

WYNIKI BADAŃ GEOCHEMICZNYCH

Izabella GROTEK

CHARAKTERYSTYKA PETROLOGICZNA ORAZ DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA MATERII ORGANICZNEJ ROZPROSZONEJ W PROFILU OSADÓW PERMO-MEZOZOIKU I SYLURU

METODYKA BADAŃ

Podstawę analityczną pracy stanowią badania mikroskopowe wykonane w świetle odbitym białym oraz we fluorescencji (światło UV), pozwalającej na identyfikację nierozróżnialnych w świetle białym wysoko uwodornionych składników organicznych (Teichmüller, Wolf, 1977).

Analizy zostały wykonane za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego Axioskop 40 Pol firmy Zeiss, wyposażonego w przystawkę mikrofotometryczną, umożliwiającą pomiar zdolności refleksyjnej materii organicznej.

Pomiary przeprowadzono w imersji na polerowanych płytkach skał osadowych, zawierających macerały wityritu i huminitu (utwory permo-mezozoiku) oraz materiał wityritopodobny, reprezentowany przez stałe bituminy i zooklasty (osady syluru). Składniki te charakteryzują się liniowym

wzrostem zdolności odbicia światła wraz ze wzrostem stopnia dojrzałości (Stach i in., 1982). Wymagana wielkość ziaren $>5\text{ }\mu\text{m}$ jest minimalną, niezbędną do uzyskania właściwego wyniku.

Badania wykonano przy użyciu: wzorców ze szkła optycznego o określonej, stałej refleksyjności 0,419; 0,595 oraz 0,907%, filtru monochromatycznego o długości fali 546 nm oraz olejku imersyjnego o $n_D = 1,515$ w temp. 20–25°C.

Analizę ilościową przeprowadzono metodą planimetryczną powierzchni preparatów, przy skoku mikrośruby = 0,2 mm.

Przy opisie składników petrograficznych stosowano nomenklaturę i klasyfikację przyjętą przez Międzynarodowy Komitet Petrologii Węgla (ICCP). Uzyskane wyniki zamieszczone zostały w tabeli 4.

CHARAKTERYSTYKA PETROLOGICZNA MATERII ORGANICZNEJ

Wykonano analizę mikroskopową siedmiu polerowanych próbek skalnych z interwału głębokości 955,0–3048,0 m. Reprezentują one osady syluru oraz permo-mezozoiku (tab. 4; fig. 17).

Sylur

Utwory ilaste ludlowu z głębokości 3048,0 m zawierają ubogi (0,30% planimetrycznej powierzchni próbki) materiał organiczny o cechach optycznych wityritu. Są to wyłącznie stałe bituminy oraz zooklasty (zwitrynizowane i sfuzynizowane szczątki organiczne syngenetyczne z osadem, reprezentowane głównie przez graptolity) (fig. 17H, 18).

W badanych osadach nie obserwuje się pierwotnych macerałów z grupy liptynitu, a jedynie niewielką ilość bituminów, infiltrujących przestrzenie porowe lub tworzących smugi wzdłuż szczelin spękań. Bituminy fluoryzują ze zmianą intensywności w kolorach żółtopomarańczowym i brunatnym.

Dojrzałość termiczna utworów ludlowu określona na podstawie zdolności refleksyjnej autogenicznego materiału wityritopodobnego odpowiada późnej fazie generowania ropy naftowej z możliwością generowania kondensatów oraz gazów mokrych. Zakres pomierzonych wartości refleksyjności waha się od 0,97 do 1,26% R_o , przy wyliczonej średniej równej 1,17% R_o,r (fig. 18).

Perm

Utwory węglanowe cechsztynu z głębokości 2780,4 m zawierają ubogi materiał organiczny, stanowiący 0,40% planimetrycznej powierzchni próbki (tab. 4).

Głównym składnikiem organicznym badanych osadów jest bitumin, występujący najczęściej w szczelinach spękań i przestrzeni porowej węglanów. Charakteryzuje się on zazwyczaj brunatnymi barwami fluorescencyjnymi, obserwowanymi w świetle ultrafioletowym. Niezbyt często obserwuje się typowe macerały wityritu (głównie kolotelinit) (fig. 17G). Współwystępują z nim nieliczne macerały inertyni-

