

## ŚRODOWISKA SEDYMENTACJI I PALINOFACJE KREDY DOLNEJ W KILKU OTWORACH WIERTNICZYCH CENTRALNEJ POLSKI

### LOWER CRETACEOUS SEDIMENTARY ENVIRONMENTS AND PALYNOFACIES IN SOME BOREHOLES OF CENTRAL POLAND

KRZYSZTOF LESZCZYŃSKI<sup>1</sup>, MARTA WAKSMUNDZKA<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Na podstawie badań litologicznych i profilowań sedymentologicznych, dokonano wstępnego rozpoznania środowisk sedymentacyjnych i palinofacji kredy dolnej centralnej części Niżu Polskiego w otworach wiertniczych Sarnów IG 1, Wągrowiec IG 1 i Poddębice PIG 2. Wykonano dokładną analizę spektrum palinologicznego: stosunku zawartości planktonu do całości palinomorf, ilości fitoklastów w całkowitym kerogenie oraz zawartości materii organicznej. Przeprowadzono korelacje danych palinologicznych z danymi sedymentologicznymi (profilowania sedymentologiczne rdzeni wiertniczych), litofacjalnymi i paleogeograficznymi. Na podstawie analizowanego materiału, i w nawiązaniu do określonego w badaniach palinofacjalnych spektrum palinologicznego, wydzielono w osadach kredy dolnej następujące środowiska morskie: przybrzeża górnego (*upper shoreface*) i przybrzeża dolnego–środkowego (*lower-middle shoreface*) z przejściem do odrzeża (*offshore*) do zbiornika otwartego szelfu (*open marine shelf*), deltowe (?czoło delty, *delta front*) z wyżej występującymi osadami ?kanałów rozprowadzających (*distributary channels*) równi deltowej oraz prawdopodobnie barier i płytkiej zatoki morskiej (*embayment*). W otworze wiertniczym Poddębice PIG 2 zidentyfikowano powierzchnię maksymalnego zalewu (*maximum flooding surface*) reprezentowaną przez warstwę ciemnoszarego marglu, która wydaje się być datowana na przełom beriasu i walanżynu dolnego. Przeprowadzone badania są pierwszym i wstępnym podejściem do podjętej problematyki związku palinofacji ze środowiskami sedymentacyjnymi w kredzie dolnej.

**Słowa kluczowe:** ziarna pyłku, spory, materia organiczna, palinofacje, środowiska sedymentacji, kreda dolna, Niż Polski.

**Abstract.** The paper presents a preliminary recognition of sedimentary environments and palynofacies in Lower Cretaceous deposits of the Sarnów IG 1, Wągrowiec IG 1 and Poddębice PIG 2 boreholes of central part of the Polish Lowland, central Poland, based on lithological and sedimentological investigations. A detailed analysis of palynological spectrum included determination of the contents of plankton (in relation to total frequency of palynomorphs), phytoclast in total kerogen, and organic matter. Palynological data were subsequently correlated with the results of sedimentological logging of drill cores, as well as with lithological observations and overall palaeogeographical research. Based on the material analysed, and referring to the identified palynological spectrum, the following sedimentary environments have been distinguished in the Lower Cretaceous sections: upper shoreface and lower-middle shoreface with transitions to an offshore-open marine shelf, delta (?delta front) passing up into distributary channel fills on a delta plain, and presumed barrier and shallow-marine embayment. A maximum flooding surface has been identified in the Poddębice PIG 2 section, represented by a thin dark-grey marl bed which seems to be dated at the Berriasian/Lower Valanginian transition. The investigations are the first, preliminary approach to the problem of relationship between palynofacies and sedimentary environments in the Lower Cretaceous of Poland.

**Key words:** pollen grains, spores, organic matter, palynofacies, sedimentary environments, Lower Cretaceous, Polish Lowlands.

---

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: krzysztof.leszczynski@pgi.gov.pl, marta.waksmundzka@pgi.gov.pl

## WSTĘP

Artykuł dotyczy wstępnego rozpoznania środowisk sedymentacyjnych i palinofacji kredy dolnej w kilku otworach wiertniczych z centralnej części Niżu Polskiego. Podstawą rozpoznania były badania litologiczne i profilowania sedymentologiczne rdzeni wiertniczych z otworów wytypowanych na podstawie wcześniejszych badań litofacjalnych i paleogeograficznych, oraz analizy spektrum palinologicznego z kilkudziesięciu próbek skał.

Możliwość dokonania szczegółowych wydzieleni środowisk sedymentacyjnych zależy od uzyskania precyzyjnych danych sedymentologicznych w miarę możliwości z ciągłych i odpowiednio długich odcinków rdzeniowanych. Nie-

bagatelne znaczenie ma obecny stan zachowania rdzenia. Niestety, w przypadku zasobów rdzeniowych z dolnej kredy Niżu Polskiego (i tak bardzo skąpych), uzyskanie obecnie tak dobrego materiału jest niezwykle trudne. Dlatego przedstawione badania muszą być traktowane jako fragmentaryczne i wstępne rozpoznanie problemu. Nierzadko identyfikacja struktur sedymentacyjnych i interpretacje środowisk stwarzają wiele problemów i nasuwają istotne wątpliwości. Badania te są w zasadzie pierwszym podejściem do podjętej problematyki związku palinofacji ze środowiskami sedymentacyjnymi w kredzie dolnej.

## WCZEŚNIEJSZE BADANIA

Nowoczesne profilowania sedymentologiczne nie były dotychczas szeroko stosowane w badaniach osadów kredy dolnej Niżu Polskiego, poza szczegółowym opracowaniem profili wiertniczych neokomu rejonu Mogilna i Koła (Dadlez, Dadlez, 1987). Analiza materiału palinologicznego wykonywana była dotychczas jedynie w celach opracowań palinostratygraficznych badanych osadów. Jednak korelacja podziałów palinostratygraficznych kredy dolnej w Polsce i rejonach sąsiednich wskazuje na zależność występowania pyłków i spor od środowiska sedymentacji. Badania palinofacjalne w korelacji z danymi sedymentologicznymi umożliwiają natomiast dokładniejszą analizę środowiska sedymentacji i pokazują jego wpływ na spektra palinologiczne.

Prowadzone w tym zakresie szczegółowe badania palinofacjalne dla jury dolnej Niżu Polskiego (Pieńkowski, Waksmundzka, 2002), na podstawie schematu Tysona (1993), umożliwiły precyzyjne wydzielenie palinofacji. Jednocześnie opracowany przez Battena (1996) schemat zależności rozprzestrzenienia oraz zachowania spor i ziaren pyłków od rodzaju osadów potwierdzono procesami utlenienia, przeobrażenia i pirytyzacji palinomorf w osadach oraz wykazano wpływ tych procesów na morfologię okazów.

Celowa zatem była kontynuacja badań prowadzonych nad palinofacjami mezozoiku i podjęcie tego typu badań dla osadów kredy dolnej.

## METODYKA I ZAKRES BADAŃ

Zakres badań obejmował:

- wytypowanie otworów wiertniczych do analiz na podstawie istniejących danych wiertniczych, litofacjalnych i paleogeograficznych;
- profilowania litologiczne i sedymentologiczne odpowiednich odcinków rdzeniowanych i interpretacja środowisk sedymentacyjnych;
- pobranie próbek do analizy palinologicznej i palinofacjalnej;
- maceracje materiału palinologicznego i przygotowanie preparatów;
- analizę ilościową spor i dwuworkowych ziaren pyłków;
- dokładną analizę spektrum palinologicznego: zawartości planktonu (do całości palinomorf), zawartości fitoklastów w całkowitym kerogenie i zawartości materii organicznej;
- korelacje danych palinologicznych z danymi sedymentologicznymi, litofacjalnymi i paleogeograficznymi.

Do interpretacji wyników wykorzystano też informacje uzyskane w trakcie realizacji wcześniej prowadzonych ba-

dań (opracowania archiwalne wykonywane dla celów dokumentacyjnych głębokich otworów wiertniczych, jak również analizy palinologiczne prowadzone w ramach realizacji różnych projektów geologicznych na Niżu Polskim).

Do badań wybrano fragmenty profili kredy dolnej z otworów wiertniczych Wągrowiec IG 1, Sarnów IG 1 i Poddębice PIG 2, zlokalizowanych na południowo-zachodnim skraju bruzdy śródpolskiej. Badania uzupełniono o informacje uzyskane z wcześniej opracowanych analiz palinologicznych wykonanych dla osadów kredy dolnej w otworach wiertniczych Poddębice PIG 2 i Koło IG 4.

Otwór wiertniczy Wągrowiec IG 1 jest zlokalizowany w niecce mogileńskiej (południowa część segmentu południowopomorskiego bruzdy śródpolskiej – Dadlez, 1994) w szczytowej partii antykliny Janowca (fig. 1–3), ponad wyraźną strefą uskoku przecinającą cały kompleks mezozoiczny (por. Dadlez, 2001 – tabl. II, przekrój 10). Antyklina ta występuje na południowy zachód od ciągu wysadów solnych Mogilna, Damasławka i Wapna (Raczyńska, red.,

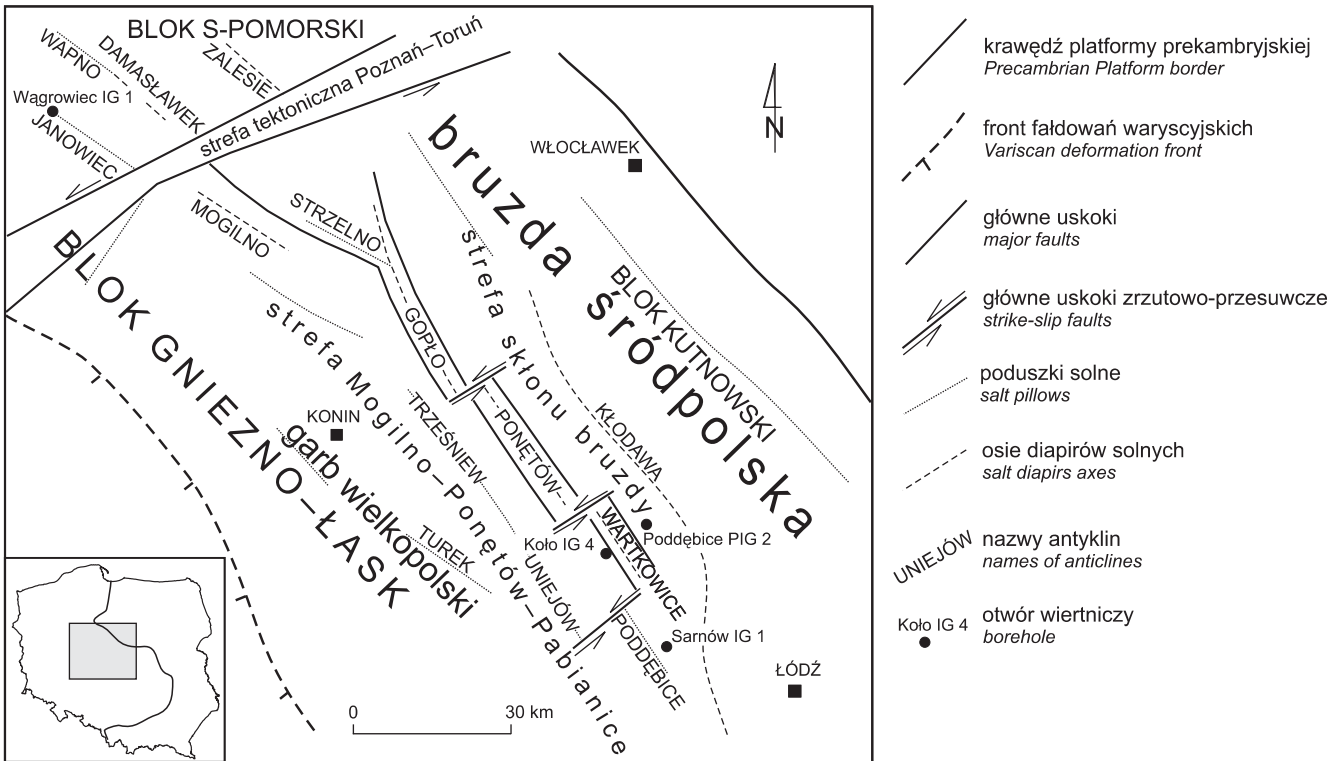


Fig. 1. Mezozoiczne jednostki tektoniczne centralnej Polski (wg Dadleza, 1994; Leszczyńskiego, 2002, zmieniony)

Mesozoic tectonic units of Central Poland (after Dadlez, 1994; Leszczyński, 2002, modified)

