

# Palynofaciesanalyse på basis af visuel og elektronisk billedanalyse

JENS MORTEN HANSEN



Hansen, J. M.: Palynofaciesanalyse på basis af visuel og elektronisk billedanalyse. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1984*, side 127-132, København, 28. februar 1985.

All sediments are composed of two fundamentally different parts: the mineral (inorganic) and the organic fraction. Nevertheless, the two fractions can be used in the description and measurement of basic sedimentological parameters such as age, origin, alteration, transportation, sorting, rounding and maturation. Moreover, both fractions can be characterized as being clastic (bioclastic), autigenetic (sapropelic) or diagenetic (catagentic) particles. In addition, allocthonous or autocthonous microfossils (palynomorphs, cuticles etc.) are important members of the organic fraction. By visual characterization of the organic fraction, a distinction among 12 types of material appears to be useful. These groups are 1) yellow, amorphous kerogen (sapropel), 2) grey, amorphous kerogen (sapropel), 3) palynomorphous microplankton (dinocysts, acritarchs etc.), 4) saccate spores and pollen, 5) non-saccate spores and pollen, 6) multicellular palynomorphs, 7) cuticles, 8) membranes etc., 9) resins, 10) brownish supporting tissue from land plants, 11) charcoal and 12) black, opaque and structureless coal. By grouping these 12 types, it is possible to distinguish three categories, which can also be distinguished automatically in an electronic image analyser, and which have different hydrocarbon generation potentials. The categories are: A: Type 1-2, B: Type 3-9, and C: Type 10-12. The automatic image analysis exploits the finely granular appearance of category A in distinguishing it from the rest of the material, and the generally dark colour and compact structure of category C in order to distinguish it from the rest of the material. By subtraction of categories A and C from the total image, category B can be discriminated. When discriminated, basic sedimentological parameters as well as maturation can be measured on the individual categories.

Jens Morten Hansen, Danmarks Geologiske Undersøgelse, Thoravej 31, DK-2400 København NV. 1. november 1984.

Ethvert sediment består af to fundamentalt forskellige fraktioner: den uorganiske (mineralske) og den organiske fraktion. Almindeligvis udgør den organiske fraktion mellem 0.1 og 15% af sedimenternes masse, men betydelige variationer forekommer. På samme måde som tilfældet er med sedimenternes uorganiske komponenter, kan de organiske partikler anvendes til karakteristik af sedimentets alder, dannelsesmåde, omdannelse, de enkelte partiklers (sedimentpetrografiske) parametre. Ligeledes kan den organiske fraktion inddeles i klastiske (bioklastiske), autigene (sapropeliske) og diagenetiske (katagene) partikeltyper, hvortil kommer en i reglen stor fraktion af organiske mikrofosser af enten autochton eller allochton herkomst (palynomorfer, bladkutikula o.l.).

De organiske partikler forekommer i sedimenterne som disperst organisk materiale (DOM) og mængden heraf måles i reglen som vægtprocent organisk kulstof (TOC). Palynofaciesanalyse (organisk petrografi) er den visuelle eller optiske be-

skrivelse af det partikulat organiske materiale m.h.t. partiklernes klassifikation efter dannelsesmåde, partikeltypernes indbyrdes mængdeforhold og de enkelte partikelgrupperes postsedimentære omdannelse (modenhed). Således opfattet er palynofaciesanalysen en af sedimentologiens forholdsvis nye grene (Combaz, 1964), som i de senere år har været afprøvet i forhold til en lang række forskellige klassifikationssystemer i forskellige geografiske områder (f.eks. Staplin, 1969, 1977; Fischer, 1980; Summerhayes, 1981; Barnard, Collins & Cooper, 1981; Masran & Pockock, 1981; Perry, Whitley & Simpson, 1981; Bellet, Oudin, Favero & Passega, 1982).