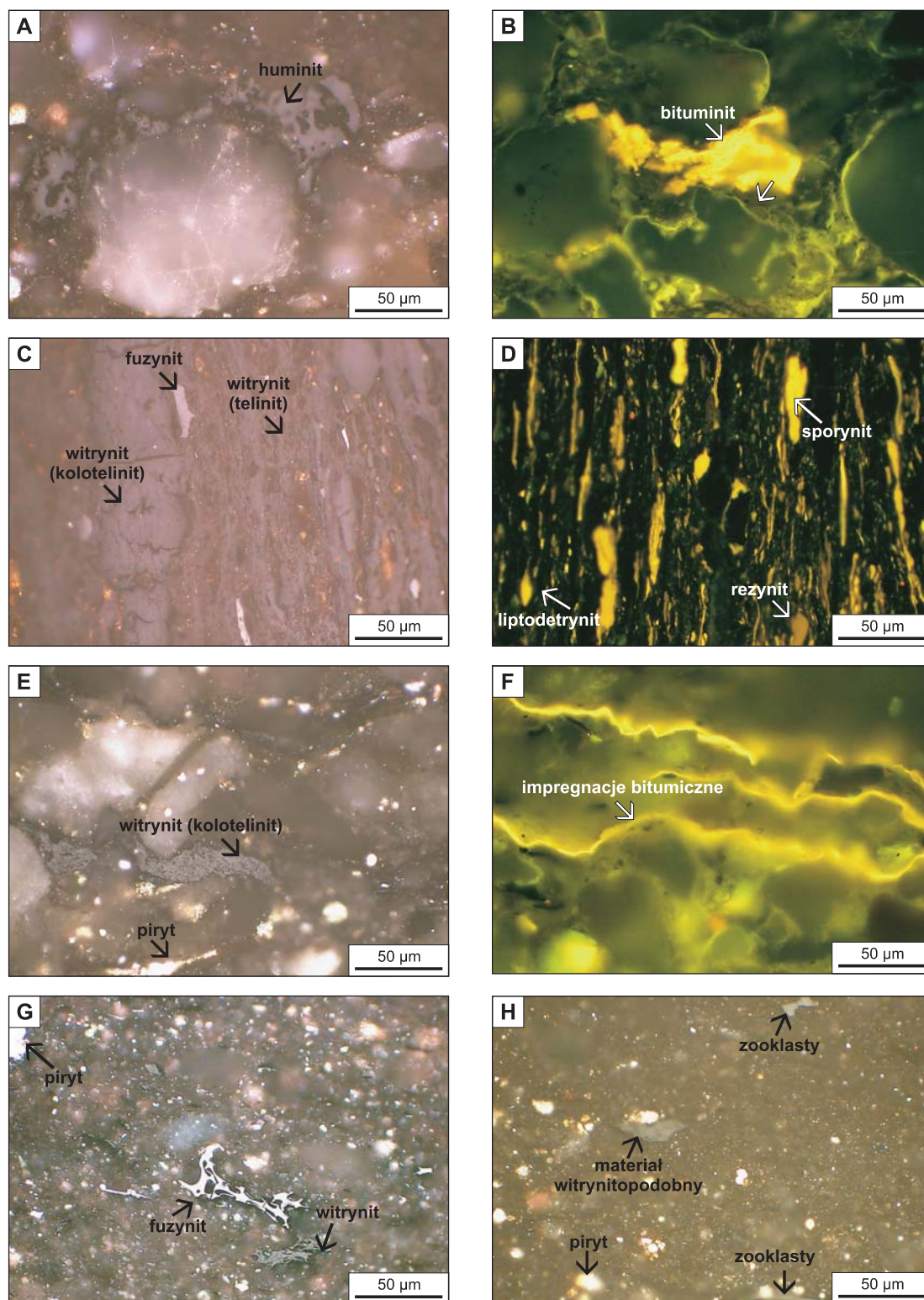


Fig. 17. Materia organiczna w utworach syluru–kredy z profilu otworu wiertniczego Grudziądz IG 1

A – kreda dolna, głęb. 1120,5 m, światło białe, imersja; **B** – kreda dolna, głęb. 1120,5 m, światło UV, imersja; **C** – jura dolna, głęb. 1640,0 m, światło białe, imersja; **D** – jura dolna, 1640,0 m, światło UV, imersja; **E** – trias górny, głęb. 1712,0 m, światło białe, imersja; **F** – trias górny, głęb. 1712,0 m, światło UV, imersja; **G** – perm górny – głęb. 2780,4, światło białe, imersja; **H** – sylur (ludlow), głęb. 3048, 0 m, światło białe, imersja

Organic matter in Silurian–Cretaceous sediments from the Grudziądz IG 1 borehole

A – Lower Cretaceous, depth 1120.5 m, white light, immersion; **B** – Lower Cretaceous, depth 1120.5 m, UV light, immersion; **C** – Lower Jurassic, depth 1640.0 m, white light, immersion; **D** – Lower Jurassic, depth 1640.0 m, UV light, immersion; **E** – Upper Triassic, depth 1712.0 m, white light, immersion; **F** – Upper Triassic, depth 1712.0 m, UV light, immersion; **G** – Upper Permian, depth 2780.4 m, white light, immersion; **H** – Silurian (Ludlow), depth 3048.0 m, white light, immersion

Tabela 4

Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w profilu osadów z otworu wiertniczego Grudziądz IG 1

Microscopical analysis of organic matter dispersed in the sediments from Grudziądz IG 1 borehole

Głębokość [m]*	Stratygrafia	Litologia	Witrynit (W)/huminit (H) materiał witrynitopodobny (WPT) [%]	Inertynit [%]	Liptynit [%]	Impregnacje bitumiczne	Średnia zdolność refleksyjna witrynit <i>in situ</i> ($R_{o,r}$) [%]	Zakres pomiarów	Ilość pomiarów	Refleksyjność materiału organicznego redeponowanego ($R_{o,red}$) [%]	Suma materii organicznej uzyskana z planimetrowania powierzchni próbki
995,0	kreda górna	iłowiec	70	10	20	–	0,35	0,32–0,42	55	0,54–0,58	0,70
1120,5	kreda dolna	piaskowiec	70	15	15	++	0,36	0,34–0,45	62	0,56–0,63	4,20
1517,0	jura górna	iłowiec	90	5	5	–	0,45	0,38–0,46	48	0,66–0,72	0,60
1604,0	jura dolna	wkładka węglista	70	5	25	–	0,48	0,40–0,52	75	–	54,0
1712,0	trias górny	piaskowiec, iłowiec	70	10	20	+++	0,53	0,43–0,58	60	0,73–0,83	0,80
2780,4	perm górny	dolomit	65	15	20	++	0,62	0,48–0,74	50	–	0,40
3048,0	sylur (ludlow)	iłowiec	100	–	–	+	1,17	0,97–1,26	42	–	0,30

* głębokość wg miary wiertniczej

* driller's depth

tu (semifuzynit oraz sfuzynityzowane szczątki organiczne), stanowiące około 10% materiału organicznego w skale.

Badane utwory zawierają pierwotny materiał liptynitowy, w skład którego wchodzi liczne alginity, liptodetrynit oraz bituminit. Stanowią one do 20% materii organicznej (fig. 19). Obserwuje się również niezbyt liczne impregnacje bitumiczne.

Dojrzałość termiczna utworów cechsztynu odpowiada głównej fazie generowania ropy naftowej. Średnia wartość współczynnika refleksyjności autogenicznego witrynit wynosi 0,62% $R_{o,r}$, a rozrzut pomiarów waha się w granicach 0,48–0,74% $R_{o,r}$.

Trias

Materia organiczna w utworach piaszczystych triasu górnego z głębokości 1712,0 m (głębokość wg rdzenia; wg pomiarów geofizycznych głębokość poniżej 1715,0 m) stanowi

0,80% planimetrowanej powierzchni próbki. Jej skład jest zdominowany przez macerały grupy witrynit (kolotelinit), stanowiące około 65% składników organicznych w osadzie. Współwystępują z nimi liczne macerały liptynitu (20%), inertynit (10%) oraz impregnacje bitumiczne (tab. 4; fig. 17E, F; 19).

Składniki organiczne są najczęściej rozproszone w spoiwie ilastym piaskowca, tworząc zróżnicowanej wielkości (5–70 μm) soczewkowate ciała, cienkie laminki, a lokalnie również spoiwo kontaktowe. Obserwuje się także obecność dużych (do 50 μm), obtoczonych okruchów witrynit i inertynit, pochodzących z redepozycji.

Dojrzałość termiczna utworów triasu górnego odpowiada wczesnej i głównej fazie generowania ropy naftowej. Zdolność refleksyjna witrynit *in situ* waha się od 0,43 do 0,58% $R_{o,r}$, przy średniej wartości równej 0,53% $R_{o,r}$. Współczynnik refleksyjności licznych, redeponowanych okruchów witrynit jest wyraźnie wyższy i wynosi 0,73–0,83% $R_{o,r}$.