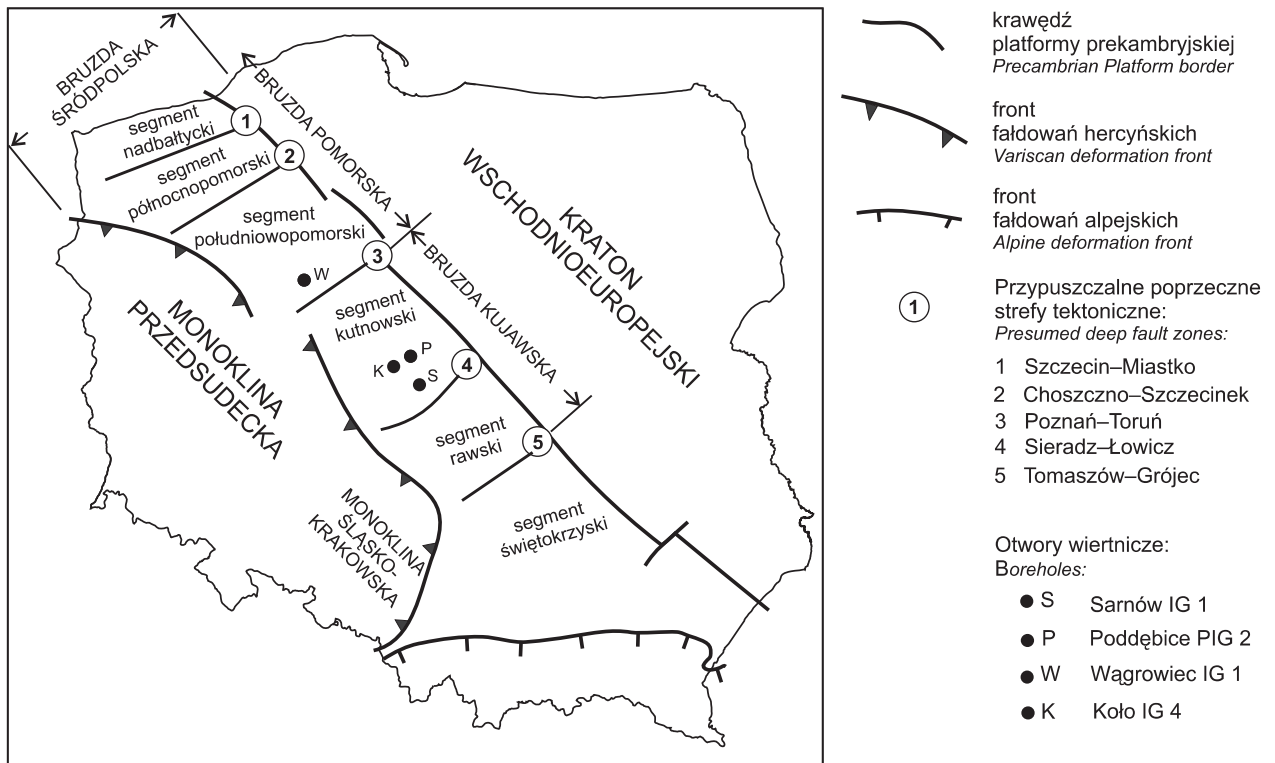
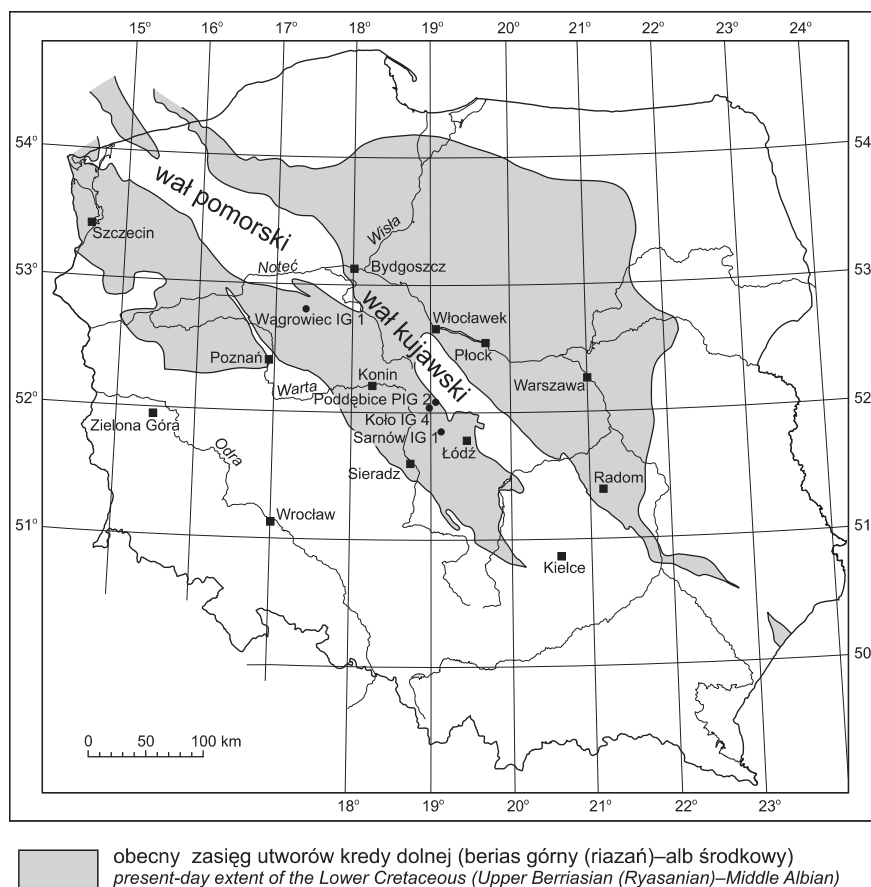


Fig. 2. Lokalizacja otworów wiertniczych na tle bruzdy śródpolskiej (podział bruzdy wg Dadleza, 1997)

Location of the boreholes within the Mid-Polish Trough (Mid-Polish Trough division after Dadlez, 1997)



**Fig. 3. Lokalizacja otworów wiertniczych na tle obecnego zasięgu kredy dolnej (berias górny (riazań)–alb środkowy)**

Location of the boreholes and the present-day extent of the Lower Cretaceous (Upper Berriasian (Ryasanian)–Middle Albian)

1973). Ku południowemu zachodowi rozciąga się kolejna antyklinalna struktura solna – antyklina Rogoźna.

Otwory wiertnicze Poddebice PIG 2, Koło IG 4 i Sarnów IG 1 znajdują się w niecce uniejowskiej (łódzkiej) (fig. 1–3), w tzw. strefie tektonicznej Mogilno–Ponętów–Pabianice, rozwiniętej wzdłuż walnej dyslokacji ograniczającej od południowego zachodu bruzdy śródpolską (Marek, red., 1977). Otwór Sarnów IG 1 odwiercono pomiędzy poduszką solną

Poddebice a grzebieniem solnym Kłodawy–Łęczycy–Lutomierska (Marek, Znosko, 1972a, b, 1974; Marek, red., 1977). Otwór wiertniczy Poddebice PIG 2 jest zlokalizowany w strefie synklinalnej pomiędzy antyklina Wartkowic a kłodawskim wysadem solnym, natomiast otwór wiertniczy Koło IG 4 w południowo-zachodnim skrzydle antykliny Wartkowic (Marek, Znosko, 1972a, b, 1974; Marek, red., 1977; Leszczyński, 2002).

## BADANIA PALINOLOGICZNE I PALINOFACJALNE

Analizę palinofacji opracowanego materiału wykonano na podstawie obserwacji w badanym spektrum następujących elementów:

- palinomorf, reprezentowanych przez wszystkie kwasoodporne, organiczno-ścienne mikroskamieniałości znalezione w palinologicznym preparacie;
- stosunku ilości spor i ziaren pyłków;
- USTOM (*unstructured organic master*) – amorficznego wyglądu bezpostaciowej materii organicznej powstałej pod wpływem przeobrażenia bakteryjnego, chemicznego lub innego;
- STOM (*structured organic master*) – strukturalnej materii organicznej – postaciowej materii organicznej pochodzenia roślinnego, do której należą wszystkie rodzaje resztek drewna, kutikula i inne szczątki detrytyczne (wykluczając palinomorfy) mające cechy „cellularne” lub zoologiczne; większość pochodzi od roślin (tworzy tzw. fitoklast).

Bazując na doświadczeniach z wcześniejszych badań i na podstawie korelacji danych palinologicznych, w analizie palinofacjalnej mezozoicznych basenów epikontynentalnych Niżu Polskiego można wyróżnić sześć palinofacji:

**1** – ładu (środowisko łądowe, równi zalewowo-rzecznej, jeziora i bagna) z materiałem palinologicznym bardzo zróżnicowanym, o dominacji spor zmiennych taksonomicznie i z dużą frekwencją tkanki roślinnej oraz tetrad;

**2** – górnej równi deltowej przechodzącej w równię rzecznaną z dominacją materii organicznej, spor, ziaren pyłków i kutikuli – tkanki roślinnej;

**3** – lagun i zatok, którą charakteryzuje przewaga ziaren pyłków lub równowaga w stosunku do spor, sporadycznie z tkanką roślinną;

**4** – płytkiego przybrzeża zbiornika brakicznego lub morsko-brakicznego (materiał palinologiczny abradowany, pokruszony i utleniony) z dominacją czarno-brązowej materii organicznej, równowagą pyłków i spor lub przewagą spor oraz obecnością Dinoflagellata;

**5** – otwartego zbiornika brakicznego (obniżone zasolenie) zdominowanego przez falowanie i prądy, z małą ilością przezroczystej materii organicznej, małą ilością spor i pyłków oraz z przewagą pyłków;

**6** – otwartego zbiornika morskiego o małej ilości przezroczystej materii organicznej, małej ilości ziaren pyłków i bardzo małej ilości spor.

We wcześniejszych badaniach palinofacjalnych odnoszących się do osadów jury dolnej basenu polskiego (Pieńkowski, Waksmundzka, 2002), korelacja ogólnych palinofacji z badaniami sedymentologicznymi umożliwiła także wyróżnienie facji pośrednich.

W niniejszym opracowaniu podjęto próbę określenia palinofacji w osadach kredy dolnej basenu Niżu Polskiego. W tym celu analizie poddano wybrane fragmenty profili rdzeniowanych w otworach wiertniczych Wągrowiec IG1, Sarnów IG 1. Nawiązano także do analiz kilku próbek pobranych z otworów wiertniczych Poddebice PIG 2 i Koło IG 4. Uzyskane wyniki przedstawiono poniżej.

#### Otwór wiertniczy Wągrowiec IG 1:

- próbka nr 1 (głęb. 515,5 + 3,2 m) – brak materiału po maceracji;
- próbka nr 2 (głęb. 515,5 + 0,3 m) – jw.;
- próbka nr 3 (głęb. 510,7 + 4,3 m) – brak miospor, występują Dinoflagellata – prawdopodobnie strefa prądów morskich, środowisko przybrzeża morskiego;
- próbka nr 4 (głęb. 510,7 + 2,9 m) – obecność Dinoflagellata i spor – środowisko nieco płytsze niż w próbce nr 3, ze względu na obecność spor, przybrzeże morskie (możliwość istnienia równi pływowych);
- próbka nr 5 (głęb. 510,7 + 1,5 m) – spektrum palinologiczne pozbawione miospor, jedynie nieliczna czarna materia organiczna – prawdopodobnie strefa prądów morskich; płytki zbiornik przybrzeża;
- próbka nr 6 (głęb. 510,0 + 0,2 m) – wysoko utlenione spektrum palinologiczne przy braku miospor – wyżej utlenione środowisko przybrzeża o wyższej energii;

- próbka nr 7 (głęb. 504,7 + 4,8 m) – przewaga ziaren pyłku nad sporami, przewaga jasnego spektrum – więcej ziaren pyłku i obecność w spektrum jasnej materii organicznej świadczy o nieco głębszym zbiorniku;
- próbka nr 8 (głęb. 504,7 + 3,9 m) – spory i ziarna pyłku nieliczne i zniszczone, obecne tkanki oraz materia organiczna, obecność Dinoflagellata, ale okazy zniszczone – środowisko głębszego morza o nieco podwyższonej energii;
- próbka nr 9 (głęb. 504,7 + 1,3 m) – przewaga spor nad ziarnami pyłku, mała ilość czarnej materii organicznej, ?strefa przejściowa między odbrzeżem a basenem otwartym;
- próbka nr 10 (głęb. 498,5 + 2,9 m) – przewaga ziaren pyłku nad sporami, okazy poturbowane; ?Dinoflagellata – nadal strefa głębszego zbiornika, ale płycej niż w poprzednich próbkach, próbki 8–10 sugerują trend regresywny (po głębszym zbiorniku (próbka nr 8), pojawia się większa ilość miospor, a nawet spor);
- próbka nr 11 (głęb. 498,5 + 0,3 m) – wyraźna przewaga spor nad ziarnami pyłku, Dinoflagellata, tkanki, algi – środowisko nieco głębsze z podwyższoną energią ze względu na przewagę spor przy obecności Dinoflagellata, tkanek i alg, oraz wymieszane spektrum;
- próbka nr 12 (głęb. 492,5 + 0,1 m) – brak spor i ziaren pyłku, czarna materia organiczna w małej ilości – spektrum charakterystyczne dla strefy przypluwowo-odpluwowej, może być to strefa prądów morskich (przybrzeża z przejściem do odbrzeża);
- próbka nr 13 (głęb. 486,5 + 2,5 m) – obecność Dinoflagellata i otwornic przybrzeże/?odbrzeże, strefa głębszego basenu;
- próbka nr 14 (głęb. 486,5 + 0,9 m) – obecność Dinoflagellata, jedna spora, brak otwornic – ?przybrzeże/odbrzeże, strefa głębszego basenu;
- próbka nr 15 (głęb. 479,4 + 0,4 m) – nieliczne spory i ziarna pyłku, liczne Dinoflagellata – głębiej, ale nie może być to bardzo głęboka strefa odbrzeża, ponieważ nie ma przezroczystej materii organicznej;
- próbka nr 16 (głęb. 477,3 + 1,8 m) – przewaga spor nad ziarnami pyłku – strefa przybrzeża/odbrzeża, ale pojawienie się większej ilości spor świadczy o strefie bliższej brzegowi.