Hertil kommer, at palynofaciesanalysen kan suppleres med palæoøkologiske vurderinger ud fra det partikulat stofs indhold af mikrofosser, f.eks. forholdet mellem marine og kontinentale mikrofosser, mængdeforholdet mellem saccate og non-saccate eller andre palæoøkologiske indikationer (f.eks. Manum & Troendsen, 1978; Batten, 1980, 1981). Normalt foregår palynofacies-

beskrivelsen ved en skønsømmæssig (visuel) beskrivelse af hovedkomponenternes indbyrdes mængdeforhold (f.eks. Caratini, Bellet & Tissot, 1978) og de enkelte partikeltypers indkulingsgrad (TAI: termal alteration index), idet denne karakteristik kan danne grundlag for en vurdering af sedimentets dannelsesmåde og potentiale som moderbjergart for kulbrinter (se f.eks. Staplin, 1977). En fyldigere beskrivelse heraf på dansk findes i Hansen, 1984 s. 67-70.

En generel vanskelighed ved den visuelle bedømmelse er imidlertid den subjektivitet, som uundgåeligt spiller en rolle ved enhver visuel prøvebeskrivelse. Denne subjektivitet spiller typisk ikke nogen stor rolle (Bellet & al., 1982), idet variationerne oftest er så påfaldende, at en entydig

karakteristik er mulig, når hensigten er at karakterisere prøvernes hovedtræk. Er hensigten at vurdere sedimentets kulbrintepotentiale er objektive analysemetoder derimod ønskelige, i særdeleshed i områder med et marginalt eller udokumenteret kulbrintepotentiale som f.eks. Juraaflejringerne på dansk landområde. Palynofaciesanalysen af disse områder vil derfor blive baseret på en kombineret analyse, hvori traditionel visuel palynofaciesanalyse og elektronisk billedanalyse skal supplere hinanden.

#### Visuel bedømmelse

Den visuelle bedømmelse består i en klassifikation efter 12 hovedkomponenter, som igen kan grupperes i 3 kategorier (A, B, C):

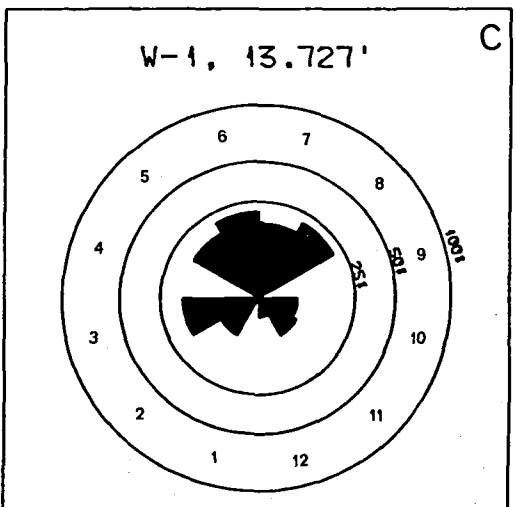
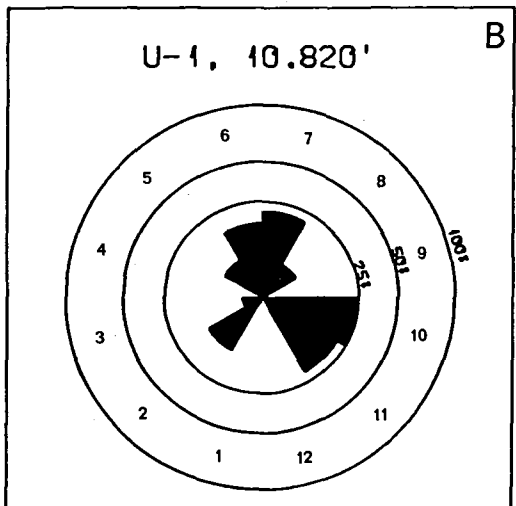
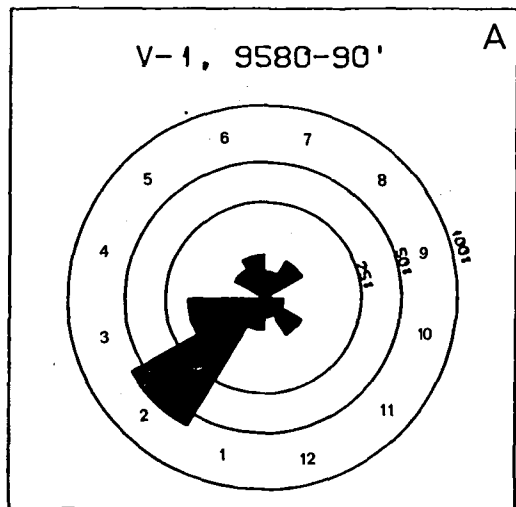
<i>Benævnelse</i>	<i>Væsentligste dannelsesmiljø</i>	<i>Diagenetiske produkter</i>
<i>Kategori A</i>		
gult, amorft kerogen	anoxiske bundmiljøer	olie (gas)
gråt, amorft kerogen	anoxiske bundmiljøer	?
<i>Kategori B</i>		
palynomorfe planktonalger	marine miljøer	olie/gas
saccate spore/pollen	terrestriske miljøer	olie/gas
non-saccate do.	terrestriske miljøer	olie/gas
flercellede palynomorfer	aquatiske miljøer	olie/gas
bladkutikula	terrestriske miljøer	olie/gas
hinder o.l.	forskellige miljøer	olie/gas
resiner	i landplanter	olie (gas)
<i>Kategori C</i>		
brunt styrkevæv (ved)	terrestriske miljøer	gas/CO <sub>2</sub>
trækul	terrestriske miljøer	inert
opakt og strukturløst kul	katagent produkt	inert