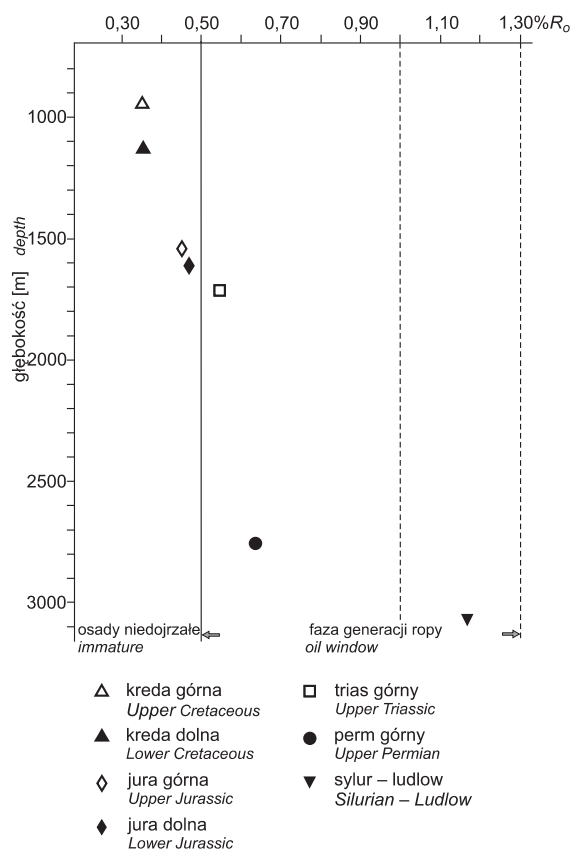


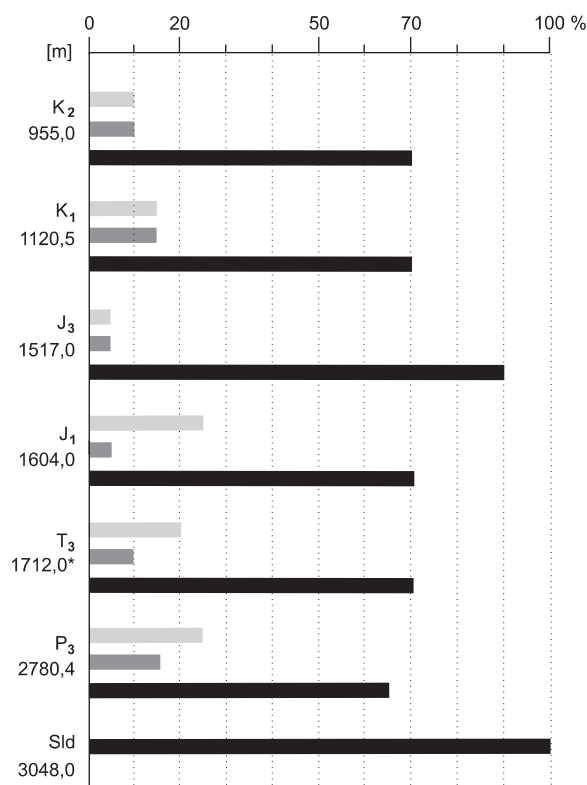
Fig. 18. Zmienność stopnia dojrzałości wityrnytu i materiału wityrnytopodobnego w profilu osadów sylur–kreda z otworu wiertniczego Grudziądz IG 1

Values of vitrinite and vitrinite-like reflectance index versus depth in Silurian–Cretaceous deposits from the Grudziądz IG 1 borehole

Jura

Utwory ilaste jury górnej z głębokości 1517,0 m zawierają ubogi materiał organiczny (0,60% planimetrowanej powierzchni próbki), w którego skład wchodzi głównie drobne (5–10 μm) zooklasty oraz nieliczny detrytus wityrnytu i huminitu przy niewielkim (około 5%) udziale macerałów z grupy inertynitu (fuzynit, inertodetrynit) oraz liptynitu (alginit, liptodetrynit) (tab. 4, fig. 19).

Wkładka węglista jury dolnej z głębokości 1604,0 m jest zbudowana z trzech podstawowych grup maceralnych, z których najliczniej reprezentowany jest wityrnytu, stanowiący 70% materii organicznej oraz liptynit (25%), przy niewielkiej (5%) ilości składników grupy inertynitu (tab. 4, fig. 19). Macerały wityrnytu występują najczęściej jako bezpostaciowy kolotelinit, rzadziej w postaci telinitu z niezbyt dobrze zachowaną budową komórkową (fig. 17C). Materiał liptynitowy jest reprezentowa-



* wg pomiarów geofizycznych głęb. poniżej 1715,0 m
* logger's depth below 1715.0 m

Fig. 19. Skład mineralny materii organicznej w osadach syluru–kredy z otworu wiertniczego Grudziądz IG 1

K₂ – kreda górna, K₁ – kreda dolna, J₃ – jura górna, J₁ – jura dolna, T₃ – trias górny, P₃ – perm górny, Sld – sylur (ludlow)

Distribution of organic matter in Silurian–Cretaceous deposits from the Grudziądz IG 1 borehole

K₂ – Upper Cretaceous, K₁ – Lower Cretaceous, J₃ – Upper Jurassic, J₁ – Lower Jurassic, T₃ – Upper Triassic, P₃ – Upper Permian, Sld – Silurian (Ludlow)

ny głównie przez dobrze zachowane mikrospory, sporynit, rzadziej kutynit oraz liptodetrynit i rezynit (fig. 17D).

Stopień dojrzałości termicznej utworów jurajskich jest stosunkowo niski, odpowiadający fazie niedojrzałej, ewentualnie wczesnemu stadium generowania węglowodorów. Zakres pomierzonych wartości refleksyjnych mieści się w granicach 0,38–0,52% R_o , a wyliczone średnie wynoszą odpowiednio dla jury dolnej i górnej 0,48 i 0,45% R_o (fig. 18).

Kreda

Utwory ilaste kredy górnej z głębokości 955,0 m zawierają niezbyt bogaty materiał organiczny (0,70% planimetrywanej powierzchni próbki) zbudowany głównie z huminitu oraz niewielkich domieszek macerałów z grupy inertynit i liptynit (tab. 4; fig. 19).

Osady piaszczyste kredy dolnej z głębokości 1120,5 m są natomiast wyraźnie wzbogacone w materię organiczną, stanowiąc 4,2% planimetrywanej powierzchni próbki. Jej głównym składnikiem jest, podobnie jak w przypadku utworów kredy górnej – materiał humusowy, reprezentowany przez macerały grupy huminitu (ulminit, żelinit) oraz witynit (kolotelinit, wirodetrynit). Stanowią one 70% materii organicznej w skale (fig. 17A, 19).

Te mikrokomponenty występują głównie w formie soczewek i lamin o zmiennej grubości (od 10 do 50 μm) oraz w for-

mie redeponowanych, w różnym stopniu obtoczonych okruców (4–20 μm).

Macerały grupy liptynit są powszechnie obserwowane w osadach zarówno kredy dolnej, jak i kredy górnej. W ich skład wchodzi głównie: bituminit, sporynit, kutynit oraz liptodetrynit i alginit fluoryzujące w kolorze żółtym. Sporadycznie zaznacza się również obecność impregnacji bitumicznych (fig. 17B).

Stałą domieszkę (10–15%) w składzie materii organicznej stanowi inertynit reprezentowany przez fuzynit, inertodetrynit oraz fragmenty semifuzynitu.

Stopień dojrzałości termicznej osadów kredy jest niski, odpowiadający fazie niedojrzałej do generowania węglowodorów (fig. 19). Pomierzone wartości zdolności refleksyjnej huminitu i witynit *in situ* zmieniają się w zakresie 0,32–0,45% $R_{o,r}$, przy średnich wynoszących 0,35–0,36% $R_{o,r}$.

