoring calcite: Nanoscale AFM of coccolith biocrystals. *American Mineralogist* 88.
- Henriksen, K., Young, J.R., Bown, P.R. & Stipp, S.L.S. (i trykken 2004): Coccolith biomineralisation studied with atomic force microscopy. *Palaeontology* 47.
- Marsh, M.E., Ridall, A.L., Azadi, P. & Duke, P.J. 2002: Glacturonomannan and Golgi-derived membrane linked to growth and shaping of biogenic calcite. *Journal of Structural Biology* 139, 39–45.

Karen Henriksen, Geologisk Institut, Københavns Universitet, Øster Voldgade 10, 1350 København K, e-post: khenriksen@geo.geol.ku.dk



AFM-billede af *Oolithotus fragilis* kokkolit; zoom fra hel kokkolit (A) til atomar skala (C).

Bestemmelse og brug af jernisotopforhold

KNUD DIDERIKSEN

Jern indgår i vigtige geokemiske og biologiske kredsløb. Elementet har fire stabile isotoper, ^{54}Fe , ^{56}Fe , ^{57}Fe og ^{58}Fe . I lighed med lettere elementers isotoper, så som $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, kan jernisotoper undergå masseafhængig fraktionering under kemiske processer, hvilket ændrer isotopernes indbyrdes forhold. Det er blevet foreslået at fraktionering er forårsaget af mikrobiologiske processer, og at jernisotopforhold kan benyttes som indikator for palæobiologisk aktivitet (Beard *et al.* 1999). En sådan sammenhæng vil kunne give forøget indsigt i livets opståen på Jorden, og med tiden muligvis tillade os at afklare, om Mars har været befolket af organismer. Det har imidlertid også været hævdet at ikke-biologiske processer kan lede til tilsvarende fraktionering af jernisotoper (f.eks. Anbar *et al.* 2000), og at jernisotopforhold lige såvel kan afspejle temperatur- eller redoxforhold under dannelsen.

Fraktioneringen af jernisotoper i naturen er ganske lille, og bestemmelse af isotopforhold i geologisk materiale er således analytisk udfordrende. Ved Geologisk Institut, København, benyttes et multi-kollektor induktivt koblet plasma massespektrometer (MC-ICPMS) til bestemmelse af isotopforhold. Under ana-

lysen fraktioneres isotoperne i instrumentet, hvilket der kan korrigeres for ved tilsætning af en ^{58}Fe - ^{54}Fe dobbelt »spike« før analyse (Johnson & Beard, 1999). Denne fremgangsmåde er tidseffektiv, robust og tillader bestemmelse af jernisotopforhold med en nøjagtighed på under 0.08‰, hvilket er sammenligneligt med de nøjagtigste publicerede metoder.

Referencer

- Anbar, A.D., Roe, J.E., Barling, J. & Neelson, K.H. 2000: Nonbiological Fractionation of Iron Isotopes. *Science* 288, 126–128.
- Beard, B.L., Johnson, C.M., Cox, L., Sun, H., Neelson, K.H. & Aguilar, C., 1999: Iron Isotope Biosignature. *Science* 285, 1889–1892.
- Johnson, C.M. & Beard, B.L. 1999: Correction of instrumentally produced mass fractionation during isotopic analysis of Fe by thermal ionization mass spectroscopy. *International Journal of Mass Spectrometry* 193, 87–99.

Knud Dideriksen, NanoGeoScience, Geologisk Institut, Københavns Universitet, Øster Voldgade 10, 1350 København K, e-post: knudd@geo.geol.ku.dk

Hydrogeologisk karakterisering ved hjælp af cross-borehole georadar og cross-borehole resistivitetstomografi

MAJKEN CAROLINE LOOMS

Beskyttelsen af de danske grundvandsressourcer mod punkt- og/eller fladeforurening har i de seneste årtier skabt en øget interesse for at forstå vandbevægelsen ned gennem jordens øvre umættede zone. I denne zone beskrives vandstrømningen i hydrologiske modeller traditionelt ved den ikke-lineære styrende differentiaalligning, Richards ligning. To hydrauliske egenskaber, som henholdsvis beskriver jordens tilbageholdelsesevne og jordens ledningsevne, indgår i denne ligning. Disse egenskaber måles typisk på små sedimentprøver (ca. 100 cm³), hvorefter de opskaleres

til at beskrive vandbevægelsen i større feltssystemer. Antagelsen, der ligger til grund for denne opskalering, er dog ikke blevet undersøgt til bunds, idet målingen af de hydrauliske parametre på større skala hidtil ikke har været muligt.