#### Otwór wiertniczy Sarnów IG 1:

- próbka nr 1 (głęb. 1752,4 + 6,1 m) – brak spor i ziaren pyłku, dominacja czarnej materii organicznej – ?środowisko morskie prawdopodobnie o podwyższonej energii;
- próbka nr 2 (głęb. 1752,4 + 5,6 m) – nieliczne spory i ziarna pyłku, bardzo dużo brązowej materii organicznej i tkanek – spektrum zbliżone charakterystyką do strefy przybrzeżnej;
- próbka nr 3 (głęb. 1752,2 + 4,4 m) – nieliczne spory i ziarna pyłku – być może strefa brakiczno-lagunowa, próbki 1–3 mogą charakteryzować też strefę dystalną delty;
- próbka nr 4 (głęb. 1738,6 + 6,5 m) – spory nieznacznie przeważające nad ziarnami pyłku, silne utlenienie struktury ziaren – ?kanały rozprowadzające na równi deltowej/?zatoki;

- próbka nr 5 (głęb. 1738,6 + 5,9 m) – spory nieznacznie przeważające nad ziarnami pyłku, ogólnie mała frekwencja miospor, więcej czarnej materii organicznej – spektrum zbliżone charakterem do strefy przybrzeża;
- próbka nr 6 (głęb. 1738,6 + 5,5 m) – przewaga spor nad ziarnami pyłku – prawdopodobnie strefa lagun lub zatok międzykorytowych.

Wyniki analiz palinologicznych z obu otworów wiertniczych wskazują na morskie warunki środowiska sedymentacji badanych osadów. W otworze wiertniczym Wągrowiec IG 1 spektrum palinologiczne sugeruje ogólnie palinofacje otwartego zbiornika morskiego (Dinoflagellata, algi), ale z przewagą środowiska przybrzeża płytkomorskiego (brak przezroczystej materii organicznej). Dla otworu wiertniczego Sarnów IG 1 sugeruje się występowanie palinofacji głównie zatok brakiczo-lagunowych oraz środowisk deltowych (?czoła delty, ?kanały rozprowadzające).

W otworach Poddębice PIG 2 i Koło IG 4 analizowano spektrum palinologiczne w 3 próbkach: z głębokości 1820,0 + 5,5 m, i 1820,0 + 0,6 m (otwór wiertniczy Koło IG 4) oraz z głębokości 2257,0 + 4,1 m (otwór wiertniczy Poddębice PIG 2). Poniżej przedstawiono wyniki z poszczególnych otworów.

#### Otwór wiertniczy Koło IG 1:

- głęb. 1820,0 + 5,5 m – spory i ziarna pyłku, średnia frekwencja miospor, Dinoflagellata, otwornice;
- głęb. 1820,0 + 0,6 m – spory i ziarna pyłku, średnia frekwencja miospor, Dinoflagellata, otwornice.

Analiza ilościowa przedstawia, przy ogólnie średniej frekwencji miospor, przewagę ziaren pyłku. Obecność licznych Dinoflagellata i otwornic sugeruje morskie warunki środowiska sedymentacji (strefa ?przybrzeża/odbrzeża);

#### Otwór wiertniczy Poddębice PIG 2:

- głęb. 2257,0 + 4,1 m – spory w przewodzie nad ziarnami pyłku, biała i czarna materia organiczna, obecność Dinoflagellata.

Obecność Dinoflagellata przy ogólnej przewodzie spor i białoczarnej materii organicznej sugeruje utlenione środowisko morskie zdominowane przez prądy.

Analiza spektrum palinologicznego w badanych wierceniach ilustruje jego zróżnicowanie w obrębie środowiska otwartego morza (otwór wiertniczy Wągrowiec IG 1) (tabl. I, fig. 1, 2) oraz środowiska morskiego z pogranicza morza i ładu: zatok, ?kanałów rozprowadzających równi deltowej oraz ?czoła delty (otwór wiertniczy Sarnów IG 1 (tabl. I, fig. 3, 4)). Spektrum typowo morskie charakteryzuje mała ilość miospor, jasnobrązowa i bezstrukturalna materia organiczna oraz obecność Dinoflagellata. Palinofacje morskiego środowiska pogranicza morza i ładu charakteryzują się małą frekwencją miospor z utlenioną strukturą, oraz większą ilością czarnej bezstrukturalnej materii organicznej. Należy zaznaczyć, że interpretacja środowisk na podstawie materiału palinologicznego jest jedynie wskaźnikowa, a nie decydująca. Te same środowiska sedymentacji mogą w praktyce różnić się w pewnym zakresie pod względem charakterystyki palinologicznej i decydujące są tu badania sedymentologiczne.

## PROFILOWANIA LITOLOGICZNE I SEDYMENTOLOGICZNE

Przeanalizowano fragmenty profili kredy dolnej z trzech otworów wiertniczych: Wągrowiec IG 1, Sarnów IG 1 i Poddębice PIG 2. Zasięg stratygraficzny analizowanych odcinków przedstawia tabela 1. Dla odcinków tych sporządzono profile sedymentologiczne (fig. 4–6), z wyróżnieniem litologii, określeniem średniej wielkości ziarna, identyfikacją struktur sedymentacyjnych, barwy i innych istotnych cech zaobserwowanych w skale. Podano też aktualną chronostratygię. Na podstawie tych obserwacji podjęto próbę wydzielenia systemów depozycyjnych i sprecyzowania środowiska sedymentacji osadów. Stwierdzono, że dominuje tu środowisko sedymentacji silikoklastycznej z materiałem terygenicznym, gdzie głównymi czynnikami kształtującymi depozycję były prądy morskie i falowanie (Gradziński i in., 1986). Zidentyfikowane zostały następujące systemy depozycyjne i środowiska sedymentacji: (1) system depozycyjny przybrzeża (odbrzeże z przejściem do basenu morskiego/strefy otwartego szelfu, przybrzeże dolne i środkowe oraz przybrzeże górne), (2) system depozycyjny delty (?front delty, kanały rozprowadzające na równi deltowej) i barierowo-lagunowy (?bariera i zatoki morskie). Ich generalną charakterystykę przedstawiono na figurze 7. Metodyka interpreta-

cji była oparta w znacznej mierze na tej, która zastosowana była w badaniach osadów kredy dolnej przez J. Dadleza i R. Dadleza (1987) oraz w pracach Pieńkowskiego (1983, 1997, 2004) dla jury dolnej.

#### WĄGROWIEC IG 1

Analizowany odcinek profilu obejmuje interwał głębokościowy 477,1–522,9 m, zaliczony przez Raczyńską (1973) do walanżynu górnego-hoterywu (ogniwa wierzchosławickie, gniewkowskie i zychlińskie formacji włocławskiej, fig. 7). Granica hoteryw dolny/górny (fig. 4) jest problematyczna. Raczyńska (1973) stawia ją na głębokości 504,7 m (wg rdzenia lub 500,0 m wg geofizyki wiertniczej), zaliczając górną część szarych iłowców (dolne 3,4 m marszu rdzeniowego 498,5–504,7 m) już do hoterywu górnego. Być może jednak, iłowce te należałoby włączyć do hoterywu dolnego. Korelacja rdzenia z danymi geofizyki wiertniczej sprawia dość duże kłopoty, ponieważ rdzeń jest przesunięty względem pomiarów karotażowych. Stąd pozycja poszcze-

Tabela 1

**Systemy depozycyjne, środowiska sedymentacji i cechy osadów kredy dolnej z otworów wiertniczych Wągrowiec IG 1, Sarnów IG 1 i Poddębice PIG 2**

Depositional systems, sedimentary environments and features of sediments in the Lower Cretaceous sections of Wągrowiec IG 1, Sarnów IG 1 and Poddębice PIG 2 boreholes

System depozycyjny	Podsystem depozycyjny	Cechy osadów
Delta	kanal rozprowadzający	piaskowce kwarcowe, różnoziarniste, w spągu warstwa z otoczkami kwarcu na powierzchni erozyjnej, warstwowania przekątne rynnowe
Barierowo-lagunowy	bariera	piaskowce bezstrukturalne, lokalnie laminacja pozioma i przekątna
	zatoka	heterolity mułowcowo-piaszczyste i mułowce szare do brązowawych, laminacja falista, smużysta, przerosty syderytyczne: laminy i konkretce, ooidy żelaziste, szczątki roślin, obecna fauna małżowa i otwornice, nieliczna bioturbacja
Przybrzeżny	przybrzeże górne (powyżej normalnej podstawy falowania)	piaskowce drobnoziarniste pylaste, dobrze wysortowane arenity kwarcowe, z muskowitem, sieczka roślinna, białe, jasnoszare, szarobrazowe, bezstrukturalne lub warstwowania poziome (prawdopodobne sporadyczne warstwowanie płaskie tabularne i przekątne rynnowe dużej skali), minerały ciężkie ułożone w delikatnych laminach, brak bioturbacji; lokalnie piaskowce z przemazami i smugami ilastymi, bioturbacja; odpowiednik facji B i B1 wg J. Dadlez, R. Dadlez (1987)
	przybrzeże dolne-środkowe (między normalną a sztormową podstawą falowania)	szare i szarobrunatne piaskowce różnoziarniste, źle wysortowane; heterolity piaszczyste lub równoskładnikowe, na ogół częste typy laminacji przekątnej, falistej, smużystej, lokalnie soczewkowej, nieliczne szczątki roślin, więcej fauny morskiej i otwornice, powszechna bioturbacja; lokalnie występują syderyty i ooidy żelaziste, muskowitz; odpowiednik facji A, A1, E i F wg J. Dadlez, R. Dadlez (1987)
	odbrzeże (poniżej sztormowej podstawy falowania)	heterolity piaszczyste i równoskładnikowe drobno- i bardzo drobnoziarniste, warstwowania soczewkowe, smużyste, faliste, bioturbacja, otwornice, fauna morska, nieliczne szczątki roślin; mułowce poziomo laminowane, występują sferosyderyty, wkładki syderytów i muskowitz; odpowiednik facji D, D1, G i H wg J. Dadlez, R. Dadlez (1987)
Basen morski – strefa otwartego szelfu		mułowce i iłowce ciemnoszare i czarne, laminowane poziomo, margle zsyderytizowane, fauna morska, <i>Chondrites</i> isp.

gólnych odcinków rdzenia w relacji do krzywej gamma jest przybliżona i problematyczna.

**Litologia.** W profilu przeważają osady drobnoklastyczne: mułowce (frakcja pylasta + ilasta), iłowce i piaskowce na ogół bardzo drobnoziarniste. W niższej części profilu pojawiają się facje piaskowców gruboziarnistych, w spągowej partii z syderytami i konkretami pirytowymi. Skały są przeważnie od jasno- do ciemnoszarych, wśród piaskowców często spotyka się barwy szarobrunatne i brunatne.

**Środowiska sedymentacji.** W dolnej części profilu (głęb. wg rdzenia 522,9–521,9 m; fig. 4), reprezentującej prawdopodobnie walażyn górny (Raczyńska, red., 1973), występują beżowe i brunatne piaskowce gruboziarniste ze żwirem i z czarnym ilem oraz z przerostami iłowców i syderytów. Badania petrograficzne Harapińskiej-Depciuch (*op. cit.*), wskazują na źle wysortowanie ziaren kwarcu, obecność substancji bitumicznej i rozproszonego pirytu. Spotyka się nieliczny glaukonit oraz ooidy żelaziste z oznakami deformacji. Skały wykazują niewielką węglanowość. Obecne są też otwornice i pokruszone skorupki małżów. Obecność otwornic wskazuje na wpływy środowiska morskiego. Mogła

być to strefa przejścia od przybrzeża dolnego-środkowego do wysokoenergetycznego przybrzeża górnego. Osady te mogłyby w tym ujęciu kończyć cykl sedymentacyjny walażynu górnego (ogniwa wierzchoławickiego) (Raczyńska red., 1979; Leszczyński, 1997), prowadząc do rozwoju tego rodzaju środowisk na przykład w rejonach o wzmożonej aktywności stref solnych.

