

Stratigrafisk korrelation af øvre karbone (Moscov) miosporer fra Kap Jungersen, Amdrup Land, det østlige Nordgrønland

CHRISTIAN THOMSEN



Thomsen, C.: Stratigrafisk korrelation af øvre karbone (Moscov) miosporer fra Kap Jungersen, Amdrup Land, det østlige Nordgrønland. *Geologisk Tidsskrift*, hæfte 2, pp. 7–18. København, 1999–09–27.

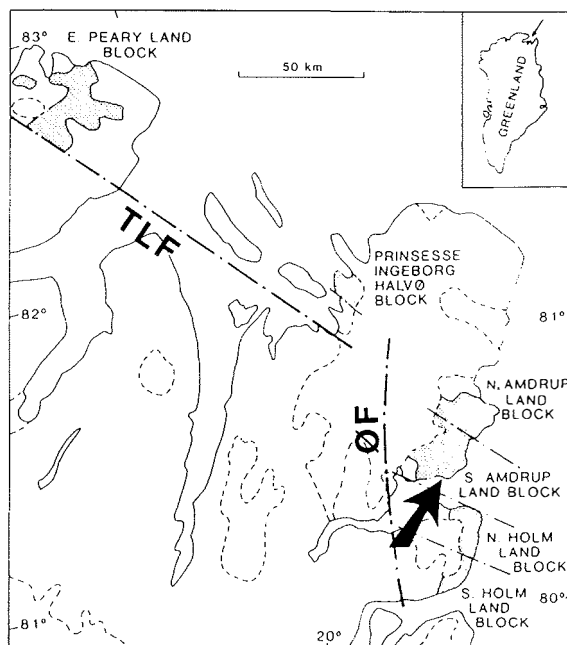
The 350 meter thick sedimentary succession at Kap Jungersen, southern Amdrup Land, eastern North Greenland, is dominated by marine shallow water carbonates with minor evaporites and siliciclastics. The age of the succession is dated to Kashirskian and Podolskian in the Moscovian epoch by correlation of fusulinids to the Russian fusulinid stratigraphy. 33 productive palyno samples were collected and 48 miospore species have been identified and described (Thomsen et al. manus.). 21 of these species are new and described for the first time. Few scolecodonts and no acritarchs have been observed. The miospore assemblage is dominated by saccate striate and non striate pollen. *Vittatina* is common. The composition of the miospore assemblage indicates affinity to the northern subtropical and arid Tianshan floral province by similarity to other miospore assemblages in northern Canada, the Urals and China. Age determination by comparison of the miospore assemblage to the west European miospore zonation indicates an age corresponding to Gzelian – Asselian, which is approximately 17 m.y. younger than the age determined by the cooccurring fusulinids. This age discrepancy is best explained by floral provincialism resulting from differences in aridity between the humid tropical Euramerica and the arid subtropical Tianshan further north.

Christian Thomsen, Enator A/S, Vesterbrogade 149, DK-1620 København V. [cth@enator.dk]

Indledning

For at undersøge den karbone mikroflora blev der indsamlet 33 produktive palynoprøver fra et 350 meter højt kystprofil ved Kap Jungersen på det sydlige Amdrup Land (Fig. 1). Den øvre karbone mikroflora fra Kap Jungersen er første gang beskrevet af Thomsen (1998) og Thomsen et al. (manus.). På baggrund af 48 observerede og bestemte miosporearter, hvoraf 21 er nye, præsenteres i denne artikel de korrelationsmæssige problemer, som sandsynligvis er forårsaget af floraprovincialisme. Miosporer er en betegnelse som anvendes om både pollen og sporer, hvor tilhørsforholdet mellem moderplante og spore- eller pollen-kornet ikke er kendt og det derfor ikke er muligt at

Fig. 1. Udbredelsen (skraveret) af de øvre Palæozoiske sedimenter i det østlige Nordgrønland. Forkastninger er vist med stiplede linie. Pilen viser placeringen af kystprofilen ved Kap Jungersen på det sydlige Amdrup Land. TLF; Trolle Land Forkastningszone, ØF; Østgrønlandske Forkastningszone. Modificeret efter Stemmerik og Håkansson (1991).



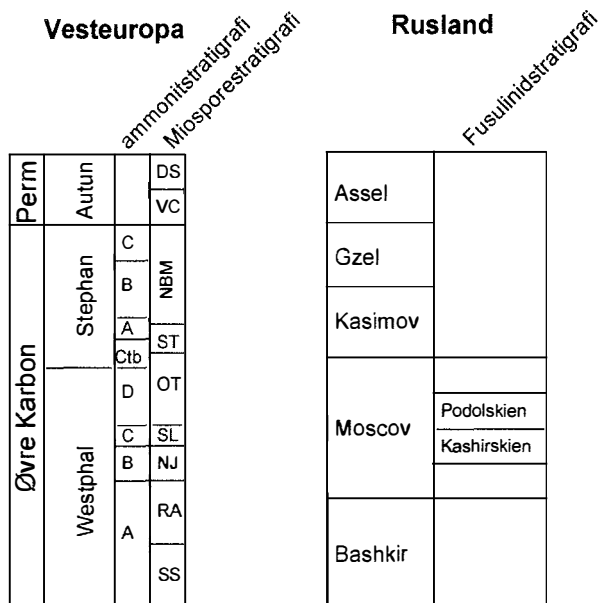


Fig. 2. De stratigrafiske relationer mellem de vesteuropæiske miosporezoner (SS til DS) i forhold til den vesteuropæiske og russiske stratigrafi. Sammenstillet på basis af Clayton et al. (1977) og Harland et al. (1990).

adskille disse biologisk funktionelt. Forskellen mellem sporer og pollen er biologisk defineret og ikke morfologisk. Miosporer er desuden defineret ved at være mindre end 200 µm. Korrelation og sammenligning af mikrofloraen vil blive foretaget både til den veletablerede vesteuropæiske miosporezoner beliggende i floraprovinserne Euramerika og de langt mindre velbeskrevne miosporeselskaber beliggende i den nordligere floraprovinser Tianural, hvis oprettelse er foreslået af Zhou (1994). Endvidere vil de palæoklimatiske forhold, så vidt det er muligt, blive belyst ud fra mikrofloraen. Den systematiske beskrivelse af mikrofloraen fra Kap Jungersen vil ikke blive berørt her, men er grundigt behandlet i Thomsen et al. (manus.).

De sedimentære aflejringer er velbeskrevne (Håkansson 1979; Stemmerik og Håkansson 1989, 1991; Stemmerik og Elvebakk 1994; Stemmerik 1989, 1996). Tilstedeværelsen af fusulinider sammen med miosporeselskabet i de marine aflejringer tillader en direkte korrelation og datering af aflejringerne til standardstratigrafien for øvre Karbon baseret på den russiske fusulinidstratigrafi (Harland et al. 1990). Denne korrelation giver en alder for sedimenterne svarende til Kashirskien og Podolskien i Moscov (Dunbar et al. 1962, Nilsson 1994) (Fig. 2).

Tektonisk og sedimentologisk ramme

Øvre karbone til kænozoiske sedimenter er blotet i det østlige Nordgrønland, primært det østlige Peary

Land, det nordlige Kronprins Christian Land, Amdrup Land og Holm Land, og benævnes generelt med fællesbetegnelsen Wandel Sea Bassinet (Dawes og Soper 1973). I sen Palæozoikum fandt sedimentation sted i to mere eller mindre uafhængige intrakratone bassiner; et sydligt riftbassin (Holm Land og Amdrup land) relateret til initial rifting mellem Østgrønland og Vestnorge, og et nordligt riftbassin (Peary Land og Prinsesse Ingeborg Halvø) relateret til initial rifting mellem Nordgrønland og Svalbard (Håkansson og Stemmerik 1989; Stemmerik og Håkansson 1991; Surlyk 1991). De blottede aflejringer i det sydlige riftbassin forekommer på fire forkastningsblokke i Holm Land og Amdrup Land (Fig. 1). Forkastningsblokkene er mod vest afgrænset af den nord-sydgående Østgrønlandske Forkastningszone, som anses for at være en forlængelse af den post-devone Hovedforkastningszone i det centrale Østgrønland (Håkansson og Stemmerik 1989). De fire forkastningsblokke er indbyrdes adskilt af nordvest – sydøstgående forkastninger, der er subparallelle med Trolle Land Forkastningszonen. Differentieret indsinking af disse fire forkastningsblokke ligger til grund for den varierende aflejringshistorie på Holm Land og Amdrup Land i det sydlige riftbassin.