Disse 12 hovedkomponenter kan afbildes i en roset (fig. 1), hvor de enkelte typers mængdeforhold angives ved det areal, som typen dækker i rosetten, og hvor typerne er placeret efter væsentligste dannelsesmiljø. Dette giver en bedre overskuelighed end lineære histogrammer, idet også øjets retningssans anvendes ved karakteristiken af en prøve i forhold til andre prøver. På basis af rosettens udseende kan det partikulat organiske stof umiddelbart klassificeres som hovedsageligt værende sapropelisk, bioklastisk, blandet, marint terrestrisk, allochtont, autochtont, katagenetiske eller kombinationer heraf.

Denne karakteristik vil i reglen også give et forholdsvis klart indtryk af sedimentets dannelsesmiljø og omdannelsesgrad.

#### Elektronisk billedanalyse

Ved hjælp af elektronisk billedanalyse er det muligt mere præcist at måle mængden af kategori A og C og dermed indirekte også kategori B. Dette sker ved at montere et TV-kamera på et mikroskop, således at synsfeltet opløses i f.eks. 512×512 billedpunkter (pixels), hvor hvert billedpunkt tillægges en værdi fra 0 til 255, svarende til de enkelte billedpunkters gråværdi (opakt = 0,



baggrund = 255). Herved skabes en 3-dimensionel matrix, som i en computer med vektorprocessor er tilgængelig for et meget stort antal forskellige typer af billedoperationer, der ved den rigtige billedbehandling kan føre til en automatisk sondring mellem kategorierne (fig. 2). I det aktuelle tilfælde er billedanalyseudstyret kombineret med et automatisk skannebord og en elektronisk fokuseringsanordning på mikroskopet, således at et stort antal billedfelter og/eller prøver kan undersøges automatisk uden intelligent indgriben.

Da palynofaciesanalyse bygger på undersøgelse af dispersert organisk materiale i gennemfaldende lys, har den væsentligste vanskelighed været at eliminere virkningen af partiklernes forskellige størrelse og deraf afledte forskellige optiske egenskaber, der ellers ville dominere målingerne. Denne vanskelighed er overvundet ved at antage, at korn af samme type uanset kornenes størrelse statistisk set er lige tykke i randen. Under denne antagelse er det muligt at foretage egentlige densitometriske målinger på de forskellige korntyper ved ad elektronisk vej at afskærme