Pomiędzy tymi osadami a wyżej leżącą serią mułowcową (521,9–515,5 m) istnieje najprawdopodobniej powierzchnia erozyjna. Mułowce reprezentują zapewne kolejny cykl sedymentacyjny wiązany z transgresją wczesnego hoterywu. Mułowce te są na ogół bezstrukturalne, miejscami słabo laminowane poziomo i bardzo ciemnoszare. W górnej części zaznacza się tendencja grubienia ziaren ku stropowi i zwiększenie ilości frakcji pyłowej. Miejscami występuje bioturbacja osadu, pojawiają się pokruszone skorupki małży oraz otwornice i małżoraczki (Raczyńska red., 1973). Skała zawiera nieznaną ilość węgla wapnia. W próbkach pobranych do badań palinologicznych nie stwierdzono obecności materiału palinologicznego. Środowisko sedymentacji jest trudne do jednoznacznego określenia. Obecność otwornic

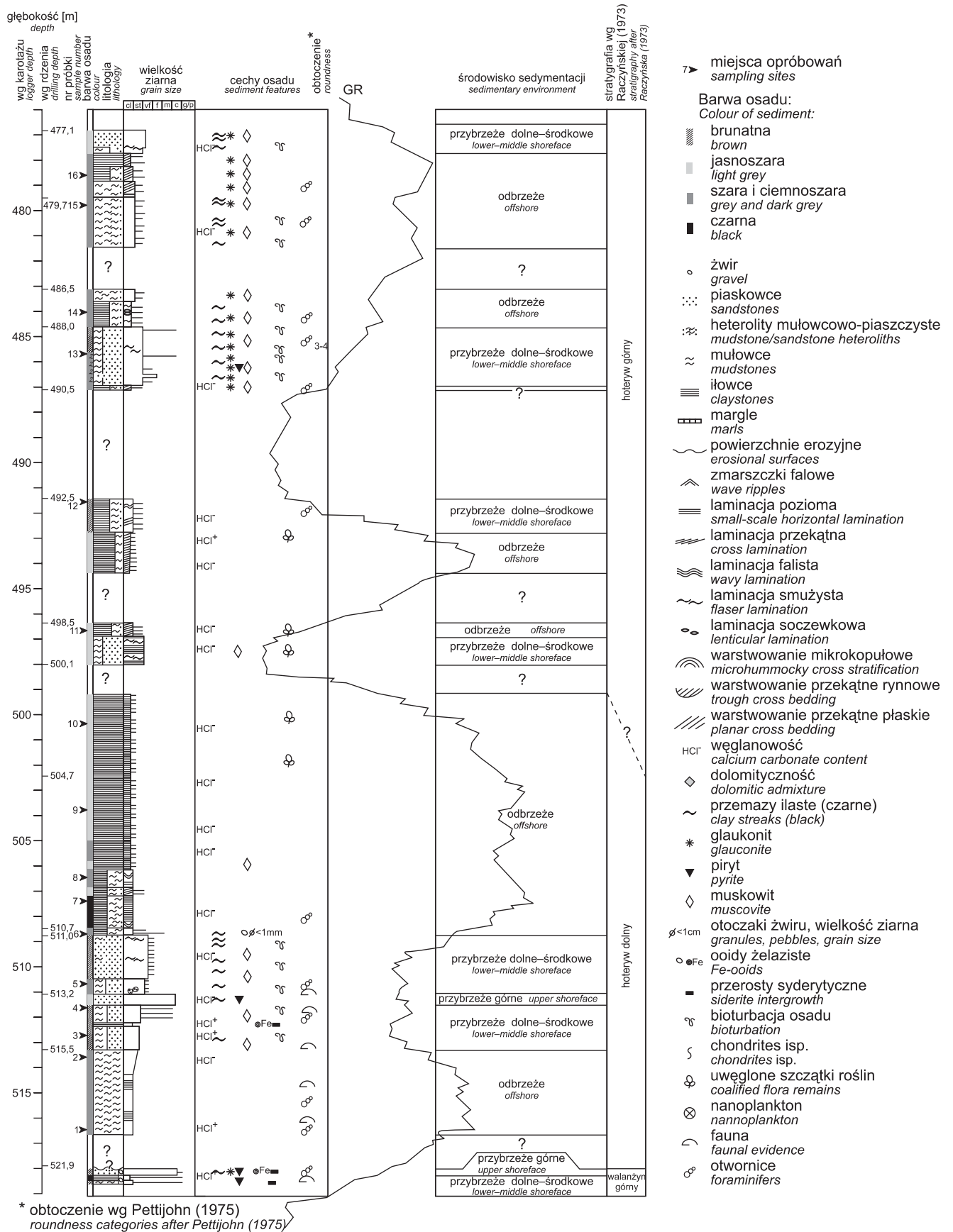
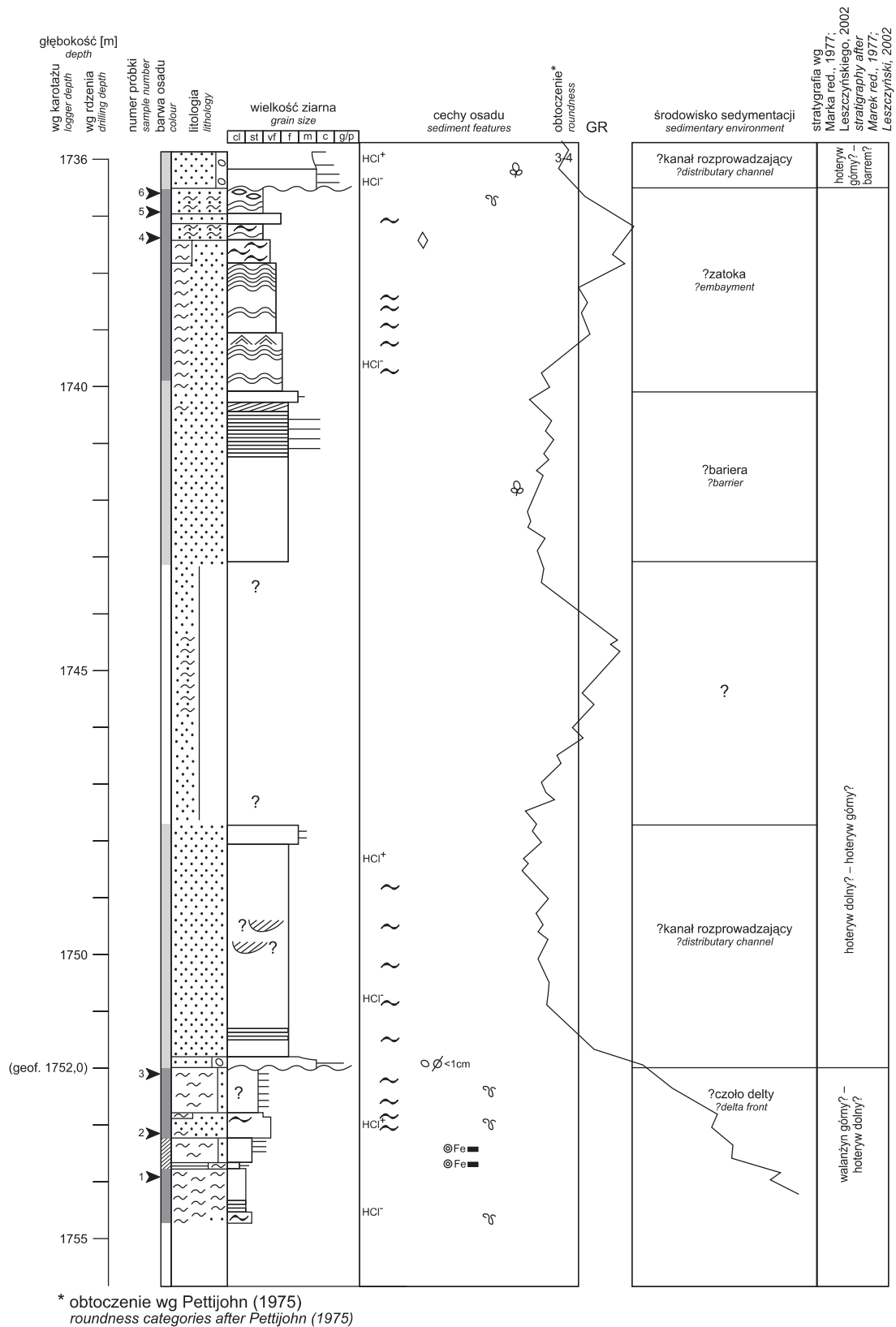


Fig. 4. Profil sedimentologiczny otworu wiertniczego Wągrowiec IG 1

Sedimentological log of the Wągrowiec IG 1 borehole





**Fig. 5. Profil sedimentologiczny otworu wiertniczego Sarnów IG 1**

Objaśnienia na figurze 4

Sedimentological log of the Sarnów IG 1 borehole

For explanations see figure 4

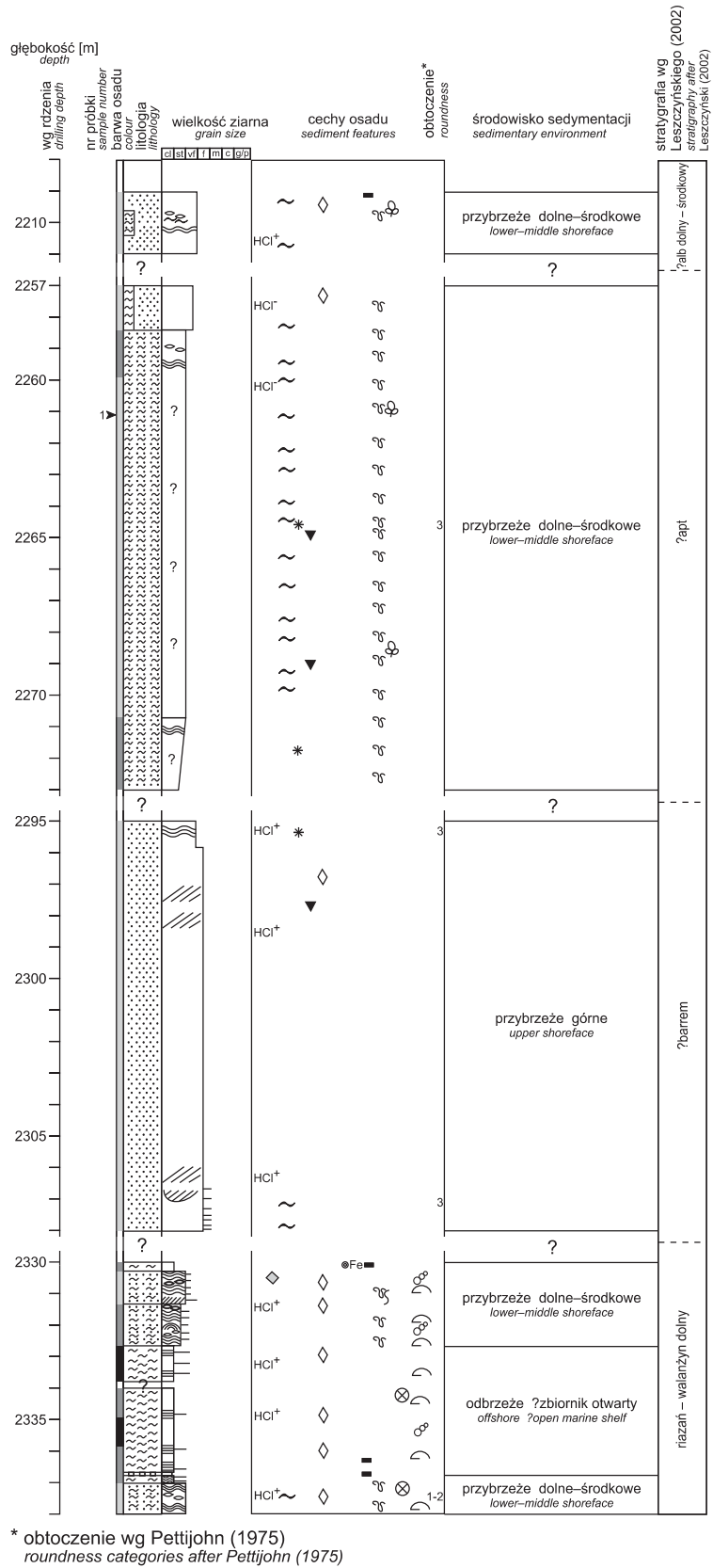


Fig. 6. Profil sedymentologiczny otworu wiertniczego Poddębice FIG 2

Objaśnienia na figurze 4

Sedimentological log of the Poddębice FIG 2 borehole

For explanation see figure 4

i fauny małżowej oraz ogólny trend transgresywny obserwowany w tym czasie w basenie polskim (np. Raczyńska, red., 1973; Marek, 1988; Marek, Pajchłowa, 1997), może sugerować powstanie osadów w strefie odrzeża (*offshore*).

Powyżej (515,5–513,2 m) leży bezstrukturalna warstwa piaskowców mułowcowych z przerostem (0,1 m) syderytu marglistego z ooidami żelazistymi, a w stropie warstwą (0,4 m) piaskowców gruboziarnistych z przerostami i smugami czarnych ilów oraz konkrecjami pirytu. W niższej części serii piaszczysto-mułowcowej występują przerosty i smugowanie ilaste. Piaskowce o spoiwie ilasto-żelazistym, budujące wyższą część serii mają z jednej strony większy udział frakcji pyłowej, z drugiej zaś zawierają liczne ziarna kwarcu frakcji piasku gruboziarnistego i żwiru. W całej serii spotyka się detrytus skorupki małży, dość obfitą bioturbację osadu, drobne blaszki muskowitu i nieznaczną zawartość CaCO<sub>3</sub>. W osadach tych znaleziono Dinoflagellata oraz nieliczne spory (próbki nr 3 i 4).

Spływanie i ograniczenie granic basenu jest udokumentowane leżącymi powyżej piaskowcami z domieszką grubszej frakcji, co świadczy o silniejszych wpływach lądowych. Serię tę można interpretować jako przejście do przybrzeża dolnego-środkowego (*lower-middle shoreface*), a następnie przypuszczalnie do facji przybrzeża górnego (*upper shoreface*).