Kap Jungersen og Foldedal Formationerne ved Kap Jungersen tilhører begge Mallemuk Mountain Gruppen og består af fluviale og marine silisiklastiske sedimenter, gips og biogene platformkarbonater, der alle er aflejret på relativt lavt vand. Sedimenterne er aflejret i kileformede til tabulære tredjeordenssekvenser, der oftest er adskilt af veludviklede karstificeringsflader, som repræsenterer mindre hiati. Sekvenserne har en lateral udbredelse på flere kilometer. Tredjeordenssekvenserne er internt opbygget af adskillige højfrekvente sekvenser med en varighed på ca. 100.000 år (Stemmerik 1994, 1996).

Faciesfordelingen og aflejningsarkitekturen tolkes som resultat af et samspil mellem klimavariationer, tektonisk aktivitet og højfrekvente glaciogene havniveauændringer (Stemmerik 1996). Tilstedeværelsen af op til 30 meter tykke gipsaflejringer og karstificering af karbonaten antyder et palæoklima, der overvejende har været tørt, men som i perioder med subaerisk blotning af karbonatplatformene har været mere fugtigt.

Floraprovinzialisme

Floraprovinser er geografisk afgrænsede områder indeholdende en karakteristisk makroflora afspejlet af mikrofloraen. Udbredelsen af floraprovinser er primært palæoklimatisk betinget, men palæogeografi udgør også en væsentlig faktor. I sen Karbon er tre overordnede floraprovinser beskrevet (Utting og Piasceki 1995). Gondwana, den sydligst beliggende floraprovinser, strækker sig mod nord til nær den 30. sydli-

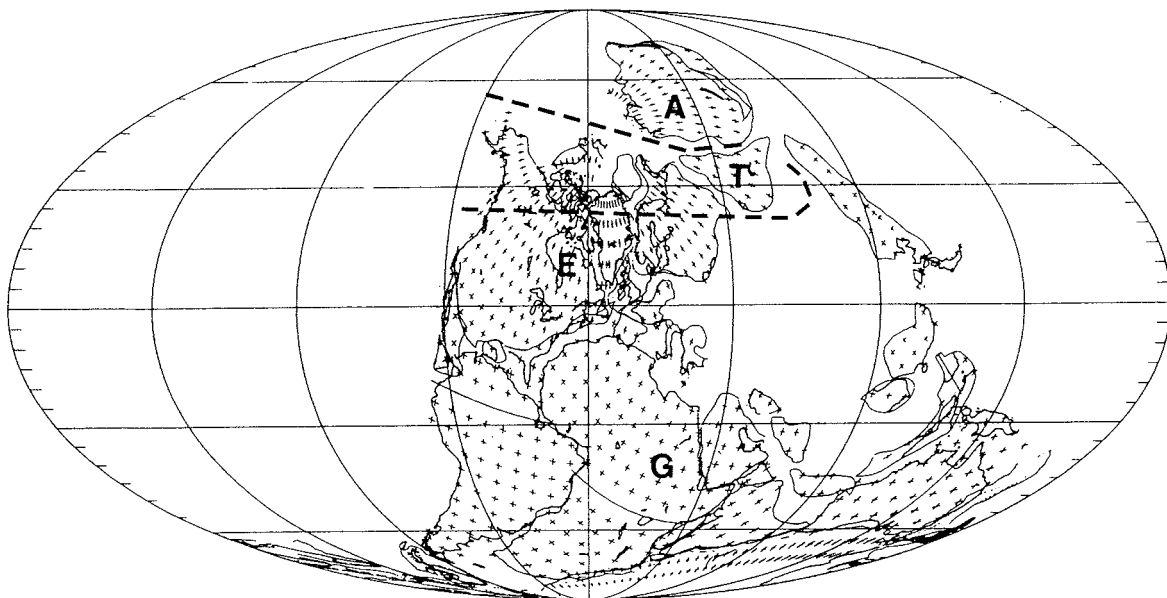


Fig. 3. Den palæogeografiske udbredelse af floraprovinserne Tianural i Bashkir og Moscov. A; Angara, T; Tianural, E; Euramerika, G; Gondwana. Sammenstillet efter Scotese og McKerrow (1990) og Zhou (1994).

ge palæobreddegrad. Euramerika, der er beliggende i det palæoækvatoriale område, er afgrænset mod syd af Gondwana og når mod nord til nær den 25. nordlige palæobreddegrad. Angara, den nordligst beliggende floraprovinser, er afgrænset mod syd af Euramerika. I følge denne opdeling i tre floraprovinser i sen Karbon, er Kap Jungersen med en palæobreddegrad på ca. 30° nord i Moscov placeret i Angara. Eksistensen af en fjerde floraprovinser, Tianural, i sen Karbon (Bashkir og Moscov) beliggende mellem Angara og Euramerika er foreslået af Zhou (1994) (Fig. 3). Denne floraprovinser overlapper palæogeografisk en stor del af floraprovinser Sub-Angara, der dog først etableres i mellem til Sen Perm (Utting og Piasecki 1995). I forhold til floraprovinser karakteriseret ved makrofloraer er lokaliteten ved Kap Jungersen i sen Karbon palæogeografisk placeret syd for Angara i et område, hvor der ikke er klarhed mellem grænserne af de enkelte phytochoria (Cleal og Thomas 1991). (Phytochoria er geografisk afgrænsede områder med karakteristiske fossile makroplantetaxa. Phytochoria kan have forskellig rang, som foreksempel rige, område og provinser).

Palynostratigrafi

Der blev udtaget 52 palynoprøver fra profilet ved Kap Jungersen fra mørke, ukonsoliderede ler- og silthorisonter. 33 prøver indeholder miosporer, der er så velbevarede, at identifikation og klassifikation på arts-

niveau er mulig. På trods af det marine aflejningsmiljø er der ikke observeret acritarcher. Der blev anvendt standard prøvetagning og præparationsteknik. Miosporerne er generelt velbevarede og farven varierer fra lysebrun til gul over gul-orange, hvilket er karakteristisk for en marginal thermal moden sedimentær bjergart, der ikke har potentiale som kommerciel sourcerock med henblik på kulbrintedannelse. De produktive palynoprøver forekommer i tre stratigrafiske intervaller, som primært er adskilt af dolomiteret karbonat, hvori der på grund af rekrystallisering ikke er bevaret miosporer.

Miosporezoner

På basis af miosporernes stratigrafiske fordeling er der uformelt opstillet tre karakteristiske miosporezoner (fig. 4). Til karakteriseringen af zonerne er principperne for selskabszone og hyppighedszone anvendt. Det er disse principper, der anvendes ved opstilling af miosporezoner i Euramerika (Clayton et al. 1977). Miosporezonerne er karakteriseret ved forekomst af bestemte arter i mængderne; dominerende (> 10%), hyppig (3,3–10%), almindelig (1,5–3,2%), sjælden (0,2–1,4%) og fraværende (0–0,1%).