Fig. 1. Rosetter med angivelse af de forskellige stoftypers (maceralgrupper) indbyrdes mængdeforhold. Kategori A: 1. gråt, amorft kerogen, 2. gult, amorft kerogen. Kategori B<sub>1</sub> (overvejende marine del): 3. palynomorfe planktonalger, 4. fler-cellede palynomorfer. Kategori C (bioklaster og katagene produkter): 5. brunt styrkevæv (ved/vitritnit), 6. trækul (fusinit), 7. opakt, strukturløst kul. Kategori B<sub>2</sub> (overvejende terrestriske del): 8. hinder o.l., 9. bladkutikula, 10. non-saccate spore/pollen, 11. saccate spore/pollen, 12. resiner (harpix o.l.). Fig. 1A: Prøve domineret af amorft kerogen (Øvre Jura, Centralgraven V-1: 9580-90'). Fig. 1B: Prøve domineret af terrestrisk materiale (bioklaster og sporer) (Mellem Jura, Centralgraven, U-1: 10.820'). Fig. 1C: Prøve domineret af marine palynomorfer og med et stort tilskud af terrestrisk materiale (Øvre Jura, Centralgraven, W-1: 13.727').

Circle histograms with indication of the relative amount of the different maceral groups. Category A: 1. grey, amorphous kerogen, 2. yellow, amorphous kerogen. Category B<sub>1</sub> (mainly marine types): 3. palynomorphous microplankton, 4. multicellular palynomorphs. Category C (bioclasts and catagenetic products): 5. brownish supporting tissue from land plants (xylem/vitritinite), 6. charcoal (fusinite), 7. opaque, structureless coal. Category B<sub>2</sub> (mainly terrigenous types): 8. membranes etc., 9. cuticles, 10. non-saccate spores and pollen, 11. saccate spores and pollen, 12. resins. Fig. 1A: Sample dominated by amorphous kerogen (Upper Jurassic, Central Graben, Danish North Sea well, V-1: 9580-90'). Fig. 1B: Sample dominated by terrestrial material (bioclasts and spores) (Middle Jurassic, Central Graben, Danish North Sea well, U-1: 10.820'). Fig. 1C: Sample dominated by marine palynomorphs and with a large influx of terrestrial material (Upper Jurassic, Central Graben, Danish North Sea well, W-1: 13.727').

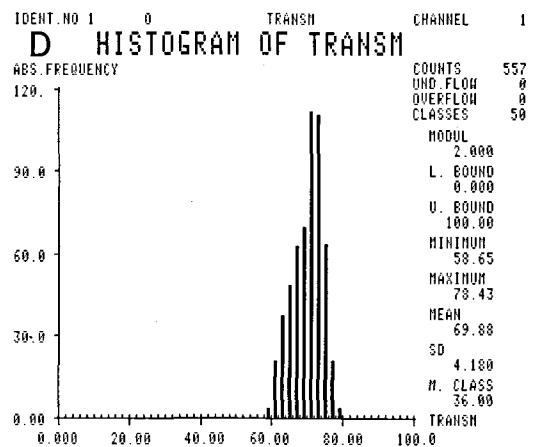
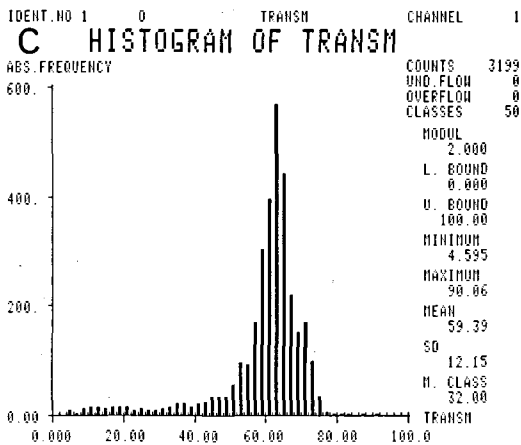
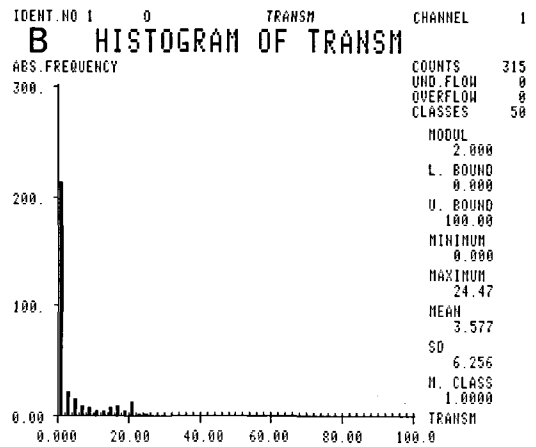
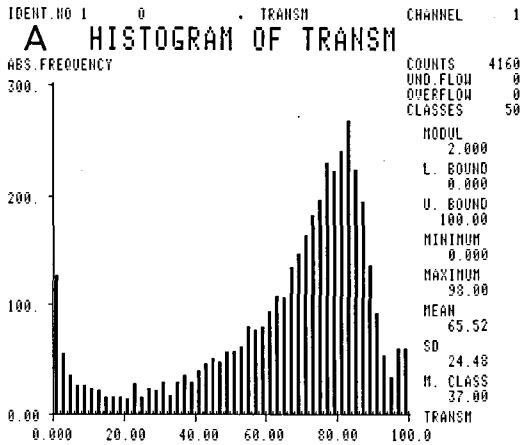