Ponad gruboziarnistymi piaskowcami (513,6–513,2 m) występują ciemnoszare i brunatne piaskowce bardzo drobnoziarniste mułowcowe, w spągu z gniazdowymi skupieniami gruboziarnistego kwarcu. Podobnie jak niżej zawierają one smugowanie ilaste, bioturbację, detrytus skorupki małży i otwornice. Piaskowce te mają spoiwo ilaste z domieszką substancji bitumicznej, są średnio wysortowane i zawierają glaukonit (Harapińska-Depciuch, w: Raczyńska, red., 1973). Przechodzą one wyżej (512,7–511,0 m) w brunatnoszare piaskowce bardzo drobnoziarniste ze smugami ilastymi (miejscami można rozpoznać laminację smużystą). Obserwuje się muskowit, bioturbację, pojedyncze fragmenty skorupki małżów i nieoznaczalne otwornice. Skała ta nie zawiera węgla wapnia. Osady te mogły być deponowane w strefie przybrzeża dolnego-środkowego.

Na głębokości 511,0–504,7 m występuje seria ilowców i mułowców szarych do prawie czarnych, laminowanych poziomo i miejscami faliście, a w spągowej części także z laminacją soczewkową (soczewki piaskowca bardzo drobnoziarnistego, heterolity). Lokalnie widoczne warstewki z drobną laminacją przekątną piaskowcami bardzo drobnoziarnistymi mogą odpowiadać osadom sztormowym (Walker, Plint, 1992). Skały te są całkowicie bezwapienne. Miejscami występuje w nich muskowit. W spągu pojawiają się gniazdowe skupienia piaskowca drobnoziarnistego z grubszymi ziarnami. Na głębokości 510,0 m znaleziono otwornice. W materiale palinologicznym zaznacza się przewaga jasnego spektrum i ziaren pyłku nad sporami (próbka nr 7). Ten odcinek profilu może reprezentować transgresywną fazę rozwoju basenu z przejściem do strefy odrzeża.

Chronostratygrafia		Wiek bezwzględny [mln lat]	Litostratygrafia (Raczyńska, 1973; Marek red., 1977; Leszczyński, 2002)		Otwory wiertnicze		
			og. kruszwickie	og. mogileńska	Wagrowiec IG 1	Sarnów IG 1	Poddebice PIG 2
ALB	górny	99					
	dolny – środkowy		og. kruszwickie				
APT		112	og. goplańskie	fm mogileńska			
BARREM		121	og. pagórczańskie				
HOTERYW	górny	127	og. zychlińskie	fm włocławska			
	dolny		og. gniewkowskie				
WALANŻYN	górny	132	og. wierzchosławickie				
	dolny			fm bodzanowska			
BERIAS	riazań	137	og. z Opoczka	fm rogoźniańska			
		142		fm kczyńska			

Fig. 7. Zasięg stratygraficzny odcinków wybranych do analizy sedymentologicznej

Stratigraphic range of sedimentological logs

Iłowce laminowane mułowcem (3,4 m) występują także w profilu powyżej. Jednak drobne poziome laminy mułowcowe mają barwę szarobieżową, a w skale spotyka się szczątki roślin. Znalaziono w nich nieliczne otwornice i zniszczone okazy Dinoflagellata. Jasna barwa skały sugeruje środowisko dobrze natlenione. Spektrum palinologiczne, zapis pomiarów geofizyki wiertniczej i większa ilość szczątków roślinnych (próbki nr 9 i 10) sugeruje trend regresywny.

Leżąca ponad iłowcami i mułowcami warstwa (1,1 m) jasnoszarego bardzo drobnoziarnistego piaskowca mułowcowego (499,0–500,1 m) oprócz laminacji poziomej wykazuje też laminację smużystą i zawartość muskowitu. Wyraźnie różni się od niżej i wyżej leżących osadów. Materiał rdzeniowy nie pozwala jednakże na określenie charakteru kontaktu między tymi warstwami. Piaskowce mogą reprezentować środowisko przybrzeża dolnego–środkowego.

Marsz rdzeniowy 504,7–498,5 m kończą iłowce stalowoszare ze skośnymi, wyklinowującymi się i równoległymi laminami jasnoszarego mułowca i piaskowca bardzo drobnoziarnistego i szczątkami zwęglonych roślin. Gęstość lamin maleje ku stropowi warstwy. Występują Dinoflagellata, tkanki roślinne i algi (próbka nr 11). Warstwa ta jest interpretowana jako deponowana w środowisku odbrzeża.

Odcinek z głębokości 498,5–492,5 m reprezentują szare iłowce w dolnej partii skośnie laminowane mułowcem, jak w rdzeniu poniżej. Obserwuje się w nich wzrost wielkości ziaren ku górze, tzn. wzrasta ilość frakcji pyłowej. Ilość lamin ilastych maleje ku stropowi warstwy. W wyższej części notuje się niewielką zawartość CaCO<sub>3</sub>.

W górnej partii ilość frakcji pyłowej jest jeszcze większa, występują też laminki piaskowca drobnoziarnistego. Obok laminacji skośnej pojawia się laminacja falista. W całej serii występują szczątki roślin. Utwory z tego interwału są interpretowane jako przejście od strefy odbrzeża do przybrzeża dolnego–środkowego. Pomędzy tą serią, a wyżej leżącą może istnieć powierzchnia erozyjna.

Leżące wyżej ciemnoszare iłowce (ok. 490,5 m) skośnie laminowane mułowcem i piaskowcem bardzo drobnoziarnistym zawierają muskowit, glaukonit i otwornice. Ze względu na bardzo małą miąższość (0,2 m) warstwa ta nie została zarejestrowana na krzywych pomiarów geofizycznych.

Powyżej (490,3–489,0 m) leżą piaskowce kwarcowe bardzo drobnoziarniste do drobnoziarnistych z domieszką frakcji pyłowej. Około 0,5 m ponad spągiem frakcja jest najgrubsza. W stropowej części obserwuje się skupienie ziaren kwarcu o średnicy do 3 mm.

Wyżej leżące piaskowce mułowcowe (489,0–488,0 m) mają barwę bardziej brunatnoszarą. Miejscami obserwuje się laminację smużystą. Podobnie jak w niżej leżących piaskowcach, również i tu w stropie, pojawiają się gniazdowe skupienia grubszych ziaren kwarcu. Stwierdzono też występowanie otwornic i Dinoflagellata (próbka nr 13). W piaskowcach występują smugi ilaste, muskowit, glaukonit, konkretje pirytu oraz bioturbacja osadu. Miejscami ilość glaukonitu jest na tyle duża, że można mówić o piaskowcach kwar-

cowo-glaukonitowych szarozielonych. Osady te mogły być deponowane w strefie przybrzeża dolnego–środkowego.

Wyżej, do głębokości 479,7 m, występują iłowce (1,0 m w dole) i mułowce (2,5 m) ciemnoszare do prawie czarnych z mikrofauną otwornicową, glaukonitem, muskowitem i bioturbacją osadu. W iłowcach stwierdzono wkładki heterolitów z laminacją soczewkową oraz falistą, z materiałem pylastym i frakcją piaszczystą bardzo drobnoziarnistą. W mułowcach obserwuje się nieregularne, cienkie przerozsty (?soczewki) piaskowców bardzo drobnoziarnistych oraz smugowanie materiałem ilastym. Występują też skupienia pirytu. Ten fragment profilu może reprezentować strefę odbrzeża z dominacją mułowców, heterolitów i iłowców.

Utwory z głębokości 479,7–477,1 m są reprezentowane w dolnej partii przez drobnoklastyczną serię o coraz drobniejszym ziarnie ku górze; od mułowców laminowanych skośnie piaskowcem bardzo drobnoziarnistym do iłowców laminowanych skośnie mułowcem i piaskowcem bardzo drobnoziarnistym. W całej serii (powyżej głęb. 490,3 m) występuje glaukonit i muskowit oraz mikrofauna otwornicowa i na ogół Dinoflagellata (próbki nr 14 i 15). Nie stwierdzono tu przezroczystej materii organicznej. W spągu obserwuje się bioturbację osadu.

Ponad iłowcami występują piaskowce, w dolnej części mułowcowe, jasnoszare, z licznym glaukonitem i muskowitem oraz laminacją smużystą i smugowaniem czarną substancją ilastą, a w górnej bez domieszki frakcji pylastej. Osad jest zbioturbowany, bezwapienny.

Seria występująca powyżej głęb. 492,5 m (wg geofizyki wiertniczej 491,5 m) reprezentuje prawdopodobnie sekwencję pogłębiającego się, a następnie spływającego się basenu i przejście: przybrzeże dolne–środkowe – odbrzeże – przybrzeże dolne–środkowe.

## SARNÓW IG 1

Analizowany odcinek profilu obejmuje interwał głębokościowy 1736,0–1754,8 m zaliczony do walanżynu ?górnego–hoterywu–?barremu (ogniwa wierzchosławickie, gniewkowskie i zychlińskie formacji wrocławskiej oraz dolna część ogniwa pagórczańskie formacji mogileńskiej, fig. 7). Stratygrafia kredy dolnej opracowana została przez Marka (red., 1977) i następnie nieco zmodyfikowana przez Leszczyńskiego (2002). Należy zaznaczyć, że granice stratygraficzne wyznaczone zostały na podstawie korelacji regionalnej z zastosowaniem litostratygraficznego schematu dla kredy dolnej wg Raczyńskiej (1979) oraz Marka i Raczyńskiej (1979). Należy mieć też na uwadze, że rdzeń jest przesunięty w stosunku do pomiarów geofizyki wiertniczej. Głębokość geofizyczna 1752,0 m odpowiada głębokości wg wiercenia 1764,7 m.

**Litologia.** Wybrany fragment profilu jest reprezentowany głównie przez piaskowce kwarcowe bardzo drobno- i drobnoziarniste. Lokalnie występują piaskowce średnio- i gruboziarniste ze żwirem. Barwy piaskowców są od jasno-

szarych przez szare do ciemnoszarych. W wyższej części profilu stwierdzono heterolity mułowcowo-piaskowcowe, a w dolnej partii przeważają ciemnoszare mułowce z brunatnymi przerostami sydereitycznymi i ooidami żelazistymi.

**Środowiska sedymentacji.** W dolnej części profilu (poniżej głęb. geof. 1753,8 m; fig. 5) występują mułowce, w spągowej części z heterolitami piaszczystymi laminowanymi smużycie, faliście i poziomo (tabl. III, fig. 1), z bioturbacją. W mułowcach dominuje czarna materia organiczna, brak jest miospor (próbka nr 1). Powyżej leżą brunatne zwięzłe i twarde mułowce z przerostami ilasto-sydereitycznymi i ooidami żelazistymi (tabl. II, fig. 3). Nie obserwuje się w ich strukturach sedymentacyjnych (jedynie w części spągowej występuje słabo zaznaczona laminacja pozioma), fauny otwornicowej i glaukonitu. Skąły są bezwęglanowe.

Powyżej (1753,2–1752,0 m) występują piaskowce na ogół bardzo drobnoziarniste ze smugami ilastymi i laminacją smużystą (0,4 m) oraz mułowce (0,8 m) z materiałem piaszczystym bardzo drobnoziarnistym. Osady te zawierają węglan wapnia i są zbioturbowane (tabl. II, fig. 7), co w znacznym stopniu zaciera pierwotne struktury sedymentacyjne. W materiale palinologicznym występuje dużo brązowej materii organicznej i tkanki roślin (próbka nr 2). Utwory te mogły być deponowane w środowisku o wyraźnych wpływach morskich. Mogłyby być także związane z równią pływową, o ile założymy występowanie pływów w zbiorniku wczesnej kredy i podobnych zbiornikach morskich basenu polskiego – np. basenu wczesnojurajskiego, co było już niejednokrotnie dyskutowane w literaturze (por.: Pieńkowski, 1983, 1997, 2004; J. Dadlez, R. Dadlez, 1987).

Cała opisana seria (1753,8–1752,0 m) może reprezentować utwory związane ze środowiskiem deltowym (?czoło delty, *delta front*). Nie stwierdza się w tych osadach szczątków roślinnych, co raczej wyklucza środowisko bagienne. Na korzyść interpretacji utworów deltowych (?czoło delty) może świadczyć tendencja wzrostu wielkości ziaren ku górze (np. Gradziński i in., 1986; Tucker, 1991; Galloway, Hobday, 1996), oraz występowanie powyżej w profilu prawdopodobnych utworów kanału rozprowadzającego. Regionalne rozpoznanie osadów hoterywu na tym obszarze również sugeruje istnienie lokalnej delty (Leszczyński, 2002).

Na głębokości 1752,0 m zaznacza się powierzchnia erozyjna, ponad którą leży warstwa (0,2 m) piaskowców ze żwirem wielkości do 1 cm (tabl. II, fig. 1). Wyżej leżąca seria szarych piaskowców drobno- i średnioziarnistych, zawiera lokalnie smugi czarnej substancji ilastej miejscami ze szczątkami roślin. Najprawdopodobniej piaskowce są warstwowane przekątnie rynnowo, jednak jest to trudne do identyfikacji przy niewielkiej średnicy rdzenia. Seria ta może reprezentować środowisko kanału rozprowadzającego (*distributary channel*) równi deltowej (*delta plain*).