Den seneste udvikling inden for georadar og elektrisk resistivitetstomografi har bevirket, at det er blevet muligt at foretage målinger af jordens vandindhold og vandets indhold af opløste salte på en større skala. Denne skala svarer i størrelse til den, der bruges i numeriske modeller for vand- og stoftransporten

for feltsystemer. Denne type målinger kan bidrage til en øget forståelse for vandstrømning og stoftransport i heterogene systemer samt muliggøre bestemmelse af repræsentative hydrauliske parametre for større skalaer.

En feltlokalitet på Hjelm Hede nær Skive er udvalgt til at teste disse metoder. Denne lokalitet har flere fordele, udover at den opfylder de vigtigste krav om en sandet jord og en stor umættet zone (over 20

m tyk). Området er tidligere blevet undersøgt ved hydrologiske forsøg, hvor vandindholdet er målt med TDR-prober, der endnu er findes installeret. Dette giver mulighed for at sammenligne data opnået ved to forskellige metoder repræsenterende forskellige rumlige skalaer.

Majken Caroline Looms, Geologisk Institut, Københavns Universitet, Øster Voldgade 10, 1350 København K, e-post: mcl@geo.geol.ku.dk

GIS som værktøj til rekonstruktion af palæomiljøer – eksempler fra interstadiale aflejringer, NV Rusland

MARIA JENSEN

Arkhangelsk regionen i NV Rusland har siden 1996 været mål for omfattende kvartærgeologisk feltarbejde med fokus på glaciationshistorien i det nordlige Rusland. Dette ph.d. projekt er igangsat i denne sammenhæng. Formålet er at studere klima- og havniveauændringer under sidste istid på baggrund af sedimentologiske undersøgelser af nonglaciale aflejringer. Projektet er baseret dels på egne feltdata fra lokaliteter langs Barentshavkysten og dels på udnyttelsen af tidligere indsamlede sedimentologiske og stratigrafiske data fra i alt mere end hundrede lokaliteter spredt over hele Arkhangelsk regionen. Dette giver mulighed for et bredt regionalt studie af ændringer i palæomiljø, men forudsætter samtidig håndtering af et stort datasæt.

GIS (Geografiske InformationsSystemer) er velegnet til arbejde med store mængder data, der kan stedfæstes geografisk og præsenteres i form af 2-D kort eller 3-D terrænmodeller. I dette projekt er det især muligheden for nemt og hurtigt at vurdere variationer i højdedata og dermed 3-D ændringer i terrænoveroverfladen som følge af erosion, aflejring

og isostatisk bevægelser, der gør GIS til et nyttigt værktøj.

Alle data fra Arkhangelsk regionen er samlet i en database, der er koblet med en digital højdemodel i et GIS system. Foreløbige resultater omfatter modellering af henholdsvis en marin transgression i midt Weichsel og størrelsen af isopdæmmede søer i tidlig Weichsel. Disse modeller har vist sig nyttige til at vurdere den mulige udbredelse af palæomiljøer, hvor højdeforhold er af afgørende betydning. Ved at teste modellerne mod feltdata er det muligt at vurdere f.eks. isostatisk effekt, der kan forårsage afvigelser mellem den modellerede og den observerede udbredelse af sedimentære facies. Desuden kan man ved hjælp af GIS foretage beregninger af f.eks. arealer, volumen og gradienter. På længere sigt skal systemet blandt andet bruges til at rekonstruere ændringer i relativt havniveau på baggrund af variation i fluviale gradienter.