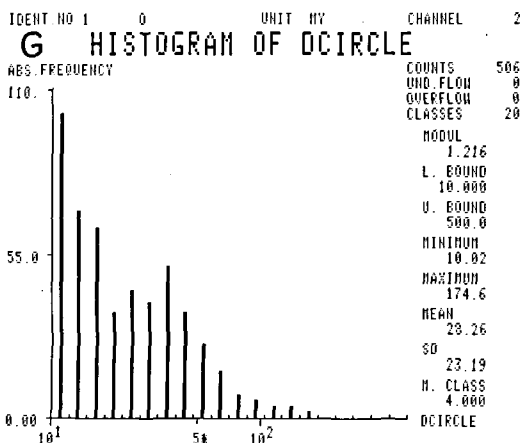
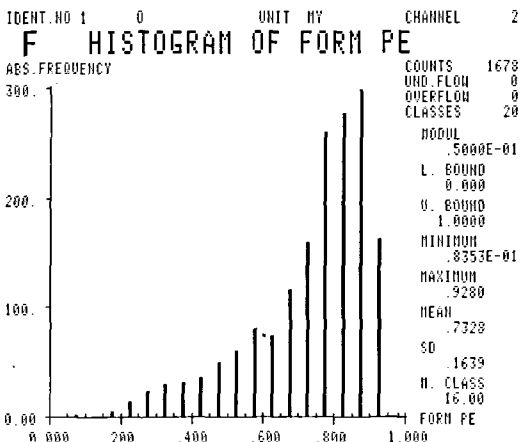
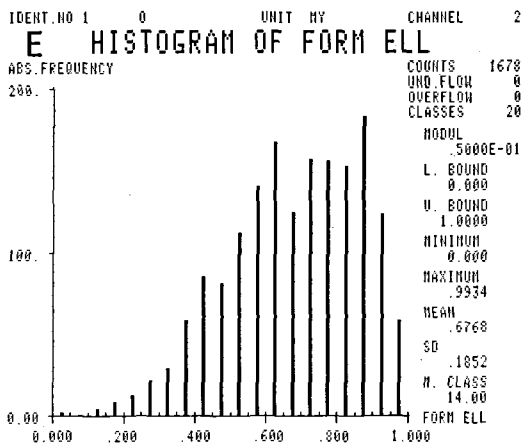
Fig. 2. Måleresultat ved hjælp af elektronisk billedanalyse af 25 synsfelter af samme prøve. A: Optisk transmission af kanten af samtlige korn. B: Optisk transmission af kanten af korn tilhørende kategori C. C: Optisk transmission af kanten af korn tilhørende kategori A. D: Optisk transmission af korn tilhørende kategori B. E-F: Kornanalyse af alle korn tilhørende kategori C. E: Elliptisk formfaktor. F: Cirkulær forfaktor. G: Gennemsnitlig diameter (målt i 32 retninger).

Measuring results by the aid of electronic image analyses of 25 images of the same sample. A: Optical transmission of the edge of all particles. B: Optical transmission of the edge of all particles belonging to category C. C: Optical transmission of all particles belonging to category A. D: Optical transmission of all particles belonging to category B. E-F: Grainanalyses of all grains belonging to category C. E: Elliptical form factor. F: Circular form factor. G: Circular diameter (measured in 32 directions).

kornets baggrund og kornets centrale dele i en vis defineret afstand fra kornranden. De densitometriske målinger kan derefter anvendes som mål for de forskellige stoftypers indkulingsgrad

(modenhed) og dermed indirekte som mål for mængden af dannet olie og gas.