Powyżej głębokości 1743,0 m obserwujemy sukcesję o ziarnie coraz drobniejszym ku górze. Spągowe, bezstrukturalne piaskowce wykazują w górnej części laminację poziomą grubszym materiałem piaszczystym oraz laminację

przekątną ciemnoszarym ilowcem. Trudno sprecyzować środowisko sedymentacji tych utworów. Być może mamy tu do czynienia z barierą. Wyżej w profilu występują piaskowce dobno- i bardzo drobnoziarniste z laminacją przekątną i falistą oraz smugowaniem. Lokalnie rozpoznano również zmarszczki falowe. Stropowa część serii jest reprezentowana przez dwie warstwy heterolitów równoskładnikowych mułowcowo-piaskowcowych z laminacją falistą i soczewkową (tabl. II, fig. 6), które to heterolity przedzielone są warstwą (0,1 m) piaskowców drobnoziarnistych. W serii tej występują czarne smugi ilaste, drobne blaszki muskowitu oraz bioturbacja osadu. Nie stwierdzono ani makro- ani mikrofauny (brak otwornic). Frekwencja miospor jest mała, utlenienie struktury ziaren maleje ku stropowi. Utwory leżące powyżej 1743,0 m być może reprezentują osady zatok, ewentualnie przejściowe środowiska pomiędzy zatoką a przybrzeżem.

Ponad heterolitami pojawia się druga powierzchnia erozyjna (1736,5 m), powyżej której leży seria piaskowców grubo- i różnoziarnistych (zmniejszanie się wielkości ziaren ku górze) w spągu ze żwirem (tabl. II, fig. 2), zawierających szczątki roślin. Osady te mogą reprezentować kolejną serię osadów kanału rozprowadzającego systemu deltowego.

## PODDEBICE FIG 2

Profilowany odcinek obejmuje interwał głębokościowy 2209,0–2339,0 m zaliczony do beriasu górnego (riazania)–albu ?dolnego–środkowego (ogniwo z Opoczek formacji rogoźniańskiej oraz ogniwa pagórczańskie, goplańskie i kruszwickie formacji mogileńskiej, tab. 1). Stratygrafia kredy dolnej opracowana została przez Leszczyńskiego (2002). Granice stratygraficzne wyznaczono na podstawie korelacji regionalnej z zastosowaniem litostratygraficznego schematu dla kredy dolnej według Marka i Raczyńskiej (1979) oraz Raczyńskiej (1979).

**Litologia.** Analizowany fragment profilu jest reprezentowany głównie przez mułowce, heterolity piaszczysto-mułowcowe i piaskowce kwarcowe na ogół bardzo drobnoziarniste i drobnoziarniste. Heterolity wykazują niekiedy silną bioturbację. W dolnej części profilu liczne są struktury sedymentacyjne reprezentowane przez wiele typów laminacji.

**Środowiska sedymentacji.** Najniższa część profilu (poniżej głęb. 2336,8 m; fig. 6) jest reprezentowana przez heterolity mułowcowo-piaszczyste laminowane falisto, soczewkowo, miejscami poziomo (tabl. III, fig. 6). Stwierdzono tu występowanie nanoplanktonu wapiennego (Gaździcka, w: Marek, Leszczyński, 1994) i szczątków fauny. Występuje bioturbacja osadu, miejscami można zaobserwować wyraźne pionowe kanały *Teichichnus* isp.; tabl. III, fig. 5). Osady te deponowane były w strefie przybrzeża dolnego-środkowego. Powyżej występują ciemnoszare oraz czarne mułowce laminowane poziomo, z fauną, z warstwą marglu zsydereityzowanego (0,1 m; głęb. ok. 2336,7 m) w spągu. Warstewka tego

marglu może reprezentować powierzchnię maksymalnego zalewu (*maximum flooding surface*) Haq i in., 1988), która prawdopodobnie przypada na przełom beriasu i walanżynu dolnego. Ten odcinek profilu jest interpretowany jako strefa odrzeża z przejściem do zbiornika otwartego szelfu.

Ponad mułowcami występują ponownie heterolity (do głęb. 2330,3 m) z asortymentem laminacji falistej, smużystej, miejscami soczewkowej, i w niewielkim odcinku rdzenia, warstwowania mikrokopułowego (tabl. III, fig. 4). Miejscami pierwotne struktury sedimentacyjne są zaburzone silną bioturbacją osadu (tabl. III, fig. 2), między innymi z *Chondritesi* sp. Stwierdzono tu występowanie nanoplanktonu (Gaździcka, w: Marek, Leszczyński, 1994), otwornic i szczątków fauny małżowej. W najwyższej części tego odcinka występują mułowce sydereityczne z pseudoooidami szamozytowo-sydereitycznymi i mikrosparytowymi, a skała jest nieco zdolomityzowana (Połomska, w: Marek, Leszczyński, 1994).

Piaskowce kwarcowe drobnoziarniste z głębokości 2295,0–2308,0 m, z warstwowaniami przekątnymi ?rynno-

wymi i tabularnymi (tabl. II, fig. 4), reprezentują prawdopodobnie środowisko przybrzeża górnego (*upper shoreface*). W stropie tej serii piaskowce są bardziej drobnoziarniste, pojawiają się też laminacja falista.

Osady z interwału 2257,0–2273,0 m to silnie zbioturbowane (miejscami można zaobserwować występowanie pionowych kanałów) heterolity równoskładnikowe piaskowcowo-mułowcowe z zaburzonymi strukturami sedimentacyjnymi (tabl. III, fig. 3), na ogół praktycznie niemożliwymi do identyfikacji. Wydaje się, że pierwotnie mogła to być laminacja falista ewentualnie miejscami soczewkowa. Utwory te deponowane były zapewne w strefie przybrzeża dolnego-środkowego.

Podobne środowisko przypisuje się osadom stwierdzonym na głębokości 2209,0–2211,0 m i reprezentowanym w przewodzie przez piaskowce drobno- i bardzo drobnoziarniste. Występuje tu laminacja falista, smużysta i soczewkowa (tabl. II, fig. 5). Pojawia się bioturbacja i szczątki roślin, a w stropie skała jest zsydereityzowana.

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie ogólnych konkluzji dotyczących środowisk sedimentacyjnych i palinofacji w osadach kredy dolnej analizowanych profili wiertniczych.

Osady beriasu górnego (riazania)–walanżynu dolnego (ogniwo z Opoczek, formacja rogoźniańska) w otworze wiertniczym Poddebice PIG 2 są reprezentowane przez środowiska typowo morskie przybrzeża dolnego-środkowego (*lower-middle shoreface*) z przejściem do odrzeża (*offshore*) zbiornika otwartego szelfu (*open marine shelf*). Powierzchnia maksymalnego zalewu (*maximum flooding surface*), która przypuszczalnie przypada na przełom riazania i walanżynu dolnego, jest reprezentowana w profilu przez warstwę ciemnoszarego marglu.

W otworze wiertniczym Sarnów IG 1 odcinek profilu odpowiadający przypuszczalnie przedziałowi walanżynu górnego-hoteryw górny (?najniższy barrem, formacja włocławska), jest reprezentowany prawdopodobnie przez osady generalnie strefy bliższej lądu: od środowisk deltowych (?czoło delty, *delta front*) z wyżej występującymi osadami ?kanałów rozprowadzających (*distributary channels*) i być może barier, z przejściem do zatoki. Obserwuje się tu palinofację głównie zatok brakiczno-lagunowych oraz kanałów rozprowadzających.

W otworze wiertniczym Wągrowiec IG 1, utwory podobnego wieku co w otworze wiertniczym Sarnów IG 1 są reprezentowane przez środowiska przybrzeża głównie strefy przybrzeża dolnego-środkowego (*lower-middle shoreface*) oraz odrzeża (*offshore*), w niższej części profilu prawdopodobnie także z udziałem środowisk przybrzeża górnego (*up-*

*per shoreface*). Badane spektrum palinologiczne wskazuje na palinofację zbiornika morskiego (Dinoflagellata, algi), ale z przewagą środowiska przybrzeża płytkomorskiego (brak przezroczystej materii organicznej).

Osady ?barremu (ogniwo pagórczańskie) w otworze wiertniczym Poddebice PIG 2 dokumentują spłylenie basenu i depozycję osadów w środowisku przybrzeża górnego (*upper shoreface*). Osady ?aptu (ogniwo goplańskie formacji mogileńskiej) oraz ?albu dolnego-środkowego (ogniwo kruszwickie formacji mogileńskiej), nawiercone w otworze Poddebice PIG 2, deponowane były w środowisku przybrzeża dolnego-środkowego (*lower-middle shoreface*). Obecność Dinoflagellata przy ogólnej przewodzie spor i białoczarnej materii organicznej sugeruje utlenione środowisko morskie zdominowane przez prądy.

Przedstawione wstępne propozycje interpretacji środowisk sedimentacyjnych i palinofacji wymagać będą weryfikacji na podstawie dalszych szczegółowych badań osadów kredy dolnej. Większa ilość analizowanych profili sedimentologicznych poparta badaniami palinologicznymi pozwoli na lepszą korelację środowisk sedimentacyjnych i systemów depozycyjnych w różnych strefach wczesnokredowego basenu sedimentacyjnego.

**Podziękowania.** Autorzy wyrażają serdeczne podziękowania mgr Izie Matejko za wykonanie maceracji próbek skalnych, doc. dr Grzegorzowi Pieńkowskiemu za wszechstronne konsultacje i sugestie sedimentologiczne oraz dr Annie Feldman-Olszewskiej za krytyczne i konstruktywne uwagi merytoryczne i redakcyjne oraz szczegółową recenzję pracy.

## LITERATURA

- BATTEN D.J., 1996 — Palynofacies. *W: Palynology: principles and applications* (red. J. Jansonius, D.C. McGregor). *Am. Ass. Strat. Palynol.*, **3**: 1000–1065.
- DADLEZ R., 1994 — Strike-slip movements in the Polish Lowlands. *Kwart. Geol.*, **38**, 2: 307–318.
- DADLEZ R., 1997 — Tektonika kompleksu permsko-mezozoicznego. Ogólne rysy tektoniczne bruzdy śródpolskiej. *W: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. Pr. Państw. Inst. Geol.*, **153**: 403–409.
- DADLEZ R., 2001 — Przekroje geologiczne przez bruzdę śródpolską. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DADLEZ J., DADLEZ R., 1987 — Facje neokomu między Mogilnem a Kołem. *Kwart. Geol.*, **31**, 4: 695–724.
- GALLOWAY W.E., HOBDAK D.K., 1996 — Terrigenous clastic depositional systems. Springer, Berlin.
- GRADZIŃSKI R., KOSTECKA A., RADOMSKI A., UNRUG R., 1986 — Zarys sedymentologii. Wyd. Geol., Warszawa.
- HAQ B.U., HARDENBOL J., VAIL P.R., 1988 — Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. *W: Sea-level changes: an integrated approach* (red. C.K. Wilgus i in.). *Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ.*, **42**: 71–108.
- LESZCZYŃSKI K., 1997 — The Lower Cretaceous depositional architecture and sedimentary cyclicity in the Mid-Polish Trough. *Geol. Quart.*, **41**, 4: 509–520.
- LESZCZYŃSKI K., 2002 — Ewolucja geologiczna strefy Ponętów–Wartkowice w kredzie. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **176**.
- MAREK S., 1988 — Paleomiąższości, litofacie i paleotektonika epikontynentalnej kredy dolnej w Polsce. *Kwart. Geol.*, **32**, 1: 157–174.
- MAREK S. (red.), 1977 — Budowa geologiczna wschodniej części niecki mogileńsko-łódzkiej (strefa Gopło–Ponętów–Pabianice). *Pr. Inst. Geol.*, **80**.
- MAREK S., LESZCZYŃSKI K. (red.), 1994 — Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Poddebice PIG 2. Centr. Arch. Geol., Warszawa.
- MAREK S., PAJCHŁOWA M. (red.), 1997 — Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **153**.
- MAREK S., ZNOSKO J., 1972a — Tektonika Kujaw. *Kwart. Geol.*, **16**, 1: 1–18.
- MAREK S., ZNOSKO J., 1972b — Historia rozwoju geologicznego Kujaw. *Kwart. Geol.*, **16**, 2: 233–248.
- MAREK S., ZNOSKO J., 1974 — Considerations on the tectonic situation of the Kujawy and Wielkopolska region (Central Poland) in pre-Upper Permian time. *Biul. Inst. Geol.*, **274**.
- MAREK S., RACZYŃSKA A., 1979 — Obecny podział litostratigraficzny epikontynentalnej kredy dolnej w Polsce i propozycje jego uporządkowania. *Kwart. Geol.*, **23**, 3: 631–637.
- PETTIJOHN F.J., 1975 — Sedimentary rocks. Harper & Row, Nowy Jork.
- PIEŃKOWSKI G., 1983 — Środowiska sedymentacyjne dolnego liasu północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, **31**, 4: 223–231.
- PIEŃKOWSKI G., 1997 — Sedymentologia i stratygrafia sekwencyjna na podstawie wybranych profilów. *W: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce* (red. S. Marek, M. Pajchłowa). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **153**: 217–235.
- PIEŃKOWSKI G., 2004 — The epicontinental Lower Jurassic of Poland. *Pol. Geol. Inst. Sp. Papers*, **12**.
- PIEŃKOWSKI G., WAKSMUNDZKA M., 2002 — Spektre palinologiczne środowisk sedymentacyjnych dolnej jury w Polsce. Centr. Arch. Geol., Warszawa.
- RACZYŃSKA A. (red.), 1973 — Wągrowiec IG 1. *Prof. Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol.*, **10**.
- RACZYŃSKA A., 1979 — Stratygrafia i rozwój litofacjalny młodszej kredy dolnej na Nizinie Polskiej. *Pr. Inst. Geol.*, **89**.
- TUCKER M.E., 1991 — Sedimentary petrology. An introduction to the origin of sedimentary rocks. Blackwell Sc. Publ., London.
- TYSON R.V., 1993 — Palynofacies analysis. *W: Applied micropaleontology* (red. D.J. Jenkins): 153–191. Kluwer, Dordrecht.
- WALKER R.G., PLINT A.G., 1992 — Wave- and storm-dominated shallow marine systems. *W: Facies Models – response to sea level change* (red. R.G. Walker, N.P. James): 219–238. Geol. Ass. Canada, St. John's.