Maria Jensen, Geologisk Museum, Københavns Universitet, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K, e-post: maria@savik.geomus.ku.dk

Danien bryozobanker i Stevns Klint, Danmark

MORTEN BJERAGER

Danien bryozobanker blev aflejret i et tempereret hav under den fotiske zone i det Danske Bassin i et NV-SØ orienteret strøg nord for Ringkøbing-Fyn Højderyggen og syd for Sorgenfrei-Tornquist Zonen (Thomsen 1995, Surlyk 1997). Øvre Maastrichtien – Nedre Danien lag er blottet i et 14 km langt og op til 40 m højt profil i Stevns Klint. Nedre Danien bryozokalk udgøres af bankekomplekser, fremhævet af en rytmisk fordeling af flint horisonter i en op til 25 m tyk lagserie. Bankerne er sub-cirkulære til ellipsoidale i plansnit og symmetriske til asymmetriske i vertikale snit, med stejle flanker (12–25°) hovedsageligt mod SSV og svagt hældende flanker (5–15°) hovedsageligt mod NNØ. Bankernes relief på havbunden var op til 10 m og bankelængden var 50–100 m.

På baggrund af bankegeometri- og faciesanalyse kan bankerne inddeles i flere zoner: den stejle flanke, banketoppen, den svagt hældende flanke og et interbanke område. Flint optræder som knoldede eller massive lag op til få decimeter tykke og afspejler formodentligt perioder med lav sedimentationsrate og høj gravegangsaktivitet. Lagene på den stejle flanke og på banketoppen er tykke og er typisk domineret af en kornunderstøttet, relativt grovkornet bryozokalk med varierende kalkmudderindhold. Karbonatproduktion og akkumulation har her været relativ høj, måske favoriseret af en sydfra-kommende næringsrig havstrøm (Thomsen 1976, 1983). Den svagt hældende nordlige flanke er karakteriseret af en generelt tættere kornpakning og mindre bryozoaer. Ligeledes optræder hærtningshorisonter ('krabbelag') i den nederste del af den nordlige flanke, dannet ved tidlig cementering af kalkmudderrige lag. Disse hærtnede lag er ofte associeret med erosion og afspejler skift i strømregime med VNV-ØSØ strømretning eller fra nord. Oktokoraller findes koncentreret i lag og linser

på den øverste del af den stejle flanke og på banketoppen og afspejler perioder med særligt favorable vækstbetingelser. Søpindsvin kan findes koncentreret i trug ved foden af den stejle flanke/interbankeområdet, sandsynligvis forårsaget af intensivering af bundstrømme. I udstrakte interbankeområder optræder desuden mere finkornede sedimenter fx moderat sorteret bryozokalksand, der ofte er rig på planktoniske foraminiferer samt enkelte få centimeter tykke mergellag. Bryozoaerne i disse lag er generelt slidte og stærkt fragmenterede, hvilket tyder på en høj grad af transport.

Dette studie supplerer tidligere tolkningsmodeller for Danien bryozokalken med sedimentologiske data. Bankevæksten var således betinget af såvel unidirektionelle havstrømme fra syd som kraftige bundstrømme af varierende retninger.

Referencer

- Surlyk, F. 1997: A cool-water carbonate ramp with bryozoan mounds; Late Cretaceous-Danian of the Danish Basin. In James, N. P. & Clarke, J. A. D. (eds) *Cool-water carbonates* 56, 293-307. Special Publication SEPM (Society for Sedimentary Geology), Tulsa, OK, United States.
- Thomsen, E. 1976: Depositional environments and development of Danian bryozoan biomicrite mounds (Karlby Klint, Denmark). *Sedimentology* **23**, 485-509.
- Thomsen, E. 1983: Relation between currents and the growth of Palaeocene reef-mounds. *Lethaia* **16**, 3, 165-184.
- Thomsen, E. 1995: Kalk og kridt i den danske undergrund. In Nielsen O. B. (ed.) *Danmarks Geologi fra Kridt til Idag*. Aarhus Geokompender 1, 31-67. Aarhus, Danmark.

Morten Bjerager, Geologisk Institut, Københavns Universitet, Øster Voldgade 10, 1350 København K, e-post: mortenb@geo.geol.ku.dk