Normalt foregår modenhedsmålinger ved måling af vitrinitreflektansen (vitrinit: termisk om-



dannet (brunt) styrkevæv fra landplanter). Ved elektronisk billedanalyse er det muligt at måle den termiske omdannelse af flere stoftyper, hvoraf det især er af betydning at måle omdannelsesgraden af kategori A, som er langt den vigtigste oledanner. Ved hjælp af densitometriske målinger i gennemfaldende lys på kategori C og vitrinitrefelktansmålinger på de samme korn i billedanalysatoren er det derefter muligt at kalibrere indkulingskurverne for de forskellige stoftyper med vitrinitets velkendte indkulingskurve.

Sondringen mellem de forskellige stoftyper (partikeltyper) foregår ved en lang række elektroniske filtre (vektorprocessorfunktioner), som det ikke er muligt at omtale detaljeret her. Ved sondringen mellem kategori A (amorf kerogen) og de øvrige partikeltyper benyttes først og fremmest kategoriens fint grynede struktur. Ved at omdanne billedfeltet med et gradientfilter, hvorved differentialkvotienten mellem pixels gråværdier beregnes, vil kategori A fremstå som stærkt labyrint-lignende figurer, mens de øvrige partikler vil fremstå som langt simple figurer. Ved derpå at måle alle partiklernes kvotient for perimeter<sup>2</sup>: areal, vil kategori A generelt have en værdi på mindre end 0.01, mens de øvrige korn fordeler sig på intervallet fra 0.1-1. De uønskede partikeltyper kan derefter elimineres fra det digitale billede.

Ved sondring mellem kategori C og de øvrige partikeltyper kan man bl.a. benytte kategoriens generelt lavere gråværdi, og man kan benytte kategoriens generelt simple og kantede form. Derefter kan kategori C eller de øvrige partikeltyper elimineres fra billedet.

Endelig kan man ved at subtrahere partikler tilhørende kategorierne A og C fra det oprindelige billede finde de partikler, som hører til kategori B.

Da kategori C består af bioklastisk materiale, som i hvert fald i marine miljøer er transporteret en vis afstand fra dannelsesstedet, har det interesse at kende dette materiales elementære kornparametre såsom kornfordeling (antal versus diameter), formfaktor (længde versus bredde) eller afrundingsgrad (perimeter<sup>2</sup> versus areal), da disse parametre kan anvendes til beregning af materialets sorteringsgrad og til vurdering af f.eks. transportvejens længde. Disse forhold kan måles ved funktioner, som er umiddelbart tilgængelige i det anvendte computersystem.

Ved hjælp af det indtil nu opbyggede programmel til automatisk palynofaciesanalyse, får man færdigbearbejdede resultater for følgende forhold:

Optisk densitet (transmissivitet) for samtlige korntyper (areal/densitet)

Optisk densitet (transmissivitet) for kategori A (areal/densitet)

Optisk densitet (transmissivitet) for kategori C (areal/densitet)

Optisk densitet (transmissivitet) for kategori B (areal/densitet)

Kornanalyse af kategori C, herunder

elliptisk formfaktor (antal korn versus længde/bredde af mindste omskrevne ellipse)

cirkulær formfaktor (antal korn versus perimeter<sup>2</sup>/Kxareal)

gennemsnitlig diameter målt i 32 retninger (antal korn/diameter).

På basis af de densitometriske målinger af kategori A, C og B er det endelig muligt at beregne det indbyrdes mængdeforhold mellem de tre hovedgrupper.

Analyserne kan udføres i en fuldautomatisk arbejds-gang for op til 10 forskellige prøver ad gangen. Såfremt samtlige parametre analyseres i 25 hele synsfelter pr. prøve, varer den automatiske analyse af 10 prøver 10–12 timer (afhængig af kornenes antal) inklusive justering af mikroskop og kalibrering af lyskilden, svarende til mindre end en nats uovervåget kørsel.