## SUMMARY

The paper presents a preliminary overview of sedimentary environments and palynofacies in Lower Cretaceous deposits of the Sarnów IG 1, Wągrowiec IG 1 and Poddebice PIG 2 boreholes, central Poland. All the boreholes are located within the Mid-Polish Trough or immediately close to its boundary, south-west of the present-day Mid-Polish Swell (Figs. 1–3). The research results are based on lithological and sedimentological investigations supported by analyses of palynological spectra. Unfortunately, due to the scarcity of good quality core material from Lower Cretaceous

well sections the investigations should be treated as fragmentary.

First, sedimentological logging of drill cores from the Wągrowiec IG 1 (Fig. 4), Sarnów IG 1 (Fig. 5) and Poddebice PIG 2 (Fig. 6) boreholes was carried out, and a number of rock samples were collected for palynological research. Stratigraphical ranges of cored intervals analysed in individual boreholes are shown in Table I.

Then, a detailed analysis of palynological spectrum (spores, pollen grains, Algae, wooden fragments, black and brown

organic matter) was performed, including determination of the contents of plankton (in relation to total frequency of palynomorphs), phytoclasts in total kerogen, and organic matter. Palynological investigations suggest marine environments for the deposits.

The analysis of palynological spectrum (Dinoflagellata, algae) in the Wągrowiec IG 1 borehole (Plate 1, Figs. 1, 2) illustrates its variability within an open-marine environment dominated by nearshore shallow-marine zones (lack of translucent organic matter). Transitional continental/marine depositional systems related to barrier-lagoon and deltaic settings representing embayment, ?distributary channel on a delta plain and ?delta front environments are suggested for Sarnów IG 1 borehole (Plate 1, Figs. 3, 4).

The typically marine palynological spectrum is characterized by the low frequency of miospores, and presence of brown and unstructured organic matter and Dinoflagellata individuals. The continental/marine transition palynofacies are characterized by the low frequency of miospores showing oxidized structures, and presence of black unstructured organic matter.

Palynological data were subsequently correlated with the results of sedimentological logging of drill cores, and tied to lithological observations and overall palaeogeographical research. Based on the material analysed, and referring to the identified palynological spectrum, the following sedimentary environments have been distinguished in the Lower Cretaceous sections: (1) nearshore environment (upper shoreface, lower-middle shoreface and offshore with transitions to an open marine shelf), (2) deltaic environment (?delta front, passing up into distributary channel fills on a delta plain), and barrier-lagoon environment (presumed barrier and shallow-marine embayment). A maximum flooding surface has been identified in the Poddębice FIG 2 section, represented by a marl bed which seems to be dated at the Berriasian/Lower Valanginian transition. The general characteristics of depositional systems, sedimentary environments and sediment features recognised in the Lower

Cretaceous sections of the Sarnów IG 1, Wągrowiec IG 1 and Poddębice FIG 2 boreholes are presented on Figure 7. Some examples of sedimentary structures identified from drill cores are portrayed in Plates 2 and 3.

The Upper Berriasian (Ryasianian)–Lower Valanginian (Opoczki Member, Rogoźno Formation) deposits of the Poddębice FIG 2 borehole (Fig. 6) are represented by lower-middle shoreface environments passing up into an offshore/open marine shelf. The maximum flooding surface, corresponding approximately to the Berriasian/Valanginian boundary, is represented by a thin, dark-grey horizontally laminated and sideritized marl bed.

The Upper Valanginian–Upper Hauterivian (?lower Barremian, Włocławek Formation) section in Sarnów (Fig. 5) is likely represented by deltaic deposits (?delta front) followed by distributary channel fills and presumed barrier sediments passing into an embayment environment. The palynofacies is typical of brackish-lagoonal embayments and distributary channels.

Rocks of the same age are represented in the Wągrowiec IG 1 borehole by predominant lower-middle shoreface to offshore environments. Local shallower environments (upper shoreface) are interpreted in the lower part of the section. The palynological spectrum is characteristic of marine settings (Dinoflagellata, algae) dominated by nearshore environments.

?Barremian (Pagórki Member) deposits of Poddębice FIG 2 mark a shallowing of the basin resulting in deposition of upper shoreface sandstones. ?Aptian (Kruszwica Member, Mogilno Formation) and ?Lower–Middle Albian deposits in this borehole represent a lower-middle shoreface environment. The palynological spectrum suggests a current-dominated oxidizing environment.

The investigations are the first, preliminary approach to the problem of relationship between palynofacies and sedimentary environments in the Lower Cretaceous of Poland, and should be developed in the future to study other borehole sections representing a wider range of depositional settings.



TABLICE

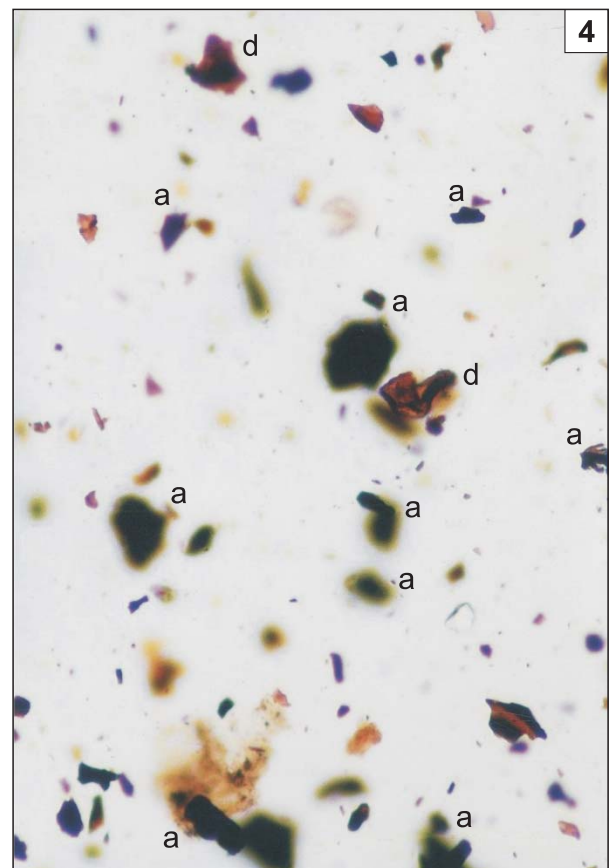
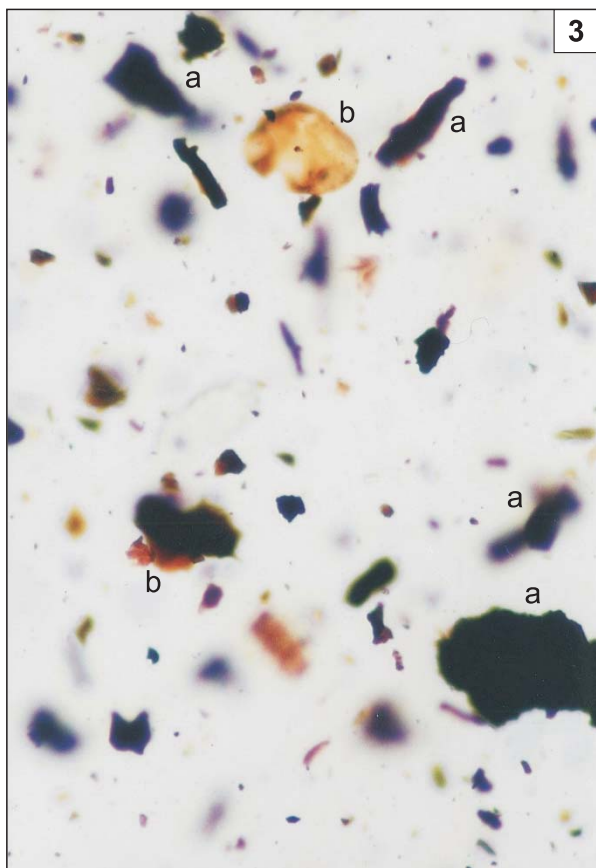
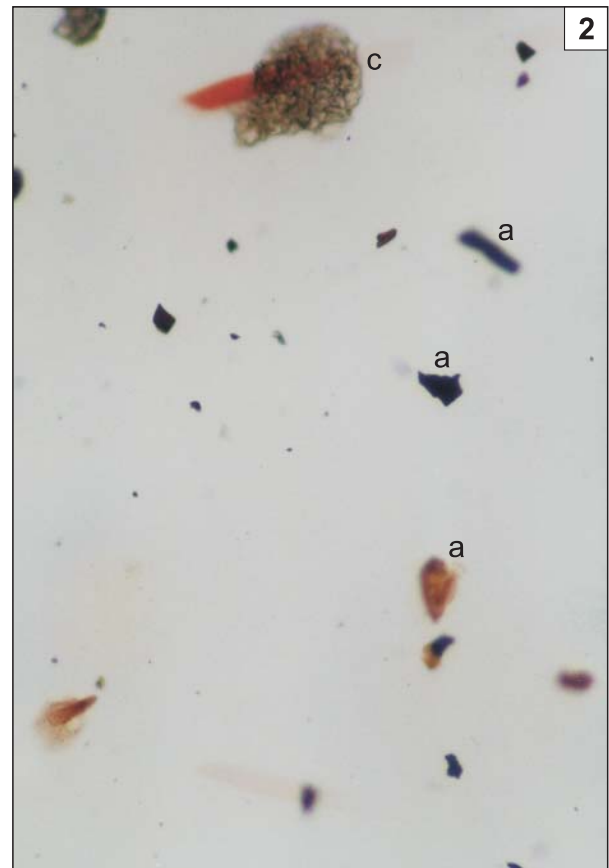
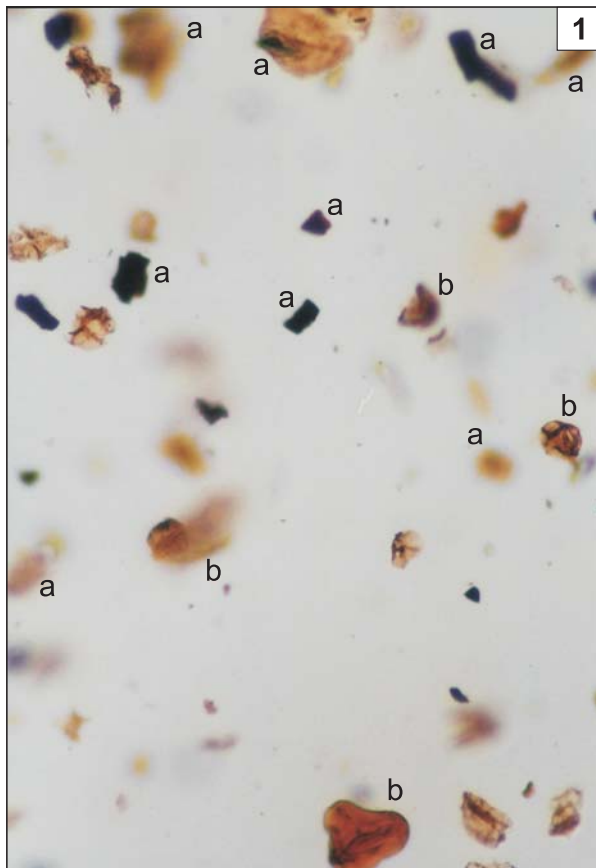
PLATES

## TABLICA I

Palinofacje kredy dolnej (powiększenie  $\times 780$ )

Lower Cretaceous palynofacies (magnification  $\times 780$ )