PODSUMOWANIE

Badany materiał z interwału głębokości 955,0–3048,0 m reprezentuje kompleks osadów od syluru po kredę górną. Jednak poszczególne poziomy stratygraficzne zostały zbadane jedynie w pojedynczych próbkach, co nie pozwala na wysnuwanie wniosków odnośnie ich możliwości generacyjnych.

Najbogatsze w materię organiczną są próbki osadów klastycznych jury dolnej i kredy dolnej. Zawierają one, podobnie jak pozostałe poziomy utworów mezozoiku, materiał humusowy, którego głównym składnikiem są macerały witynit (bezpостaciowy kolotelinit) współwystępujące z liptynitem (bituminit, sporynit, liptodetrynit) oraz najmniej liczny inertynit (fuzynit, semifuzynit, inertodetrynit). Lokalnie obserwuje się również niewielkie impregnacje bitumiczne, które najliczniej występują w próbce piaskowca z triasu górnego.

Utwory starsze, zarówno cechsztynu jak i ludlowu zawierają niewielką ilość materii organicznej (0,30–0,40% planimetrywanej powierzchni próbek), zbudowanej głównie z bituminu (cechsztyt) oraz zooklastów (ludlow).

Stopień dojrzałości osadów w badanym profilu zmienia się od niedojrzałych utworów kredy i jury przez wczesną fazę generowania węglowodorów w osadach triasu i okno ropne w utworach cechsztynu, po fazę generowania kondensatów w osadach ludlowu.

Analiza zmienności wartości refleksyjnych w profilu pionowym badanego kompleksu osadów wykazuje wyraźny ich wzrost wraz z głębokością pograżenia (fig. 18) od 0,35% $R_{o,r}$ na głębokości 955,0 m do 1,17% $R_{o,r}$ na głębokości 3048,0 m. Dane te wskazują na zmianę maksymalnej temperatury diagenety osadów od 40 do 1200°C (Gaupp, Batten, 1985).

Ewa KLIMUSZKO

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA MATERII ORGANICZNEJ

W otworze wiertniczym Grudziądz IG 1 badania geochemiczne materii organicznej były przeprowadzone dla utworów syluru, permu górnego, triasu, jury i kredy.

Wykonano oznaczenia zawartości węgla organicznego, ilościowe oznaczenie bituminów, rozdział wydzielonych bituminów na poszczególne frakcje (węglowodory nasycone, aro-

matyczne, asfalteny i żywice), a także oznaczenie potencjału oksydacyjno-redukcyjnego skały (Eh).

Szczegółowe badania materii organicznej w materiale skalnym z otworu wiertniczego Grudziądz IG 1 przeprowadzane były wyrywkowo.

IŁOŚĆ OZNACZONEJ MATERII ORGANICZNEJ

W utworach syluru zawartość węgla organicznego jest bardzo mała, od 0,1 do 0,3%. Uwzględniając, że badane były osady iłowcowe, należy uznać utwory syluru za „biedne” skały macierzyste dla generowania węglowodorów (Peters,

1986) (tab. 5, fig. 20). Ilość składników labilnych (bituminów) w tych utworach jest również niewielka. Udział węglowodorów w bituminach waha się od 27 do 43 %, zmienna jest też zawartość żywic i asfaltenów. W grupie węglowodorów

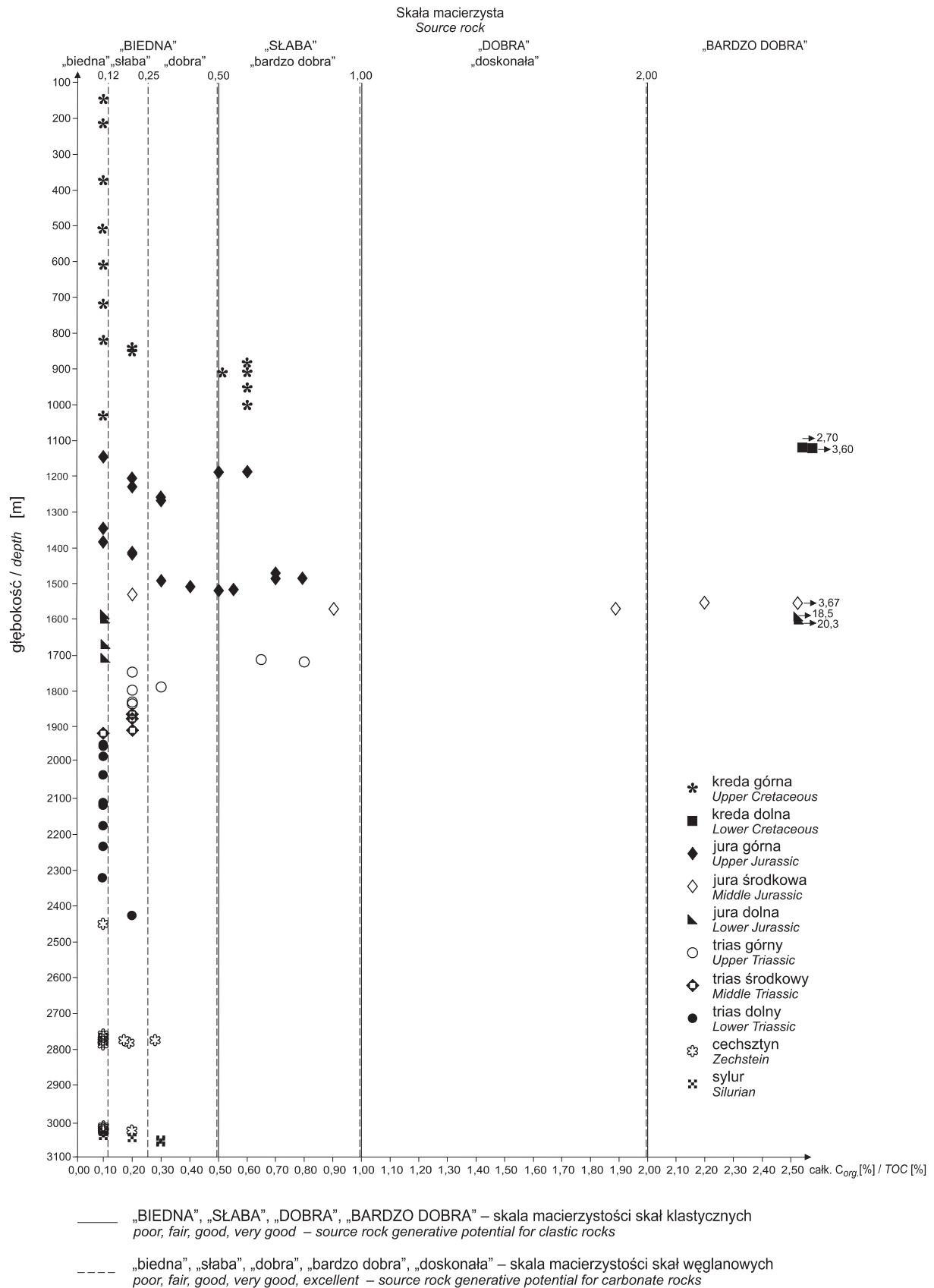


Fig. 20. Zawartość procentowa węgla organicznego w utworach mezozoiku i paleozoiku w zależności od głębokości (ocena macierzystości skał wg Petersa, 1986)