Miosporezone I (0–32 meter) er diagnostisk ved tilstedeværelsen af *Lycospora pusilla* som dominerende art. Den nedre del af zonen er diagnostisk ved tilstedeværelse af *Taeniaesporites erichseni* som dominerende art og hyppig forekomst af *Endoculeospora*

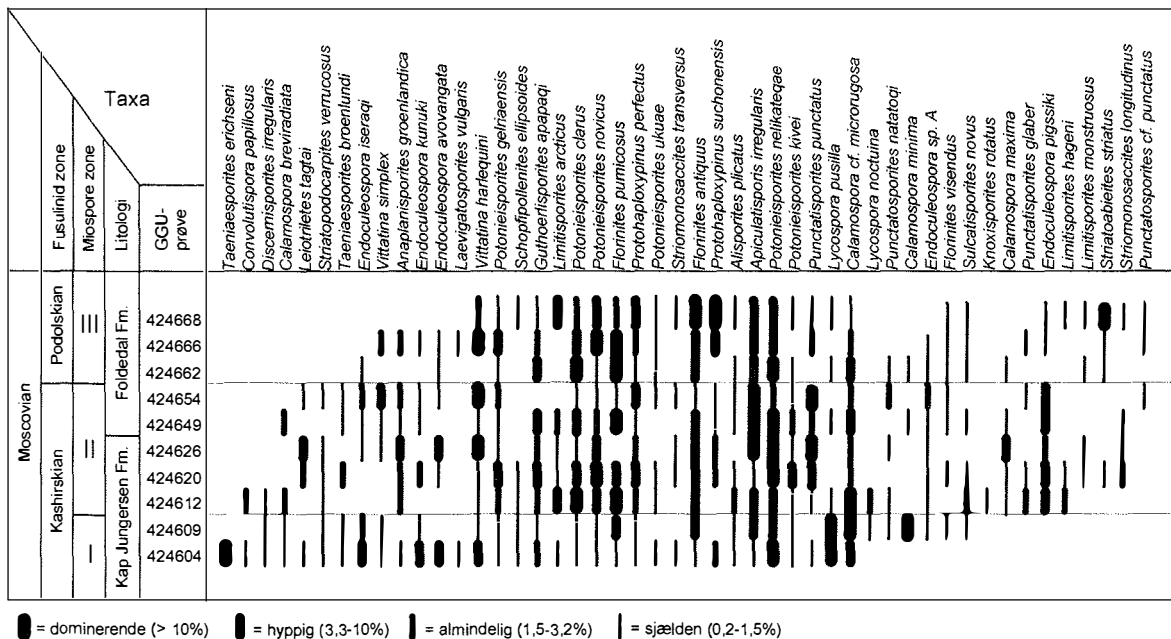


Fig. 4. Udbredelsesdiagram som viser de tre uformelle miosporezoner (I-III) og den stratigrafiske fordeling af de observerede miosporearter fra Kap Jungersten.

iseraqi og *Endoculeospora kunuki*. Den øvre del af zonen er diagnostisk ved tilstedeværelse af *Calamospora minima* som dominerende art.

Miosporezone I er yderligere karakteriseret ved dominerende eller hyppig forekomst af *Calamospora cf. microrugosa* og *Potoniaesporites nalikategae*. I den nedre del af zonen forekommer *Vittatina harlequini* hyppigt. I den øvre del af zonen forekommer *Florinites antiquus*, *Florinites pumicosus* og *Apiculatisporis irregularis* hyppigt.

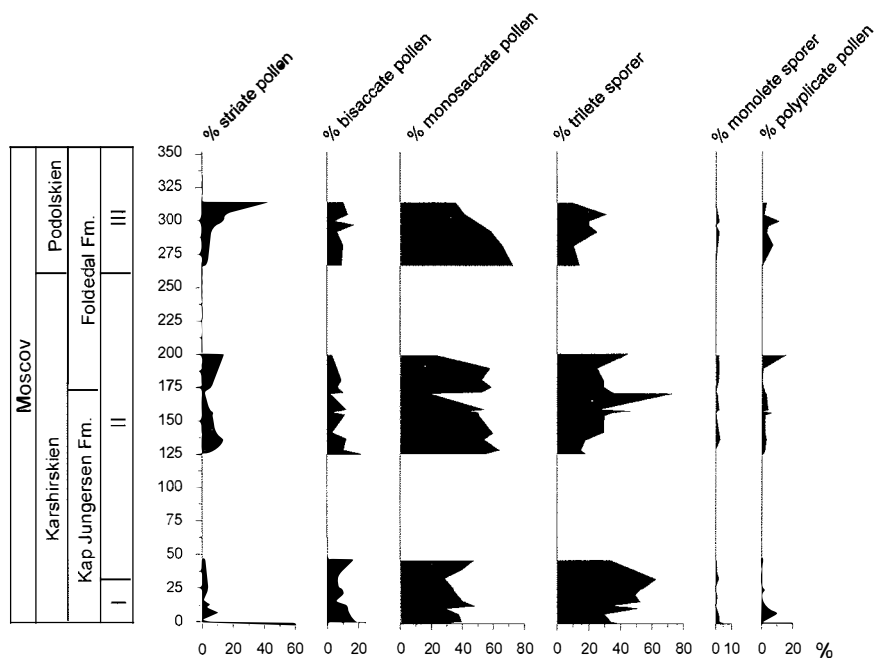
Miosporezone II (33–263 meter) er diagnostisk ved almindelig, hyppig eller dominerende forekomst af *Endoculeospora pigssiki*. Diagnostisk for starten af zonen er en markant stigning fra sjælden til dominerende forekomst af *Potoniaesporites clarus* og en markant stigning fra fraværende eller sjælden til hyppig forekomst af *Endoculeospora pigssiki*, *Potoniaesporites novicus* og *Limitisporites arcticus*. Diagnostisk for den mellemste del af zonen er dominerende eller hyppig forekomst af *Apiculatisporis irregularis*, *Calamospora maxima*, *Punctatisporites punctatus*, *Endoculeospora avovangata* og *Leiotriletes tagtai*. Diagnostisk for toppen af zonen er et markant fald fra dominerende til fraværende eller sjælden forekomst af *Punctatisporites punctatus* og *Endoculeospora pigssiki*.

Miosporezone II er yderligere karakteriseret ved primært dominerende eller hyppig forekomst af *Potoniaesporites clarus*, *Anaplanisporites groenlandica*, *Potoniaesporites novicus*, *Florinites antiquus*, *Calamospora cf. microrugosa*, *Potoniaesporites nalikategae*, *Florinites pumicosus* og *Apiculatisporis irregularis*. Derudover forekommer *Vittatina harlequini*, *Guthoerlisporites apapaqi*, *Protohaploxylinus perfectus* og *Protohaploxylinus suchonensis* i varierende hyppighed fra fraværende til dominerende. Karakteristisk for zone II er en relativ høj artsdiversitet i forhold til zone I og III. Den markante ændring i artsdiversitet er også en betydende faktor for opstilling af zone II.

Miosporezone III (264–314 meter) er diagnostisk ved dominerende eller hyppig forekomst af *Florinites antiquus*, *Potoniaesporites nalikategae*, *Potoniaesporites clarus*, *Florinites pumicosus*, *Apiculatisporis irregularis* og *Potoniaesporites novicus*. Diagnostisk for starten af zonen er et markant fald i artsdiversitet. Toppen af zonen er diagnostisk ved en markant stigning til dominerende forekomst af *Striatoabieites striatus* og *Protohaploxylinus suchonensis*.

Miosporezone III er yderligere karakteriseret ved varierende forekomst fra fraværende til dominerende hyppighed af *Vittatina harlequini*, *Guthoerlisporites apapaqi* og *Limitisporites arcticus*. Karakteristisk for zone III er en lille artsdiversitet i forhold til zone II. Dette markante fald i artsdiversitet er også en betydende faktor for opstillingen af zone III.

Fig. 5. Den procentvise fordeling af de overordnede miosporegrupper op gennem profilet ved Kap Jungersen. I gruppen af striate pollen udgør striate bisaccate pollen mere end 98%. I-III angiver den stratigrafiske placering af de tre uformelle miosporezoner.



Korrelation af mikrofloraen til Vesteuropa i Euramerika

Palynologisk korrelation til Euramerika foretages til den vesteuropæiske miosporezonerings opstillet af Clayton et al. (1977). Dette værk repræsenterer den seneste samlede gennemgang af den stratigrafiske fordeling af karbone miosporer i Vesteuropa. Owens et al. (1978) foretog en palynologisk sammenligning mellem Vesteuropa og aflejringerne i Donetz Bassinet i Rusland, som både indeholder miosporer og fusulinider. Donetz Bassinet er beliggende vest for Moskva Bassinet og imellem de to bassiner kan der korreleres direkte med fusulinider. Begge bassiner er beliggende i Euramerika. Sammenligningen af Owens et al. (1978) viste ikke relevante forskelle mellem miosporezoneringsen i Vesteuropa og Donetz Bassinet. Derved er miosporezoneringsen i Vesteuropa indirekte korreleret til fusulinidstratigrafien i Rusland.