Valanginien-faunaen i Østgrønland

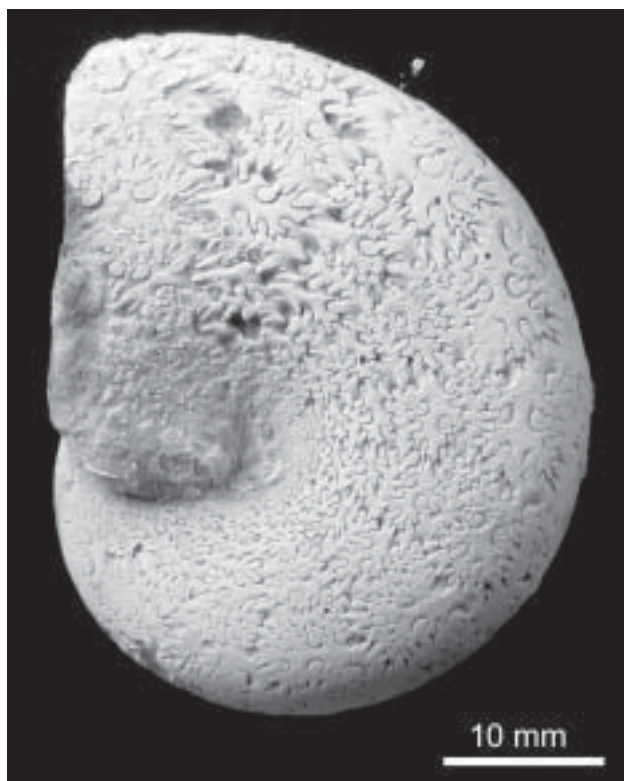
PETER ALSEN

Valanginien Etagen (Nedre Kridt) i Østgrønland markerer afslutningen på en markant rift-begivenhed i sen Jura – tidligste Kridt. Tykke lagserier af grove aflejringer blev afsat i submarine vifter i de dybe dele af halvgravsbassinerne (Surlyk 1978). Valanginien aflejringer med finkornede, kondenserede sedimenter der er rige på fossiler, optræder meget spredt og repræsenterer aflejring på de roterede blokkes oversvømmede rygge (Surlyk 1978). Op mod to tusinde ammonitter er gennem tiden indsamlet fra disse lag i Østgrønland, hvoraf kun ganske få er beskrevet (Donovan 1953). De beskrives nu inden for rammerne af et ph.d.-projekt, og der opstilles en biozonation for etagen. Faunaens sammensætning er unik for det Boreale område i Tidlig Kridt og danner grundlaget for en palæoceanografisk analyse for havstrædet mellem Norge og Grønland i Valanginien.

Faunaen viser høj diversitet og er udpræget boreal, domineret af ammonitter af familien Polyptychitidae

(*Surites*, *Tollia*, *Nikitinoceras*, *Menjaites*, *Virgatoptychites* og *Polyptychites*) og muslinger af slægten *Buchia*. Faunaen er nærmest beslægtet med faunaer fra nordlige og centrale Sibirien, den Russiske Platform, Novaya Zemlya og Svalbard, mens den i mindre grad er beslægtet med faunaerne fra Arktisk Canada og Nordvesteuropa. Den indeholder en række nye arter, som synes at være udviklet endemisk i Østgrønland.

Faunaen karakteriseres desuden af et relativt stort antal typiske Tethys-former med ammonitter som *Lytoceras* og *Phylloceras*, samt noget sjældnere nautiler og brachiopoder af slægten *Pygope*. Tilsvarende er kalknannofossil-floraen af en typisk boreal sammensætning med et betydeligt indhold af typiske Tethys-former (F. Lozar, pers. medd. 2003). En så markant optræden af Tethys-fauna og -flora er usædvanlig for det Boreale område i Tidlig Kridt, men falder sammen med markante ændringer i aflejringsmiljøet. I Sen Jura blev aflejret sorte muddersten, som helt mangler bentiske fossiler og afspejler et anoxisk miljø, mens Valanginien karakteriseres af aflejring af kalkrige, grå og gullige samt vinrøde sedimenter i et oxisk miljø med en divers fauna af både bentiske og nektoniske organismer. Årsagen til disse skift i faunasammensætning og aflejringsmiljø skal sandsynligvis findes i variationer i overflade- og bundstrømme. Dette søges yderligere belyst gennem temperaturproxier som f.eks. iltisotopsammensætningen i belemnistrostra i Østgrønland. Der er en relativ stor spredning i rekonstruerede palæotemperaturer på mellem 7–16 °C i Tidlig Valanginien, mens palæotemperaturerne for Sen(?) Valanginien og tidligste Hauterivien er lave, omkring 6–8 °C. Spredningen i temperaturer kan skyldes biologisk variation, eller det kan afspejle forskelle i temperatur eller salinitet i en differentieret vandsøjle. Lave temperaturer stemmer overens med tilstedeværelsen af glendonit i samtidige aflejringer i polarbassinet (Kemper 1983). Dette understøtter en model med dybvandsdannelse i polarbassinet, en heraf forårsaget kold, sydgående bundstrøm i det norsk-grønlandske havstræde og en varm nordgående overflademodstrøm.