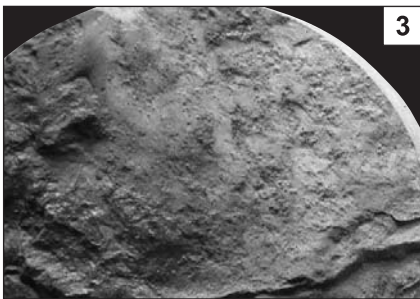
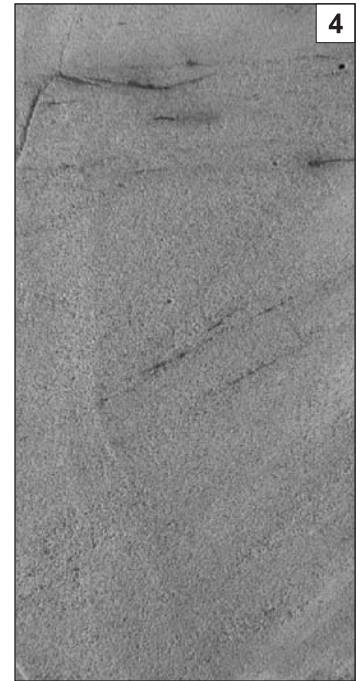
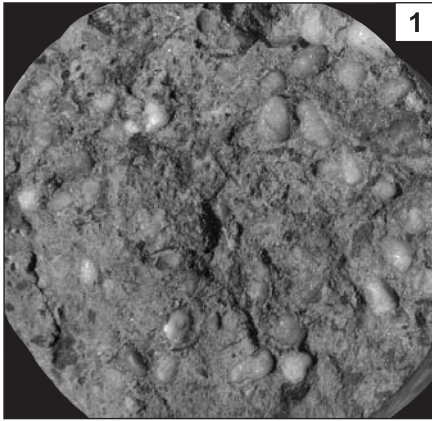
- Fig. 1. Odrzeże (trend regresywny); pojedyncze, dość liczne fragmenty jasnej i ciemnej bezstrukturalnej materii organicznej (a); widoczne miospory (b); otwór wiertniczy Wągrowiec IG I; głębokość 498,5 + 2,9 m (próbka nr 10); hoteryw dolny/górny  
Offshore environment (regressive trend); fairly numerous single fragments of light and dark unstructured organic matter (a); microspores are visible (b); Wągrowiec IG 1 borehole; depth 498.5 + 2.9 m (sample 10); Lower/Upper Hauterivian
- Fig. 2. Odrzeże; nieliczne spektrum, pojedyncze fragmenty ciemnej i bezbarwnej bezstrukturalnej (a) i strukturalnej materii organicznej (c); otwór wiertniczy Wągrowiec IG I; głębokość 504,7 + 3,9 m (próbka nr 8); hoteryw dolny  
Offshore environment; sparse spectrum, single fragments of dark and translucent un structured (a) and unstructured (c) organic matter Wągrowiec IG borehole; depth 504.7 + 3.9 m (sample 8); Lower Hauterivian
- Fig. 3. Środowisko deltowe (?czoło delty); liczne większe fragmenty bezstrukturalnej (utlenionej) materii organicznej (a); miospory (b); otwór wiertniczy Sarnów IG 1; głębokość 1752,4 + 5,6 m (próbka nr 2); walanżyn górny–hoteryw dolny  
Deltaic environment (?delta front); numerous large fragments of unstructured (oxidized) organic matter (a), microspores (b); Sarnów IG 1 borehole; depth 1752.4 + 5.6 m (sample 2); Upper Valanginian–Lower Hauterivian
- Fig. 4. Środowisko barierowo-lagunowe z przejściem do deltowego (?zatoka); liczne małe fragmenty bezstrukturalnej materii organicznej (a), silnie utlenione struktury ziaren (d); otwór wiertniczy Sarnów IG 1; głębokość 1738,6 + 6,5 m (próbka nr 4); hoteryw  
Barrier-lagoon/deltaic transition (?embayment); numerous small fragments of unstructured organic matter (a), strongly oxidized structure of grains (d); Sarnów IG 1 borehole; depth 1738.6 + 6.5 m (sample 4); Hauterivian



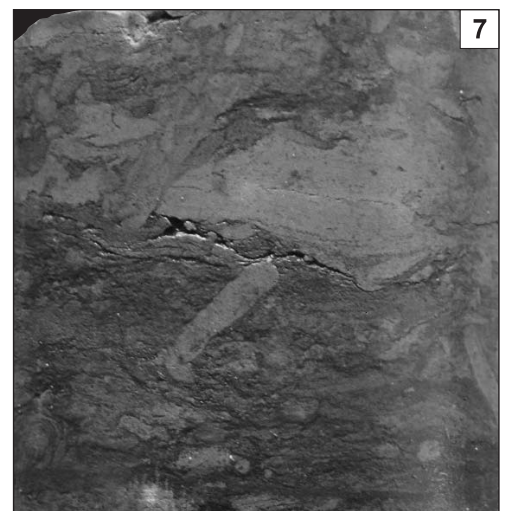
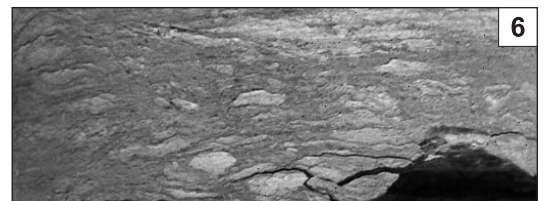
100  $\mu$ m

TABLICA II

- Fig. 1. Piaskowiec różnoziarnisty ze żwirem kwarcowym; system depozycyjny deltowy, ?kanał rozprowadzający; otwór wiertniczy Sarnów IG 1; głębokość 1752,4 + 4,1 m; hoteryw; formacja wrocławska  
 Vari-grained sandstone with quartz gravel; deltaic depositional system, ?distributary channel; Sarnów IG 1 borehole; depth 1752.4 + 4.1 m; Hauterivian; Włocławek Formation
- Fig. 2. Piaskowiec grubo- i różnoziarnisty; system depozycyjny deltowy, ?kanał rozprowadzający; otwór wiertniczy Sarnów IG 1; głębokość 1738,6 + 2,1 m; hoteryw; formacja wrocławska  
 Coarse- and vari-grained sandstone; deltaic depositional system, ?distributary channel; Sarnów IG 1 borehole; depth 1738.6 + 2.1 m; Hauterivian; Włocławek Formation
- Fig. 3. Mułowiec syderytyczny z ooidami żelazistymi; system depozycyjny barierowo-lagunowy, ?zatoka; otwór wiertniczy Sarnów IG 1; głębokość 1752,4 + 5,5 m; walanżyn górny–hoteryw dolny; formacja wrocławska  
 Sideritic mudstone with Fe ooids; barrier-lagoon depositional system, ?embayment; Sarnów IG 1 borehole; depth 1752.4 + 5.5 m; Upper Valanginian–Lower Hauterivian; Włocławek Formation
- Fig. 4. Słabo widoczne warstwowanie przekątne tabularne; system depozycyjny przybrzeża, przybrzeże górne; otwór wiertniczy Poddębice PIG 2; głębokość 2295,0 + 1,6 m; ?barem; formacja mogileńska; ogniwo pagórczańskie  
 Poorly marked tabular cross-bedding; nearshore depositional system, upper shoreface; Poddębice PIG 2 borehole 2295.0 + 1.6 m; ?Barremian; Mogilno Formation; Pagórki Member
- Fig. 5. Piaskowiec drobnoziarnisty silnie zbioturbowany; system depozycyjny przybrzeża, przybrzeże dolne–środkowe; otwór wiertniczy Poddębice PIG 2; głębokość 2209,0 + 0,1 m; ?alb dolny–?środkowy; formacja mogileńska; ogniwo kruszwickie  
 Strongly bioturbated fine-grained sandstone; nearshore depositional system, lower-middle shoreface; Poddębice PIG 2 borehole; depth 2209.0 + 0.1 m; ?Lower–?Middle Albian; Mogilno Formation; Kruszwica Member
- Fig. 6. Heterolit równoskładnikowy; laminacja falista i ?soczewkowa zaburzona bioturbacją; system depozycyjny barierowo-lagunowy, zatoka; otwór wiertniczy Sarnów IG 1; głębokość 1738,6 + 5,5 m; hoteryw; formacja wrocławska  
 Bioturbated sandstone-mudstone heterolith; wavy and ?lenticular lamination; barrier-lagoon depositional system, embayment; Sarnów IG 1 borehole; depth 1738.6 + 5.5 m; Hauterivian; Włocławek Formation
- Fig. 7. Piaskowiec bardzo drobnoziarnisty i drobnoziarnisty z bioturbacją; system depozycyjny deltowy, ?czoło delty; otwór wiertniczy Sarnów IG 1; głębokość 1752,4 + 5,3 m; walanżyn górny–hoteryw dolny; formacja wrocławska  
 Bioturbated very fine-grained and fine-grained sandstone; deltaic depositional system, ?delta front; Sarnów IG 1 borehole; depth 1752.4 + 5.3 m; Upper Valanginian–Lower Hauterivian; Włocławek Formation

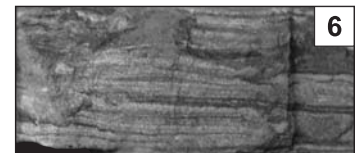
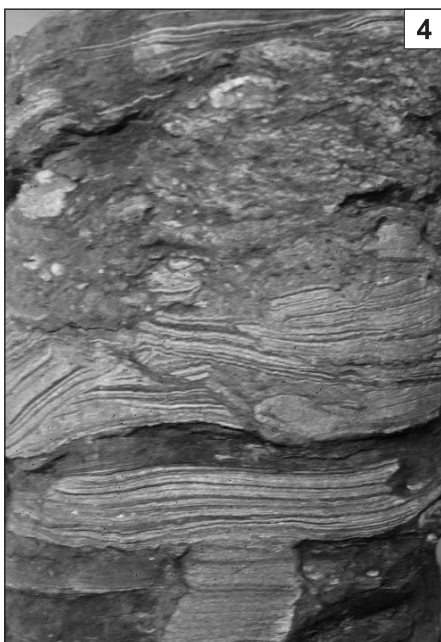
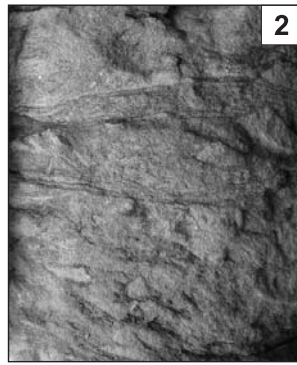


5 cm



TABLICA III

- Fig. 1. Heterolit piaszczysty bardzo drobnoziarnisty; laminacja falista, bioturbacja; system depozycyjny deltowy, ?czoło delty; otwór wiertniczy Sarnów IG 1; głębokość 1752,4 + 6,8 m; walanżyn górny–hoteryw dolny; formacja wrocławska  
 Fine-grained sandstone-dominated heterolith; bioturbated wavy lamination; deltaic depositional system, ?delta front; Sarnów IG 1 borehole; depth 1752.4 + 6.8 m; Upper Valanginian–Lower Hauterivian; Włocławek Formation
- Fig. 2. Heterolit równoskładnikowy; struktury sedimentacyjne zaburzone bioturbacją; system depozycyjny przybrzeża, przybrzeże dolne–środkowe; otwór wiertniczy Poddebice PIG 2; głębokość 2334,0 + 3,7 m; rianzań–walanżyn dolny; formacja rogoźniańska  
 Bioturbated sandstone-mudstone heterolith with obliterated sedimentary structures; nearshore depositional system, lower–middle shoreface; Poddebice PIG 2 borehole, depth 2334.0 + 3.7 m; Ryasanian–Lower Valanginian; Rogoźno Formation
- Fig. 3. Heterolit równoskładnikowy; struktury sedimentacyjne zaburzone silną bioturbacją; system depozycyjny przybrzeża, przybrzeże dolne–środkowe; otwór wiertniczy Poddebice PIG 2, głębokość 2264,0 + 2,2 m; ?apt; formacja mogileńska; ogniwo goplańskie  
 Strongly bioturbated sandstone-mudstone heterolith with obliterated sedimentary structures; nearshore depositional system, lower–middle shoreface; Poddebice PIG 2 borehole; depth 2264.0 + 2.2 m; ?aptian; Mogilno Formation; Gopło Member
- Fig. 4. Heterolit równoskładnikowy; laminacja falista i skośna mikrokopułowa; silna bioturbacja osadu; system depozycyjny przybrzeża, przybrzeże dolne–środkowe; otwór wiertniczy Poddebice PIG 2, głębokość 2330,0 + 2,5 m; rianzań–walanżyn dolny; formacja rogoźniańska  
 Sandstone-mudstone heterolith, locally strongly bioturbated; wavy and micro-hummocky cross lamination; nearshore depositional system, lower–middle shoreface; Poddebice PIG 2 borehole; depth 2330.0 + 2.5 m; Ryasanian–Lower Valanginian; Rogoźno Formation
- Fig. 5. Heterolit równoskładnikowy piaszczysto-mułowcowy; laminacja zaburzona silną bioturbacją osadu; wyraźny kanał *Teichichnus* isp.; system depozycyjny przybrzeża, przybrzeże dolne–środkowe; otwór wiertniczy Poddebice PIG 2, głębokość 2334,0 + 3,8 m; rianzań–walanżyn dolny; formacja rogoźniańska  
 Sandstone-mudstone heterolith, strongly bioturbated with *Teichichnus* isp.; nearshore depositional system, lower–middle shoreface; Poddebice PIG 2 borehole; depth 2334.0 + 3.8 m; Ryasanian–Lower Valanginian; Rogoźno Formation
- Fig. 6. Heterolit równoskładnikowy; laminacja pozioma, słaba bioturbacja osadu; system depozycyjny przybrzeża, przybrzeże dolne–środkowe; otwór wiertniczy Poddebice PIG 2, głębokość 2330,0 + 1,3 m; rianzań–walanżyn dolny; formacja rogoźniańska  
 Sandstone-mudstone heterolith; horizontal lamination with minor bioturbation; nearshore depositional system, lower–middle shoreface; Poddebice PIG 2 borehole; depth 2330.0 + 1.3 m; Ryasanian–Lower Valanginian; Rogoźno Formation



5 cm