Korrelation af mikrofloraen fra Kap Jungersen til Vesteuropa er primært baseret på overordnede variationer i udviklingen af mikrofloraen, idet kun relativt få vesteuropæiske stratigrafisk signifikante arter er repræsenteret i mikrofloraen ved Kap Jungersen. Mikrofloraens sammensætning og stratigrafiske udvikling kan korreleres til to, muligvis tre, vesteuropæiske miosporezoner. Tekst i »anførselstegn« er zonebeskrivelser fra Clayton et al. (1977).

Korrelation til *Potonieisporites novicus-bhardwajii* – *Cheiledonites major* (NBM)-Zonen er baseret på følgende overensstemmelser: »Abundance of *Lycospora* spp. (which show nevertheless a slight drop in frequency)... and *Florinites* spp. Presence of ...*Poto-*

nieisporites spp. and *Disaccites non striatiti* (except in lower part)... Presence of several *Vittatina* spp. and *Disaccites striatiti*...«. NBM-Zonen er i Vesteuropa derudover defineret ved tilstedeværelsen af følgende arter: »Abundance of *Laevigatosporites* spp., *Punctatosporites* spp., *Thymospora* spp. og *Spinisporites spinosus*«, hvoraf kun *Laevigatosporites* spp. og *Punctatosporites* spp. forekommer ved Kap Jungersen, dog kun i meget få eksemplarer. Desuden baseres NBM-Zonen på »Presence of *Triquitrites* spp., *Lundbladispora gigantea*., *Latensina trileta*, *Angulisporites splendidus*, *Candidispora* spp., *Cheiledonites* spp. and *Polymorphisporites* spp. Distinct drop in frequency of *Densosporites* spp.«, men ingen af disse slægter forekommer ved Kap Jungersen.

Den underliggende *Angulisporites splendidus* – *Latensina trileta* (ST)-Zone i Vesteuropa korrelerer dårligt til miosporeselskabet fra Kap Jungersen, idet bisaccate striate pollen kun forekommer sporadisk, og isolerede *Vittatina* spp. første gang optræder i ST-Zonen. De nederste prøver i profilet ved Kap Jungersen indeholder et stort antal striate pollen, og slægten *Vittatina* er repræsenteret af to arter, som forekommer hyppigt og almindeligt.

Korrelation til *Vittatina costabilis* (VC)-Zonen er baseret på følgende overensstemmelser: »Predominance of monosaccate pollen (*Potonieisporites* spp. and *Florinites* spp.). Relative abundance of *Disaccites non striatiti* ... and *Vittatina* spp. ... Continued occurrence but only as rare examples of *Laevigatosporites* spp., *Punctatosporites* spp. ... Very rare occurrences of *Lycospora* spp. ...«. VC-Zonen i Vesteuropa er derudover defineret af følgende arter, som ikke forekom-

mer ved Kap Jungersen: »Relative abundance of *Cheiledonites* spp. ... Continuation of *Lundbladispора gigantea* and *Latensina trileta*. Rare examples of *Thymospora* spp. Very rare occurrences of *Triquitrites* spp., *Spinospores spinosus* and *Candispora* spp.«

Den øverste produktive prøve i profilet ved Kap Jungersen kan repræsentere overgangen til *Disaccites striatiti* (DS)-Zonen baseret på følgende overensstemmelser: »Predominance of representatives of *Potoniopsisporites* spp. Strong representation of *Disaccites striatiti*. Continuation of the presence of representatives of *Disaccites non striatiti* and of *Vittatina* spp. Rare occurrence of spores...«. Fig. 5 viser den markante stigning i det relative antal af striate pollen, og et fald i det relative antal af trilete sporer til cirka 10%.

Den mest sandsynlige korrelation af de tre opstillede miosporezoner fra Kap Jungersen i Tianural til den vesteuropæiske miosporezoner i Euramerika giver følgende resultat: Miosporezone I og II fra Kap Jungersen er i størst overensstemmelse med den vesteuropæiske NBM-Zone. Miosporezone III fra Kap Jungersen er i størst overensstemmelse med den vesteuropæiske VC-Zone, og repræsenterer sandsynligvis overgangen til DS-Zonen. En isoleret palynologisk korrelation til Vesteuropa vil dermed give en sen Stephan og tidlig Auton alder, svarende til sen Gzel og tidlig Assel (Fig. 2).

Sammenligning af mikrofloraen med miosporeselskaber i Tianural

Palynologisk korrelation inden for Tianural er begrænset af to faktorer. For det første er størstedelen af floraprovinserne geografisk placeret i Rusland og Kina, hvilket medfører både sproglige og klassifikationsmæssige forståelsesproblemer. For det andet er kun få miosporeselskaber fra Tianural beskrevet og ingen af disse er kvalitativt eller kvantitativt beskrevet i en sådan grad, at en tilfredsstillende sammenligning er mulig. Det betyder, at der ikke eksisterer en egentlig successiv miosporestratigrafi for Tianural, men derimod kun stratigrafisk isolerede miosporeselskaber. En egentlig palynologisk korrelation er derfor svær at foretage. Derfor kan der kun foretages en overordnet sammenligning til de beskrevne miosporeselskaber fra Tianural.

Overordnet sammenligning af mikrofloraen fra Kap Jungersen er foretaget til miosporeselskaber beskrevet af Barrs (1972), Utting (1985, 1989), Bamber et al. (1989) og Zhou (1994) fra det nordlige Canada og nordvestlige Kina, som alle er beliggende i Tianural (Fig. 3). Disse miosporeselskaber er alle dateret til Bashkir og Moscov på basis af fusulinider korreleret til den russiske fusulinidstratigrafi. Sammen med miosporeselskabet fra Kap Jungersen udviser disse miosporeselskaber fælles træk, som er karakteristisk for Tianural, og adskiller dem fra samtidige miospo-

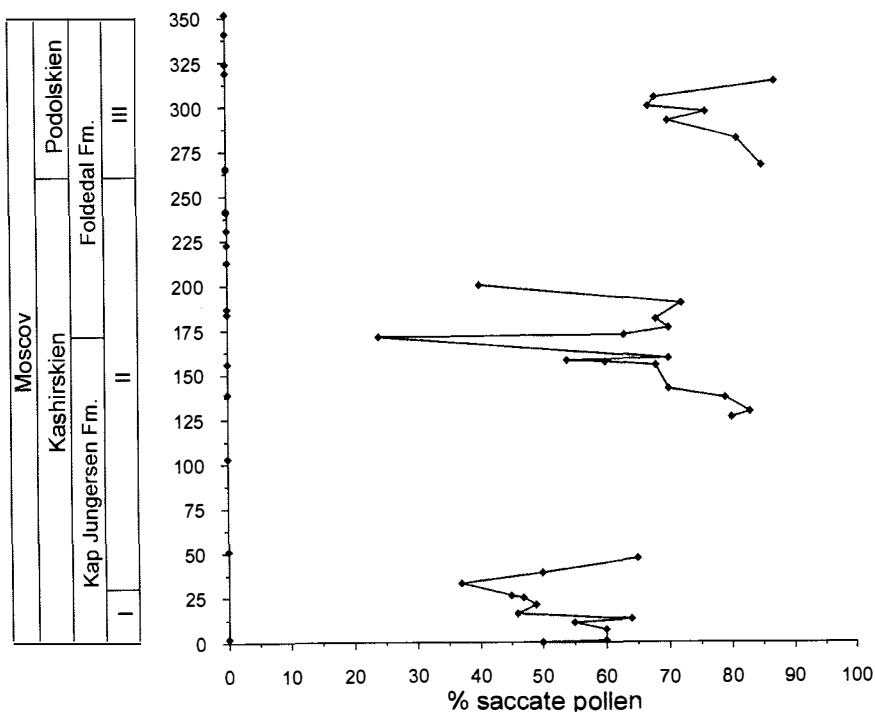
reselskaber i Euramerika. Disse karakteristika består i markant tilstedeværelse (>50%) af saccate pollen, hvoraf striate bisaccate udgør en væsentlig andel samt forekomst allerede fra tidlig Moscov af *Vittatina*, som hurtigt diversificeres.