TOC [%] content in Mesozoic and Paleozoic deposits versus depth (assessment of source rock quality after Peters, 1986)

Tabela 5

Dane geochemiczne z otworu wiertniczego Grudziądz IG 1

Geochemical data from Grudziądz IG 1 borehole

Głębokość [m]	Stratygrafia	Litologia	Zawartość bitumi- nów [%]	Zawartość C org [%]	Eh [mV]	Zawartość węgło- wodorów w bitu- minach [%]	Zawartość węgło- wodorów w skale [%]	Zawartość węgło- wodorów nasyco- nych [%]	Zawartość węgło- wodorów aroma- tycznych [%]	Zawartość żywic i asfaltów [%]	Współczynnik migracji
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
145,0	kreda górna	margiel	0,009	0,10	649	–	–	–	–	–	–
214,0			0,008	0,10	611	–	–	–	–	–	–
374,0		opoka	0,008	0,10	658	–	–	–	–	–	–
507,0			0,003	0,10	652	–	–	–	–	–	–
609,0			0,016	0,10	651	16	0,002	15	1	84	0,020
716,0			0,010	0,10	647	7	0,001	7	0,001	93	0,010
818,0			0,007	0,10	641	–	–	–	–	–	–
840,0			0,024	0,20	644	10	0,002	6	4	90	0,001
851,0			0,020	0,20	640	3	0,001	3	0,001	97	0,005
882,0			0,012	0,60	642	–	–	–	–	–	–
911,0			0,017	0,60	637	54	0,009	50	4	46	0,015
911,2		wapień	0,006	0,51	–	–	–	–	–	–	–
955,0		iłowiec	0,017	0,60	651	54	0,009	50	4	46	0,015
1001,0		margiel	0,007	0,60	639	–	–	–	–	–	–
1038,0		wapień	0,011	0,10	636	–	–	–	–	–	–
1119,0	kreda dolna	piaskowiec i mułowiec	0,008	2,70	–	14,6	0,001	8,2	6,4	85,4	0,0003
1120,5		mułowiec	0,035	3,60	674	33	0,012	26	7	67	0,003
1146,5	mułowiec		0,005	0,10	668	–	–	–	–	–	–
1187,0		0,018	0,50	690	–	–	–	–	–	–	
1187,2	piaskowiec	0,017	0,60	–	–	–	–	–	–	–	
1206,5		mułowiec	0,019	0,20	663	12	0,002	12	0,001	88	0,001
1229,0	0,007		0,20	639	–	–	–	–	–	–	
1259,0	0,012		0,30	652	14	0,002	13	1	86	0,007	
1267,0	0,024		0,30	653	19	0,005	14	5	81	0,017	
1348,0	margiel	0,015	0,10	656	28	0,004	18	10	72	0,04	
1382,0		0,028	0,10	649	25	0,008	19	6	75	0,080	
1413,0	wapień	0,007	0,20	654	–	–	–	–	–	–	

Tabela 5 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1415,0	jura górna	margiel	0,022	0,20	647	17	0,004	9	8	83	0,020
1471,0		mułowiec	0,010	0,70	659	–	–	–	–	–	–
1484,5			0,007	0,79	–	43,5	0,003	23,3	20,3	56,5	0,004
1485,0			0,021	0,70	662	14	0,003	9	5	86	0,004
1493,0			0,012	0,30	631	44	0,005	30	14	56	0,017
1508,0			0,020	0,40	651	24	0,005	17	7	76	0,012
1517,0			0,005	0,55	–	–	–	–	–	–	–
1519,0		iłowiec	0,010	0,50	656	–	–	–	–	–	–
1532,3	jura środkowa	piaskowiec	0,007	0,20	603	–	–	–	–	–	–
1553,0		łupek	0,028	2,20	645	19	0,005	14	5	81	0,002
1553,3		iłowiec	0,010	3,67	–	24,6	0,002	14,6	10,0	75,4	0,0005
1570,0		piaskowiec	0,017	0,90	626	26	0,004	17	9	74	0,004
1570,3			0,008	1,89	–	–	–	–	–	–	–
1589,0	jura dolna	iłowiec	0,003	0,10	625	–	–	–	–	–	–
1600,7			0,013	0,10	640	–	–	–	–	–	–
1604,0		wkładka węglista	0,121	18,35	–	35	0,042	22,0	13,0	65	0,002
1604,5		iłowiec	0,841	20,3	662	17	0,143	10	7	83	0,007
1670,0		piaskowiec	0,019	0,10	676	64	0,012	54	10	36	0,120
1710,0			0,022	0,10	644	64	0,014	54	10	36	0,140
1712,0	trias górny	piaskowiec i mułowiec	0,004	0,65	–	–	–	–	–	–	–
1718,0		mułowiec	0,045	0,80	618	15	0,005	9	6	85	0,006
1748,0		iłowiec	0,007	0,20	589	–	–	–	–	–	–
1788,0			0,008	0,30	653	–	–	–	–	–	–
1795,0		mułowiec	0,002	0,20	630	–	–	–	–	–	–
1829,5		piaskowiec	0,030	0,20	623	22	0,006	12	10	78	0,030
1838,0			0,003	0,20	612	–	–	–	–	–	–
1869,0	trias środkowy	anhydryt	0,006	0,20	612	–	–	–	–	–	–
1877,0		iłowiec	0,009	0,20	634	34	0,003	24	10	66	0,015
1908,0		wapień	0,005	0,20	619	–	–	–	–	–	–
1917,0			0,006	0,10	613	–	–	–	–	–	–
1947,3	trias dolny	mułowiec	0,007	0,10	652	–	–	–	–	–	–
1956,0		iłowiec	0,004	0,10	642	–	–	–	–	–	–

Tabela 5 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1982,5	trias dolny	mułowiec	0,003	0,10	642	–	–	–	–	–	–
2035,0		iłowiec	0,005	0,10	647	–	–	–	–	–	–
2110,0		piaskowiec	0,001	0,10	666	–	–	–	–	–	–
2119,5		wapień z iłowcem	0,006	0,10	645	–	–	–	–	–	–
2176,0		mułowiec	0,002	0,10	649	–	–	–	–	–	–
2235,0		iłowiec	0,006	0,10	643	–	–	–	–	–	–
2321,0			0,005	0,10	641	–	–	–	–	–	–
2429,0			0,002	0,20	656	–	–	–	–	–	–
2451,0	perm górny	anhydryt	0,008	0,10	651	42	0,003	25	17	58	0,030
2763,0			0,005	0,10	656	37	0,002	27	10	63	0,020
2771,6			0,014	0,10	665	37	0,005	27	10	63	0,050
2774,0		dolomit	0,017	0,10	668	45	0,008	35	10	55	0,080
2774,2			0,012	0,17	–	–	–	–	–	–	–
2780,4			0,016	0,28	–	15,4	0,006	18,3	17,1	64,6	0,021
2780,6			0,066	0,10	666	48	0,032	34	14	52	0,320
2785,0			0,032	0,19	–	37	0,012	20,6	16,4	63	0,063
2785,2			0,025	0,10	670	30	0,008	21	9	70	0,080
3018,0		anhydryt	0,007	0,10	642	30	0,002	20	10	70	0,020
3022,0		wapień	0,007	0,20	641	37	0,003	19	18	63	0,015
3023,0			0,003	0,10	628	–	–	–	–	–	–
3024,0			0,013	0,10	645	–	–	–	–	–	–
3027,0			0,010	0,10	639	15	0,002	12	3	85	0,020
3031,7	sylur – ludlow	iłowiec	0,013	0,10	616	27	0,004	20	7	73	0,040
3042,6			0,009	0,10	621	43	0,004	34	9	57	0,040
3048,0			0,013	0,20	619	43	0,006	34	9	57	0,030
3061,7			0,005	0,30	627	–	–	–	–	–	–
3064,0			0,007	0,30	608	29	0,002	27	2	71	0,007