#### Metodens anvendelighed

De beskrevne metoder til visuel og elektronisk bedømmelse af palynofacies kan anvendes på aflejringer fra de jordperioder, hvor de omtalte stoftyper forekommer som en dominerende del af det partikulat organiske stof. Dette vil først og fremmest sige i Mesozoikum og Kænozoikum, mens aflejringer fra jordperioder, hvor landplanter ikke forekommer eller er sjældne, kræver visse modifikationer af analysemetoden.

En væsentlig anvendelsesmulighed er modenhedsmåling på stoftyper med forskellige termiske følsomhedsintervaller. En udredning heraf vil sammen med nøjagtige biostratigrafiske dateringer gøre det muligt at forøge kendskabet til den geotermiske gradient i de forskellige jordperioder.

#### Tak

Analyserne udføres på Geologisk Billedanalyse Laboratorium, der er et fælleslaboratorium for Danmarks Geologiske Undersøgelse, Geologisk Centralinstitut og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Laboratoriet er bevillingsmæssigt støttet af Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd (j.nr. 11-4004).

(Foredrag ved Palæontologisk Klubs temamøde 6. juni 1984).

#### Litteratur

- Barnard, P. C., Collins, A. G. og Cooper, B. S. 1981: Identification and distribution of kerogen facies in a source rocks horizon – examples from the North Sea Basin. – In: J. Brooks (ed.): *Organic maturation studies and fossil fuel exploration* (pp. 271–282), Acad. Press (London).
- Batten, D. J. 1980: Use of transmitted light microscopy of sedimentary organic matter for evaluation of hydrocarbon source potential. – *IV Int. Palynol. Conf. Lucknow (1976–1977)*, 2: 589–594.
- Batten, D. J. 1981: Palynofacies, organic maturation and source potential for petroleum. – In: J. Brooks (ed.): *Organic maturation studies and fossil fuel exploration* (pp. 201–223), Acad. Press (London).
- Bellet, J., Oudin, J.-L., Favero, V. og Passega, R. 1982: Analyse optique de la matière organique de Quaternaire: Sondage CNR VE-I, Venise. – *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, 37(5): 587–598.
- Caratini, C., Bellet, J. og Tissot, C. 1978: Etude microscopique de la matière organique: Palynologie et palynofaciès. – *Geochimie organique des sédiments marins profonds, Ordon II, Atlantique Nord Est Brésil*. Ed. CNRS, Paris, pp. 157–178.
- Combaz, A. 1964: »Les palynofaciès« – *Revue de micropaléontologie*, 7(3): 215–218.
- Fischer, M. J. 1980: Kerogen distribution and depositional environments in the Middle Jurassic of Yorkshire, U.K. – *IV Int. Palynol. Conf. Lucknow (1976–77)*, 2: 574–580.
- Hansen, J. M. 1984: Geologi for enhver – Danmarks undergrund og råstofferne. – *Danm. Geol. Unders.*, C. A. Reitzels Forlag, København, 88 pp.
- Manum, S. B. og Throendsen, T. 1978: Dispersed organic matter (kerogen) in Spitsbergen Tertiary. – *Norsk Polarinstittutt, Årbok 1977*: 179–187.
- Masran, Th. C. og Pocock, S. A. J. 1981: The classification of plant-derived particulate organic matter in sedimentary rocks. – In: J. Brooks (ed.): *Organic maturation studies and fossil fuel exploration* (pp. 145–175), Acad. Press (London).
- Parry, C. C., Whitley, P. K. J. og Simpson, R. D. H. 1981: Integration of palynological and sedimentological methods in facies analysis of the Brent Formation. – In: *Petroleum Geology of the continental Shelf of North-West Europe* (pp. 205–215), Inst. Petroleum, London.
- Staplin, F. L., 1969: Sedimentary organic matter, organic metamorphism, and oil and gas occurrence. – *Bull. Can. Petroleum Geol.*, 17(1): 47–66.
- Staplin, F. L. 1977: Interpretation of thermal history from color of particulate organic matter – a review. – *Palynology*, 1: 9–18.
- Summerhayes, C. P. 1981: Organic facies of Middle Cretaceous black shales in deep North Atlantic. – *Am. Ass. Petroleum Geologists Bull.*, 65(11): 2364–2380.