Markant tilstedeværelse af saccate pollen og *Vittatina* i Euramerika forekommer først i seneste Karbon og Perm. Saccate pollen og *Vittatina* er produceret af coniferer og conifer-lignende gymnospermer, som antages associeret med og tilpasset aride klimaer. Denne tolkning er primært baseret på samtidig tilstedeværelse af evaporitter samt xerofytiske karakterer hos makrofloraen (Meyen 1987; Zhou 1994). Xerofyter er planter, der er tilpasset et tørt klima. Denne tilpasning er tolket ud fra forskellige karakterer som foreksempel vækstringe, hulrum der kan indeholde fugtig luft og læderagtige blade med tyk cuticle og epidermis. Tidligt i sen Karbon (Bashkir og Moscov) forekommer miosporeselskaber domineret af saccate pollen indeholdende *Vittatina* i det palæosubtropiske område omkring 30° N palæobreddegrad (Zhou 1994). I dette område forekommer i Bashkir og Moscov en række evaporitaflejringer, som indikerer et aridt klima. Det er derfor sandsynligt, at *Vittatina*- og saccate pollenproducerende planter opstod i det aride palæosubtropiske område i Bashkir og Moscov, mens Euramerika var præget af tropisk og fugtigt klima, der her resulterede i udbredte kulaflejringer. En gradvis udbredelse af det aride klima fra nord mod syd i seneste sen Karbon og Tidlig Perm kan dermed forklare den forsinkede optræden af saccate pollen og *Vittatina* i Euramerika. Denne tolkning understøttes også sedimentært ved et markant fald i udbredelsen af kulaflejringer i Euramerika i denne periode (Phillips og Peppers 1984).

Mikrofloraens floraprovincielle tilhørsforhold

Den procentvise fordeling af seks overordnede miosporegrupper op gennem profilet ved Kap Jungersen er vist i figur 5. Der er markant forskel mellem den relative mængde af de seks overordnede miosporegrupper i mikrofloraen fra Kap Jungersen og den relative mængde af de samme grupper i samtidige mikrofloraer i Euramerika (Europa og USA). Den procentvise forekomst af monolete og trilete sporer ved Kap Jungersen er markant mindre end i samtidige mikrofloraer fra Europa (Clayton et al. 1977; Owens et al. 1978) og USA (Eble 1994; Peppers 1996), hvor disse to grupper er altdominerende i Moscov. Saccate pollen, især monosaccate, polylicate og striate pollen, udgør en markant større andel af mikrofloraen ved Kap Jungersen end i samtidige mikrofloraer fra Europa (Clayton et al. 1977; Owens et al. 1978) og USA (Eble 1994; Peppers 1996). Det usædvanligt store indhold af disse pollentyper produceret af coniferer og conifer-lignende gymnospermer i mikrofloraen ved Kap

Fig. 6. Den procentvise fordeling af saccate pollen op gennem profilet ved Kap Jungersen og den stratigrafiske placering af de indsamlede prøver. Prøver der ligger på y-aksen indeholder ingen miosporer. I-III angiver den stratigrafiske placering af de tre uformelle miosporezoner.



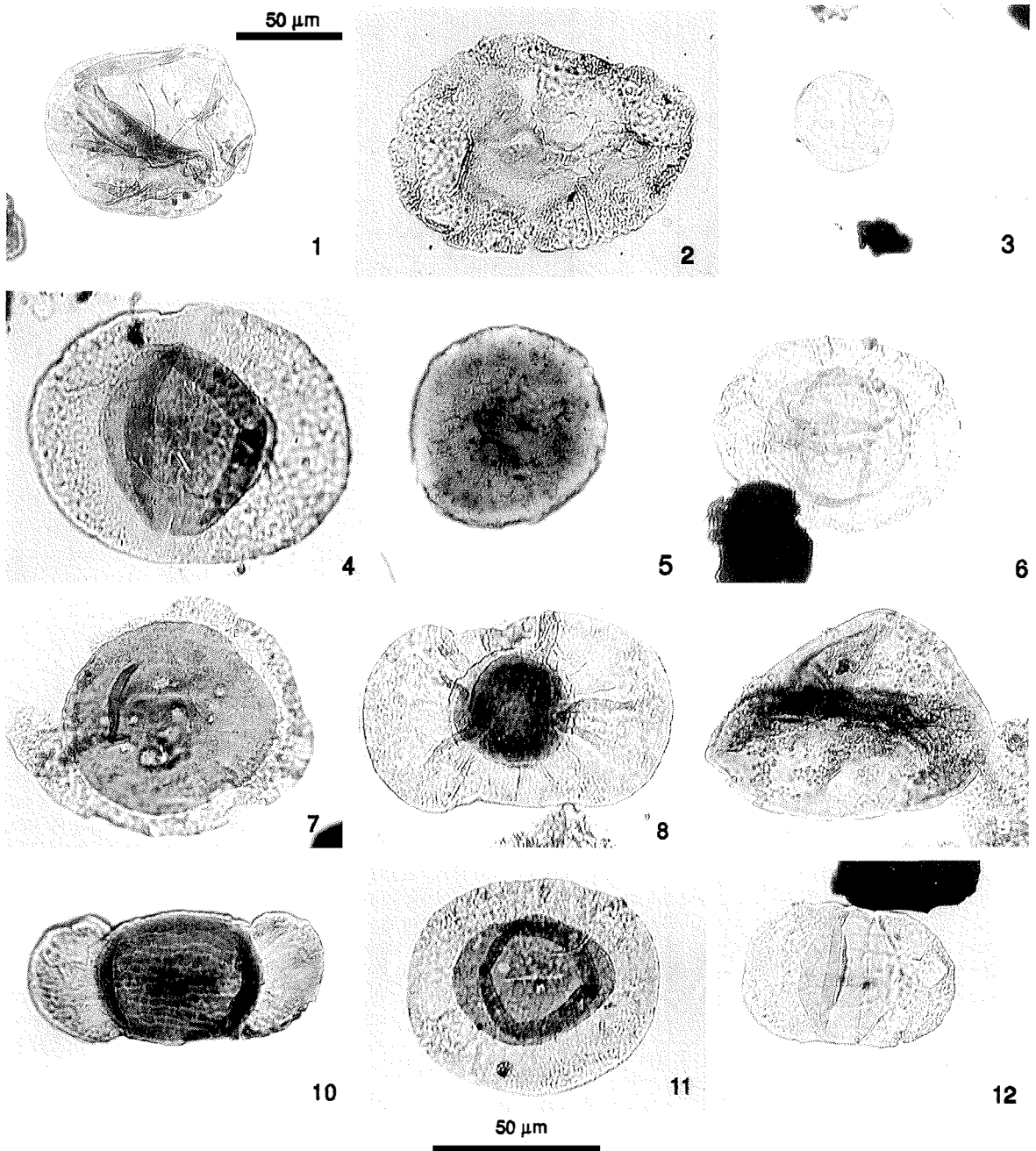
Jungersen indikerer et relativt aridt klima sammenlignet med Euramerika i samme periode. Det er samtidigt en dominans af disse pollentyper i Bashkir og Moscov, der er karakteristisk for florasprovinser Tianural (Zhou 1994). Der er derfor ingen tvivl om affiniteten af mikrofloraen fra Kap Jungersen til Tianural og ikke Euramerika. Tilstedeværelsen af 21 nye arter ved Kap Jungersen som ikke forekommer i Euramerika, der er en yderst velundersøgt florasprovin, antyder samtidig at det østlige Nordgrønland ikke tilhører Euramerika. Derimod er det overvejende sandsynligt, at disse 21 arter tilhører Tianural, som endnu ikke er særlig velundersøgt.