przeważa ilość węglowodorów nasyconych nad ilością węglowodorów aromatycznych (tab. 6, fig. 21). Można stwierdzić, że wartość współczynnika migracji ulega zmianie w pionowym profilu tych utworów. W górnych partiach osadów, zawierających bardzo małą ilość węgla organicznego, w których wartość współczynnika migracji jest wysoka, bituminy

obecne w tych skałach mają cechy związków epigenetycznych, natomiast w spągu utworów oznaczone bituminy są syngenetyczne (Gondek, 1980). W procesie sedimentacji ważny wpływ mają parametry chemiczne, a jednym z istotniejszych jest potencjał oksydacyjno-redukcyjny (Gradziński i in., 1976). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego

Tabela 6

Wskaźniki geochemiczne dla bituminów z utworów mezozoiku i paleozoiku

Geochemical data for bitumines in Mesozoic and Paleozoic deposits

Stratygrafia	Głębokość pobrania próbki [m]	Pr/Ph	CPI_{Tot}	CPI_{17-23}	CPI_{25-31}	n-C _{max}
Kreda górna	955,0	bd	0,98	0,97	1,01	C ₂₄ , C ₂₅
Kreda dolna	1119,0	0,37	1,03	0,85	1,81	C ₁₈
	1220,5	bd	1,82	1,39	2,32	C ₂₇ , C ₂₅
Jura górna	1267,0	bd	1,27	1,08	2,00	C ₂₁ , C ₂₀ , C ₁₉
	1382,0	bd	1,45	1,20	1,80	C ₃₁
	1484,5	0,06	1,18	0,99	1,27	C ₂₅
	1493,0	bd	1,07	1,03	1,22	C ₂₁ , C ₂₀
Jura środkowa	1553,0	bd	2,03	1,21	2,92	C ₂₇ , C ₂₉
	1553,3	0,77	1,83	1,31	2,34	C ₂₇
	1570,0	bd	1,19	1,04	1,92	C ₁₉
Jura dolna	1604,0	2,24	2,8	1,78	3,85	C ₂₅
	1604,5	5,00	2,00	2,76	6,24	C ₂₅
	1710,0	0,43	n.oz.	0,92	n.oz.	C ₂₀
Perm środkowy	2785,2	bd	0,92	0,88	0,98	C ₂₆
Sylur – ludlow	3048,0	bd	1,41	1,11	1,87	C ₂₃

Pr/Ph – stosunek pristanu (Pr) do fitanu (Ph)

Pr/Ph – pristane (Pr) / phytane (Ph) ratio

 CPI_{Tot} – wartość współczynnika CPI (Carbon Preference Index) dla n-alkanów od 17 do 31 węgla wg Kotarby i in. (1994) CPI_{Tot} – coefficient value for n-alkanes C₁₇–C₃₁ after Kotarba *et al.* (1994)

$$CPI_{(Tot)} = \frac{(C_{17} + C_{19} + \dots + C_{27} + C_{29}) + (C_{19} + C_{21} + \dots + C_{29} + C_{31})}{2(C_{18} + C_{20} + \dots + C_{28} + C_{30})}$$

 CPI_{17-23} – wartość współczynnika CPI wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 17 do 23 węgla wg Kotarby i in. (1994) CPI_{17-23} – the value of coefficient CPI for n-alkanes C₁₇–C₂₃ after Kotarba *et al.* (1994)

$$CPI_{(17-23)} = \frac{(C_{17} + C_{19} + C_{21}) + (C_{19} + C_{21} + C_{23})}{2(C_{18} + C_{20} + C_{22})}$$

 CPI_{25-31} – wartość współczynnika CPI wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 25 do 31 węgla wg Kotarby i in. (1994) CPI_{25-31} – the value of coefficient CPI for n-alkanes C₁₇–C₂₃ after Kotarba *et al.* (1994)

$$CPI_{(25-31)} = \frac{(C_{25} + C_{27} + C_{29}) + (C_{27} + C_{29} + C_{31})}{2(C_{26} + C_{28} + C_{30})}$$

n-C_{max} – n-alkan z maksymalną zawartościąn-C_{max} – n-alkane maximum contents

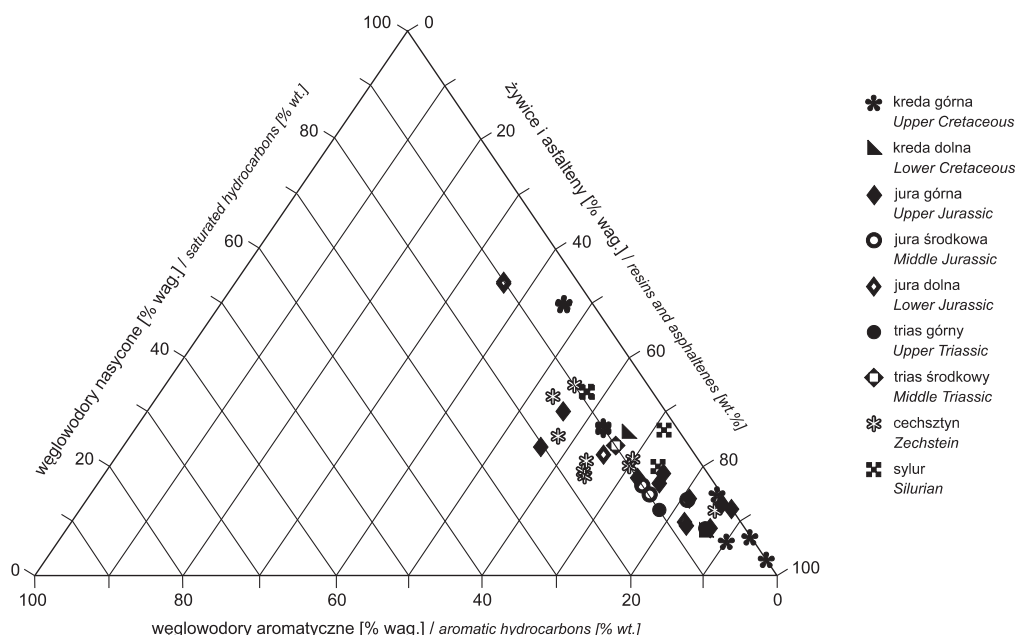


Fig. 21. Diagram trójkątny składu grupowego bituminów z utworów mezozoiku i paleozoiku w otworze wiertniczym Grudziądz IG 1

Triangular diagram showing proportions of the fractions of saturated hydrocarbons, aromatic hydrocarbons and asphaltenes or resins in the bitumens extracted from Mesozoic and Paleozoic deposits in Grudziądz IG 1 borehole

pozwala stwierdzić, że warunki sedymentacji osadów były redukcyjne (tab. 5). Wartością graniczną potencjału oksydacyjno-redukcyjnego, określającą środowisko sedymentacji jest wartość 670 mV (Gondek, informacja ustna).