Phylloceratid ammonit, en typisk Tethys-form, som optræder i Valanginien i Østgrønland.

Referencer

- Donovan, D.T. 1953: The Jurassic and Cretaceous stratigraphy and palaeontology of Traill Ø, East Greenland. *Meddelelser om Grønland* 111(4), 150 pp.
- Kemper, E. 1983: Über Kalt- und Warmzeiten der Unterkreide. *Zitteliana* 10, 359–369.
- Surlyk, F. 1978: Submarine fan sedimentation along fault scarps

on tilted fault blocks (Jurassic–Cretaceous boundary, East Greenland). *Grønlands Geologiske Undersøgelse Bulletin* 128, 108 pp.

Peter Alsen, *Geologisk Institut, Københavns Universitet, Øster Voldgade 10, 1350 København K, e-post: petera@geo.geol.ku.dk*

Fe–Co–Ni–As–S systemet: Faseligevægte i MX_2 -snittet

SKAGE HEM

Faserelationerne i Fe–Co–Ni–As–S systemet er undersøgt ved mineralsyntese, elektronmikrosondeanalyse og pulver røntgendiffraktion. De eksperimentelle prøver er afvejet sådan, at de molære forhold imellem M og X er 1:2 ($M = Fe + Co + Ni$; $X = As + S$), samt at forholdet imellem As og S er enten 1:3 eller 3:1. På denne måde er forsøgssammensætningerne placeret i niveauerne $(Fe,Co,Ni)As_{0.5}S_{1.5}$ og $(Fe,Co,Ni)As_{1.5}S_{0.5}$ i $(Fe,Co,Ni)(As,S)_2$ -prismet. Forsøgene blev udført ved 650°C og 500°C.

I de arsenrige eksperimenter udført ved 650°C indeholdt faseselskabet allokasit, arsenopyrit, kobaltit eller gersdorffit. Disse blev dannet i ligevægt med *diarsenide solid solution* (*dss*), löllingit, krutovit eller safflorit. Skutterudit og pyrrhotit forekommer i ligevægt med alle de førnævnte faser undtagen krutovit. De fleste faser udviser vidtrækkende fast opløslighed, både med hensyn til Fe–Co–Ni og As–S. Der er fuldstændig blandbarhed imellem safflorit (*dss*), allokasit, skutterudit og de analoge $Fe_{0.5}Ni_{0.5}$ -faser, og imellem kobaltit og gersdorffit. Der er et tilfredsstillende sammenfald imellem syntetiske faseselskaber og deres naturlige modstykker.

I de svovlrige eksperimenter udført ved 650°C involverer faserelationerne kattierit, vaesit, kobaltit og

gersdorffit i de Fe-fattige prøver. I prøver rige på Fe er faseselskabet domineret af *monosulfide solid solution* (*mss*) i ligevægt med en arsen–svovl smelte. Tilstedeværelsen af denne smelte gør det muligt at beregne svovl-fugaciteten ved hjælp af smeltesammensætning. Kobaltit, kattierit og gersdorffit udviser stor blandbarhed med hensyn til Co–Ni og As–S.

Ved de svovlrige eksperimenter udført ved 500°C dannedes arsenopyrit, kobaltit, kattierit, gersdorffit, linnaeit, siegnit, *mss*, pyrit og vaesit. Pyrit er den hyppigst forekommende fase, og fandtes i alle Fe-holdige prøver. I de arsenrige eksperimenter udført ved 500°C dannedes de samme faser som ved 650°C, men deres indbyrdes blandbarhed er kraftigt reduceret med hensyn til Fe–Co–Ni. Substitution imellem As og S er stadig udpræget.

Kattierit, cobaltite, gersdorffit, krutovit, pyrit og vaesit har alle en pyrit type krystalstruktur med en uordnet fordeling af As og S (rumgruppe $Pa3$). Enhedscelle parameter a blev bestemt for disse faser.

Skage Hem, *Geologisk Institut, Københavns Universitet, Øster Voldgade 10, 1350 København K, e-post: skage@geo.geol.ku.dk*