Palæoklimatiske overvejelser

Mikrofloraens sammensætning antyder et overvejende tørt klima ved Kap Jungersen i Moscov. Denne tolkning understøttes ved tilstedeværelsen af evaporitter. Den procentvise fordeling af saccate pollen i forhold til andre pollen og sporer op gennem profilet er vist i figur 6. Det procentvise indhold af saccate pollen varierer overordnet fra ca. 50% i bunden af profilet til ca. 75% i toppen af profilet. Denne ændring er med overvejende sandsynlighed et udtryk for ændringen i den terrestriske makroflora, da der ikke er sedimentære indicier for differentieret sortering af mikrofloraen i form af Neves-effekten (Traverse 1988) i form af mere distale aflejringer op gennem profilet. Derfor

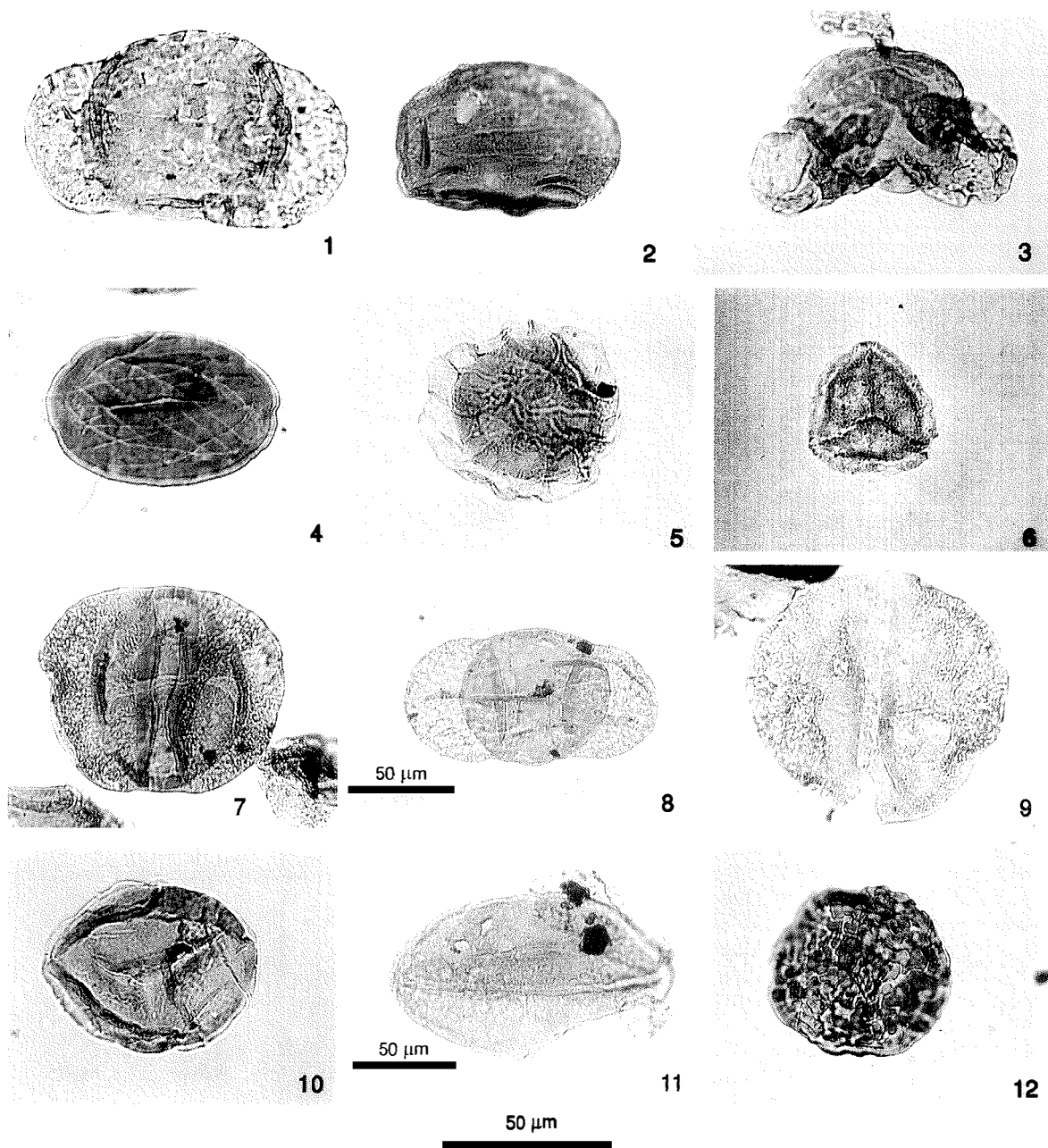
anses det høje relative indhold af saccate pollen og den overordnede stigning på ca. 25% som værende klimatisk betinget. Sammenhængen mellem et mere tørt klima og en stigning i det relative indhold af saccate pollen er både mikro- og makrofloristisk påvist af Winston (1983). Slægterne *Potonieisporites*, *Florinites*, *Striatoabieites* og *Protohaploxylinus*, som dominerer gruppen af saccate pollen, er produceret af nøgenfrøede coniferer og conifer-lignende gymnospermer, der er mere tørketolerante end mosser og karsporeplanter, som producerer monolet og trilete sporer.

Denne tolkning understøttes yderligere ved markant tilstedeværelse af *Lycospora* i bunden af profilet, hvorefter slægten stort set er fraværende. *Lycospora* produceres af ulvefødterne *Lepidophlois* og *Lepidodendron*, der i sen Karbon er dominerende i kul-lag og dermed indikerer stor humiditetsafhængighed (Courvoisier og Phillips 1975; Winston 1983; Phillips og Peppers 1984). *Lepidophlois* og *Lepidodendron* uddør på overgangen mellem Westphal og Stephan i Europa og USA, sandsynligvis som følge af overgangen til et mere tørt klima i disse områder i Stephan (DiMichele 1981; Winston 1983; Phillips og Peppers 1984). Det skarpe og markante fald i den relative mængde af *Lycospora* ved Kap Jungersen kan repræsentere en tidligere uddøen her af *Lepidophlois* og *Lepidodendron*, end det er tilfældet i Europa og USA. Der kræves dog flere miosporeundersøgelser i dette stratigrafiske interval i florasprovinen Tianural for at afgøre, om det er en regional (Tianural) eller kun en lokal uddøen ved Kap Jungersen.



Tavle I. Eksempler på miosporer fra Kap Jungersen.

- Fig. 1. *Calamospora maxima* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
 Fig. 2. *Potonieisporites clarus* Inosova, Kruzuziana og Shvartsmann 1976.
 Fig. 3. *Calamospora minima* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
 Fig. 4. *Potonieisporites gelriaensis* Bless, Loboziak og Streel 1977.
 Fig. 5. *Anaplanisporites groenlandica* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
 Fig. 6. *Potonieisporites novicus* Bharadwaj 1954.
 Fig. 7. *Potonieisporites kivei* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
 Fig. 8. *Potonieisporites ukuae* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
 Fig. 9. *Apiculatisporites irregularis* Smith og Butterworth 1967.
 Fig. 10. *Striatopodocarpites verrucosus* Koltchina 1980.
 Fig. 11. *Potonieisporites nalikateqae* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
 Fig. 12. *Protohaploxypinus perfectus* Samoilovich 1953.



Tavle II. Eksempler på miosporer fra Kap Jungersen.

Fig. 1. *Protohaploxypinus suchonensis* Hart 1964.

Fig. 2. *Vittatina simplex* Jansonius 1962.

Fig. 3. *Striatoabieites striatus* Hart 1964.

Fig. 4. *Vittatina harlequini* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

Fig. 5. *Endoculeospora kunuki* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

Fig. 6. *Lycospora pusilla* Schopf, Wilson og Bentall 1944.

Fig. 7. *Limitisporites arcticus* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

Fig. 8. *Taeniaesporites broenlundi* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

Fig. 9. *Limitisporites hageni* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

Fig. 10. *Endoculeospora iseraqi* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

Fig. 11. *Schopfipollenites ellipsoides* Potonié og Kremp 1954.

Fig. 12. *Convolutispora papillosus* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

Den procentvise fordeling af saccate pollen varierer betydeligt, selv inden for stratigrafisk korte intervaller (Fig. 6) og denne højfrekvente variation kan skyldes glaciogene klimavariationer. Saccate pollen produceret af relativt tørketolerente coniferer og conifer-lignende gymnospermer, bør forventes at vinde frem i relativt tørre perioder på bekostning af sporeproducerende mosser og karsporeplanter.

På baggrund af sedimentologien og mikrofloraen kan palæoklimaet i mellem Moscov ved Kap Jungersen sammenfattende tolkes som værende overvejende tørt med korterevarende humide perioder. Desuden er der mikrofloristiske indicier for, at klimaet generelt bliver mere tørt op gennem det stratigrafiske interval.