Utwory permu górnego zawierają śladową ilość węgla organicznego (tab. 5, fig. 20) oraz niską zawartość bituminów – sporadycznie osiągają one 0,025 lub 0,066%. Ilość węglowodorów w wydzielonych bituminach jest niewielka, duża jest zawartość żywicy i asfaltenów (tab. 6, fig. 21). W składzie węglowodorów przewagę ilościową mają węglowodory nasycone. Węglowodory aromatyczne często występują w śladowej ilości. W centralnej części profilu utworów permu górnego bituminy wykazują wysoki współczynnik migracji, co sugeruje, że są one epigenetyczne w stosunku do osadu. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego wskazuje, że w basenie sedymentacyjnym w tym okresie warunki były słabo redukcyjne (tab. 5).

Klastyczne utwory triasu dolnego wykazują śladową ilość węgla organicznego i bituminów (tab. 5, fig. 20). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego pozwala wnioskować, że sedymentacja tych osadów następowała w środowisku słabo redukcyjnym (tab. 5).

Wapienne utwory triasu środkowego zawierają śladową ilość węgla organicznego i bardzo niską zawartość bituminów (tab. 5, fig. 20). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego pozwala

wnioskować, że sedymentacja tych osadów podobnie jak utworów triasu dolnego odbywała się w środowisku słabo redukcyjnym (tab. 5). W centralnej części pionowego profilu tych utworów występuje ilasta wkładka, w której nieznacznie zwiększa się ilość bituminów zawierających 34% węglowodorów z przewagą węglowodorów nasyconych nad aromatycznymi i 66% frakcji produktów ciężkich (asfalteny żywice) (tab. 5, fig. 21).

W mułowcowo-ilastych utworach triasu górnego oznaczona zawartość węgla organicznego jest niewielka, klasyfikując te skały jako „biedne” skały macierzyste. Jedynie w stropowych partiach tych utworów ilość węgla organicznego jest większa, określająca je jako „słabe” skały macierzyste dla generowania węglowodorów (tab. 5, fig. 20). Zawartość składników labilnych w tych utworach jest niska. Zawierają one dużą ilość frakcji żywicy i asfaltenów, a mniej węglowodorów (tab. 5). W składzie węglowodorów nieznacznie dominują węglowodory aromatyczne nad nasyconymi (fig. 21). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego pozwala określić środowisko sedymentacji osadów triasu górnego jako redukcyjne (tab. 5).

W utworach jury dolnej oznaczona zawartość węgla organicznego jest bardzo zróżnicowana, waha się od ok. 20% w centralnej części profilu tych utworów, do 0,10% w partiach spągowych i stropowych. Zmienna jest więc klasyfikacja tych skał od „biednych” skał macierzystych po „dosko-

nałe”, w ich niewielkiej części pionowego profilu (tab. 5, fig. 20). Zawartość składników labilnych w tych utworach również jest bardzo zróżnicowana, od niewielkiej w części spagowej i stropowej, do bardzo znacznej w części centralnej utworów. W małej ilości bituminów wydzielonych ze spągu utworów, zawartość węglowodorów jest duża, jak również duży jest udział węglowodorów nasyconych w stosunku do aromatycznych. W tej części profilu utworów jury dolnej, bituminy wykazują wysoki współczynnik migracji, co sugeruje, że są one epigenetyczne w stosunku do osadu. W partiach wyższych ilość bituminów w utworach jest bardzo duża, a w bituminach niewielki jest udział węglowodorów. Duża jest natomiast zawartość żywic i asfaltenów (tab. 6, fig. 21). W składzie węglowodorów przewagę ilościową mają węglowodory nasycone nad węglowodorami aromatycznymi (fig. 21). W centralnej części profilu tych utworów bituminy są syngenetyczne z osadem. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego pozwala określić środowisko sedymentacji osadów jury dolnej jako słabo redukcyjne lub słabo utleniające (tab. 5).

W utworach jury środkowej zawartość węgla organicznego jest wysoka, znacznie zmniejsza się w stropie tych utworów (0,20%) (tab. 5, fig. 20). Natomiast ilość wydzielonych bituminów jest nieduża, nieznacznie wyższa w centralnej części badanego profilu (tab. 5). Bituminy zawierają mało węglowodorów, wyższy w nich jest procentowy udział żywic i asfaltenów. W składzie węglowodorów przeważa frakcja węglowodorów nasyconych nad węglowodorami aromatycznymi (fig. 21). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego wskazuje, że środowisko było słabo redukcyjne.

Zawartość węgla organicznego w utworach jury górnej jest zróżnicowana i osiąga ilość od 0,10 do 0,79%. Oznaczona zawartość węgla organicznego w utworach jury górnej określa te mułowcowo-margliste osady jako „słabe” i „biedne” skały macierzyste dla generowania węglowodorów (tab. 5, fig. 20). Ilość bituminów wydzielonych z tych skał jest mała. Udział węglowodorów w bituminach jest stosunkowo nie-

wielki, ale zróżnicowany, waha się od 12,0 do 44,0%, znaczny jest udział żywic i asfaltenów (tab. 5, fig. 21). W składzie węglowodorów ilościowo dominują węglowodory nasycone nad aromatycznymi (fig. 21).

Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego oznaczonego w osadach określa środowisko jako słabo redukcyjne lub słabo utleniające (tab. 5).

Utwory kredy dolnej wykazują dużą ilość węgla organicznego i niewielką ilość bituminów (tab. 5, fig. 20). Uwzględniając ilość węgla organicznego można ocenić te utwory jako „bardzo dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodorów.

Zawartość węglowodorów w wydzielonych bituminach jest mała, wyższa jest zawartość frakcji produktów ciężkich (tab. 5). W składzie węglowodorów przeważają węglowodory nasycone nad aromatycznymi (fig. 21). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego oznaczona wyrywkowo pozwala wnioskować, że sedymentacja tych osadów następowała w środowisku słabo redukcyjnym (tab. 5).