Konklusion

De sedimentære aflejringer ved Kap Jungersen, Kap Jungersen og Foldedal Formationer, er på basis af fusulinider dateret til Kashirskien og Podolskien i mellem Moscov ved korrelation til den russiske fusulinidstratigrafi. På baggrund af miosporeselskabet, der er aflejret sammen med fusuliniderne, kan der opstilles tre uformelle miosporezoner, I-III (fig. 4). Korrelation af de tre miosporezoner til den Vesteuropæiske miosporezonerings viser størst overensstemmelse med NBM- og VC-Zonerne. Det er muligt, at den yngste palynoprøve fra Kap Jungersen repræsenterer overgangen til DS-Zonen. Alderen af disse miosporezoner er sen Stephan og tidlig Autun svarende til sen Gzel og tidlig Assel i den russiske fusulinidstratigrafi. Denne dateringsmæssige diskrepans på ca. 17 millioner år skyldes sandsynligvis palæoklimatiske forskelle mellem lokaliteten i det østlige Nordgrønland og Europa. Disse palæoklimatiske forskelle kommer til udtryk i de sedimentære aflejringsmiljøer, idet der ved Kap Jungersen forekommer op til 30 meter tykke evaporitaflejringer, der antyder et tørt klima. Samtidig forekommer der i Europa ekstensive kulaflejringer, som her vidner om et fugtigt klima. Disse palæoklimatiske forskelle kommer samtidig til udtryk i sammensætningen af mikrofloraerne de to steder. I Europa er mikrofloraen domineret af trilete og monoete sporer produceret af mosser og karsporeplanter tilpasset et fugtigt klima. Mikrofloraen fra Kap Jungersen er derimod domineret af saccate pollen produceret af coniferer og conifer-lignende gymnospermer, som er tilpasset relativt tørt klima.

En sammenligning af mikrofloraen fra Kap Jungersen med mikrofloraer i Tianural bekræfter eksistensen af Tianural som en fjerde floraprovins i Bashkir og Moscov. Tianural var i Bashkir og Moscov palæogeografisk sammenfaldende med det palæosubtropiske område omkring den 30. nordlige breddegrad, der havde et relativt tørt klima. Euramerika var i samme periode placeret i det palæotropiske område og præget af et relativt fugtigt klima. Denne klimatiske for-

skel ligger med overvejende sandsynlighed til grund for de markant forskellige mikrofloraer i de to områder i Bashkir og Moscov.

En udbredelse af det tørre klima fra Tianural i nord til Euramerika i syd i Kasimov, Gzel og Tidlig Perm er der både sedimentologisk og mikrofloristisk evidens for. I denne periode falder tilstedeværelsen af kulaflejringer i Euramerika markant og mikrofloraen domineres gradvist af saccate pollen. Denne klimaforandring kan forklare den dateringsmæssige diskrepans på ca. 17 millioner år.

Artsliste over observerede miosporearter fra Kap Jungersen

Stratigrafisk signifikante arter er markeret med *.

Alisporites plicatus Jizba 1962

**Anaplanisporites groenlandica* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

**Apiculatisporis irregularis* Smith og Butterworth 1967

Calamospora breviradiata Kosanke 1950

**Calamospora cf. microrugosa* Smith og Butterworth 1967

**Calamospora minima* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

**Calamospora maxima* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

Convolutispora papillosus comb. nov. emend. Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

Discernisporites irregularis Neves 1958

**Endoculeospora avovangata* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

**Endoculeospora iseraqi* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

**Endoculeospora kunuki* Thomsen et al. manus.

**Endoculeospora pigssiki* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

Endoculeospora sp. A Staplin 1960

**Florinites antiqus* Schopf, Wilson og Bentall 1944

**Florinites pumicosus* Schopf, Wilson og Bentall 1944

Florinites visendus Schopf, Wilson og Bentall 1944

**Guthoerlisporites apapaqi* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

Knoxisporites rotatus Hoffmeister, Staplin og Malloy 1955

Laevigatosporites vulgaris Alpern og Doubinger 1973

**Leiotriletes tagtai* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

**Limitisporites arcticus* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

Limitisporites hageni Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.

Limitisporites monstruosus Hart 1965
Lycospora noctuina Somers 1972
 **Lycospora pusilla* Somers 1972
 **Potonieisporites clarus* Inosova, Kruziana og Shvartsmann 1976
Potonieisporites gelriaensis Bless, Loboziak og Streel 1977
Potonieisporites kivei Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
 **Potonieisporites nelikategae* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
 **Potonieisporites novicus* Bharadwaj 1954
Potonieisporites ukuae Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
 **Protohaploxypinus perfectus* Samoilovich 1953
 **Protohaploxypinus suchonensis* Hart 1964
Punctatisporites glaber Playford 1962
 **Punctatisporites punctatus* Ibrahim 1933
Punctatosporites natatoqi Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
Punctatosporites cf. *punctatus* Alpern og Doubinger 1973
Schopfiipollenites ellipsoides Potonié og Kremp 1954
 **Striatoabieites striatus* Hart 1964
Striatopodocarpites verrucosus Koltchina 1980
Striomonosaccites longitudinus Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
Striomonosaccites transversus Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
Sulcatisporites novus Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
 **Taeniaesporites erichseni* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
Taeniaesporites broenlundi Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
 **Vittatina harlequini* Thomsen, Piasecki og Stemmerik manus.
Vittatina simplex Jansonius 1962

Tak

Stefan Piasecki og Lars Stemmerik (GEUS) takkes for inspirerende samtaler og konstruktiv kritik i forbindelse med udarbejdelsen af denne artikel.

Publiceret med tilladelse fra Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse.

Referencer

- Alpern, B. & Doubinger, J. 1973: Les miospores monolètes du Paléozoïque. Commission Internationale de Microflore du Paléozoïque 6, 1–103.
- Bamber, E.W., Henderson, C.M., Jerzykiewicz, J., Mamet, B.L. & Utting, J. 1989: A summary of Carboniferous and Permian biostratigraphy, northern Yukon Territory and northwest District of Mackenzie. Geological Survey of Canada Current Research Paper 89–1G, 13–21.
- Barrs, M.S. 1972: A problem in Pennsylvanian – Permian palynology of Yukon Territory. *Geoscience and Man* 4, 67–71.
- Bharadwaj, D.C. 1954. Einige neue Sporengattungen des Saarkarbons. *Neues Jahrbuch für geologie und paläontologie*, 512–525.
- Bless, M.J.M., Loboziak, S. & Streel, M. 1977: An Upper Westphalian C “hinterland” microflora from the Haaksbergen-I Borehole (Netherlands). *Mededelingen Rijks Geologische Dienst Nieuwe Serie* 28, 135–140.
- Clayton, G., Coquel, R., Doubinger, J., Gueinn, K.J., Loboziak, S., Owens, B. & Streel, M. 1977: Carboniferous miospores of Western Europe: Illustration and zonation. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 29, 1–71.
- Cleal, C.J. & Thomas, B.A. 1991: Carboniferous and Permian palaeogeography. In Cleal, C.J. (ed.). *Plant fossils in geological investigation, the Palaeozoic*, 154–181.
- Courvoisier, J.M. & Phillips, T.L. 1975: Correlation of spores from Pennsylvanian coal-ball fructifications with dispersed spores. *Micropaleontology* 21, 45–59.
- Dawes, P.R. & Soper, N.J. 1973: Pre-Quaternary history of North Greenland. In Pitcher, M.G. (ed.). *Arctic geology*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 19, 117–134.
- DiMichele, W.A. 1981: Arborescent lycopods of Pennsylvanian age coals: *Lepidodendron*, with a description of a new species. *Palaeontographica* 175B, 85–125.
- Dunbar, C.O., Troelsen, J., Ross, C., Ross, J.P. & Nordford, B. 1962: Faunas and correlation of the Late Palaeozoic rocks of Northeast Greenland. *Meddelelser om Grønland* 167(4), 1–16.
- Eble, C.F. 1994: Palynostratigraphy of selected Middle Pennsylvanian coal beds in the Appalachian Basin. In: Rice, C.L. (ed.). *Elements of Pennsylvanian stratigraphy, Central Appalachian Basin*. Geological Society of America Special Paper 294, 55–68.
- Harland, W.B., Armstrong, R.L., Cox, A.V., Lorraine, E.C., Smith, A.G. & Smith, D.G. 1990: A geologic time scale. 263 pp. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hart, G.F. 1964: A review of the classification and distribution of the Permian miospore: Disaccate Striatiti. *Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère* 5, 1171–1199.
- Hart, G.F. 1965: The systematics and distribution of Permian miospores. 252 pp. Johannesburg: Witwatersrand University Press.
- Hoffmeister, W.S., Staplin, F.L. & Malloy, R.E. 1955: Mississippian plant spores from the Hardsburg Formation of Illinois and Kentucky. *Journal of Paleontology* 29, 372–399.
- Håkansson, E. 1979: Carboniferous to Tertiary development of the Wandel Sea Basin, eastern North Greenland. *Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport* 88, 73–84.
- Håkansson, E. & Stemmerik, L. 1989. Wandel Sea Basin – A new synthesis of the Late Paleozoic to Tertiary accumulation in North Greenland. *Geology* 17, 683–686.
- Ibrahim, A.C. 1933: Sporenformen des Aegirhorizonts des Ruhr-Reviers. Dissertation zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs der Technischen Hochschule zu Berlin, 1–47.
- Inosova, K.I., Kruziana, A.K. & Shvartsmann, E.G. 1976:

- Atlas of microspores and pollen of the upper Carboniferous and Lower Permian of the Donetz River Basin. 316 pp. Ukrainian SSR Ministry of Geology, Artem Geological Exploration Trust.
- Jansonius, J. 1962: Palynology of Permian and Triassic sediments, Peace River Area, Western Canada. *Palaeontographica* 110B, 35–98.
- Jizba, M.M.K. 1962: Late Paleozoic bisaccate pollen from the United States midcontinent area. *Journal of Paleontology* 36, 871–887.
- Koltchina, A.N. 1980: Stratigraphy, fusulinids, and microspores of the carbinic period of the Urals. *Academy of Sciences of the USSR. Scientific center of the Urals*, 1–40.
- Kosanke, R.M. 1950: Pennsylvanian spores of Illinois and their use in correlation. *Illinois state geological survey, Bulletin* 74, 1–128.
- Meyen, S.V. 1987: *Fundamentals of Palaeobotany*. 523 pp. London: Chapman and Hall, Ltd.
- Neves, R. 1958: Upper Carboniferous plant spore assemblages from the *Gastrioceras subcrenatum* horizon, north Staffordshire. *Geological Magazine* 95, 1–18.
- Nilsson, I. 1994: Upper Palaeozoic fusulinid assemblages, Wandel Sea Basin, North Greenland. *Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport* 161, 45–72.
- Owens, B., Loboziak, S. & Teteriuk, V.K. 1978: Palynological subdivision of the Dinantian to Westphalian deposits of Northwest Europe and the Donetz Basin of the USSR. *Palynology* 2, 69–92.
- Peppers, R.A. 1996: Palynological correlation of major Pennsylvanian (Middle and Upper Carboniferous) chronostratigraphic boundaries in the Illinois and other coal basins. *Geological Society of America Memoir* 188, 1–111.
- Phillips, T.L. & Peppers, R.A. 1984: Changing patterns of Pennsylvanian coal-swamp vegetation and implications of climatic control on coal occurrence. *International Journal of Coal Geology* 3, 205–255.
- Playford, G. 1962: Lower Carboniferous microfloras of Spitsbergen. *Palaeontology* 5, part 1 og 2, 550–678.
- Potonié, R. & Kremp, G. 1954: Die Gattungen der paläozoischen Sporen und ihre Stratigraphie. *Geologisches Jahrbuch* 69, 111–194.
- Samoilovich, S.R. 1953: Pollen and spores from the Permian deposits of the Cherdyn' and Aktyubinsk Areas, Cis-Urals. *Oversat i: Oklahoma Geological Survey Circular* 56, 1–103 (1961).
- Schopf, J.M., Wilson, L.R. & Bentall, R. 1944: An annotated synopsis of Palaeozoic fossil spores and the definition of generic groups. *Illinois State Geological Survey Report of Investigation* 91, 1–73.
- Scotese, C.R. & McKerrow, W.S. 1990: Revised world maps and introduction. In McKerrow, W.S. & Scotese, C.R. (eds). *Palaeozoic palaeogeography and biogeography*. Geological Society of London Memoir 12, 1–21.
- Smith, A.H.V. & Butterworth, M.A. 1967: Microspores in the coal seams of the Carboniferous of Great Britain. *Special Papers in Palaeontology* 1, 1–324.
- Somers, Y. 1972: Revision du genre *Lycospora* Schopf, Wilson et Bentall. *Commission Internationale de Microflore du Paléozoïque* 5, 1–110.
- Staplin, F.L. 1960: Upper Mississippian plant spores from the Golata Formation, Alberta, Canada. *Palaeontographica* 107B, 1–40.
- Stemmerik, L. 1989: Crinoid-bryozoan reef mounds, Upper Carboniferous, Amdrup Land, eastern North Greenland. In Geldsetzer, H.H.J. et al. (eds). *Reefs, Canada and adjacent areas*. Canadian Society of Petroleum Geology Memoir 13, 690–693.
- Stemmerik, L. 1994: Sequence stratigraphy of a mixed carbonate, siliciclastic and evaporite succession, Upper Carboniferous, North Greenland. Abstract, Liverpool sequence stratigraphy conference, 159–160.
- Stemmerik, L. 1996: High frequency sequence stratigraphy of a siliciclastic influenced carbonate platform, lower Moscovian, Amdrup Land, North Greenland. In Howell, J.A. og Aitken, J.F. (eds). *High resolution sequence stratigraphy: Innovation and applications*. Geological Society of London Special Paper 104, 347–365.
- Stemmerik, L. & Håkansson, E. 1989: Stratigraphy and depositional history of the Upper Palaeozoic and Triassic sediments in the Wandel Sea Basin, central and eastern North Greenland. *Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport* 143, 21–46.
- Stemmerik, L. & Håkansson, E. 1991: Carboniferous and Permian history of the Wandel Sea Basin, North Greenland. *Geological Survey of Greenland Bulletin* 160, 141–152.
- Stemmerik, L. & Elvebakk, G. 1994: A newly discovered mid-Carboniferous – ?early Permian reef complex in the Wandel Sea Basin, eastern North Greenland. *Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport* 161, 39–44.
- Surlyk, F. 1991: Tectonostratigraphy of North Greenland. *Geological Survey of Greenland Bulletin* 160, 25–48.
- Thomsen, C. 1998: Øvre karbone (Moscov) miosporer fra Kap Jungersen, Amdrup Land, det østlige Nordgrønland – beskrivelse og stratigrafisk korrelation. 187 pp. Upubliceret speciale, Københavns Universitet, 1–187.
- Thomsen, C., Piasecki, S. & Stemmerik, L. (Manus): Upper Carboniferous (Moscovian) microspores from the Wandel Sea Basin, eastern North Greenland – description, stratigraphic correlation and palaeoclimatic implications.
- Traverse, A. 1988: *Paleopalynology*. 473 pp. Unwin Hyman Ltd., Boston.
- Utting, J. 1985: Palynomorphs from the type section of the Otto Fjord Formation (Upper Carboniferous) on Ellesmere Island, Queen Elisabeth Islands, Canada. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology* 33, 341–349.
- Utting, J. 1989: Preliminary palynological zonation of surface and subsurface sections of Carboniferous, Permian and lowest Triassic rocks, Sverdrup Basin, Canadian Arctic Archipelago. *Geological Survey of Canada Current Research Paper* 89–1G, 233–240.
- Utting, J. & Piasecki, S. 1995: Palynology of the Permian of northern continents: A review. In Scholle et al. (eds). *The Permian of Northern Pangea* 1, 236–261.
- Winston, R.B. 1983: A Late Pennsylvanian upland flora in Kansas: systematics and environmental implications. *Review of Palaeobotany and Palynology* 40, 5–31.
- Zhou, Y.X. 1994: Earliest pollen-dominated microfloras from the early Late Carboniferous of the Tian shan Mountains, NW China: their significance for the origin of conifers and palaeophytogeography. *Review of Palaeobotany and Palynology* 81, 193–211.