W utworach kredy górnej oznaczona zawartość węgla organicznego jest zróżnicowana, waha się od 0,60% w centralnej części profilu tych utworów do 0,10% w partiach spagowych i stropowych. Zmienna jest więc klasyfikacja tych skał od „biednych” i „słabych” skał macierzystych po „bardzo dobre” w niewielkim interwale głębokości 882,0–911,0 m w węglanowo-marglistych utworach (tab. 5, fig. 20). Zawartość składników labilnych w tych utworach jest niewielka, najniższa w części stropowej utworów (tab. 5). W wydzielonych bituminach zróżnicowany jest udział węglowodorów od 7% w składnikach labilnych, pochodzących z górnych partii utworów, do 54% w pochodzących ze spągu utworów (tab. 5). Również zróżnicowana jest ilość asfaltenów i żywic. Bardzo duży jest udział węglowodorów nasyconych, przy niewielkim udziale węglowodorów aromatycznych (tab. 6, fig. 21). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego pozwala określić środowisko sedymentacji osadów kredy górnej jako słabo redukcyjne (tab. 5).

ŚRODOWISKO DEPOZYCJI MATERII ORGANICZNEJ, JEJ TYP GENETYCZNY I STOPIEŃ DOJRZAŁOŚCI

W n-alkanach wydzielonych z materii organicznej z utworów syluru zaznacza się większy udział związków o krótkich łańcuchach węglowych, z maksimum zawartości n-alkanu C_{23} . Jednocześnie został stwierdzony znaczny udział związków C_{27} i C_{25} (fig. 22A).

Dystrybucja n-alkanów w tych utworach jest specyficzna, uwzględniając wiek i pograżenie skał. Można przypuszczać, że obecność oznaczonych n-alkanów jest wynikiem zjawiska biodegradacji, które miało miejsce w osadach, co nie pozwala jednoznacznie oznaczyć stopnia przeobrażenia materii organicznej obecnej w utworach syluru – ludlowu. Stopień przeobrażenia materii organicznej pozwala określić wskaźnik *CPI* (*Carbon Preference Index*), wyliczony z dystrybucji n-alkanów (Kotarba i in., 1994). W tym przypadku wartości wyliczonych wskaźników dojrzałości materii organicznej CPI_{Tot} , CPI_{17-23} i CPI_{25-31} sugerują niski stopień przeobrażenia materii organicznej. Uwzględniając,

że badana materia uległa biodegradacji przedstawione wskaźniki mogą nie być wiarygodne.

Jednostkowa dystrybucja n-alkanów z utworów cechsztynu wykazuje dużą ilość związku C_{26} i związku C_{22} , jak również znaczną obecność innych n-alkanów o parzystej liczbie węgla w cząsteczce z szeregu C_{20} – C_{30} , co sugeruje że materia organiczna tworzyła się ze szczątków sinic (Maliński, Witkowski, 1988) (fig. 22 B). Obecny jest również związek o nieparzystej liczbie węgla w cząsteczce n- C_{21} , pochodzący z rozkładu alg, a także alkanany C_{25} i C_{27} , pochodzące od roślin wyższych. Znaczna ilość alkanu C_{25} w rozmieszczeniu n-alkanów sugeruje obecność w badanej materii organicznej materiału terygenicznego, o wysokim stopniu przeobrażenia, czyli doniesionego do autochtonicznego w stosunku do pozostałej masy materii organicznej. W utworach cechsztynu, podobnie jak w niżej leżących utworach syluru, węglowodory izoprenoidowe nie zostały oznaczone stosowanymi metodami.

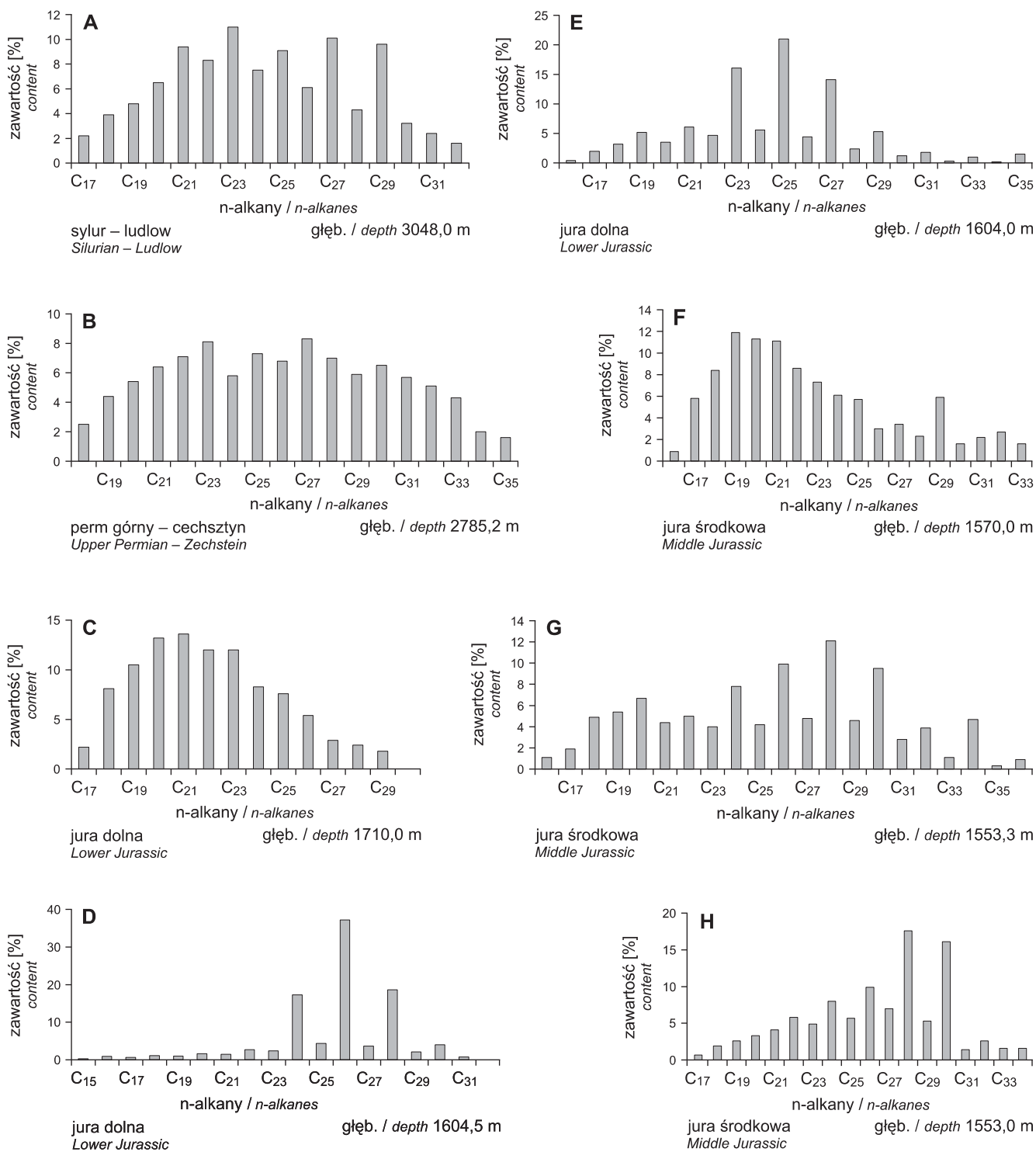
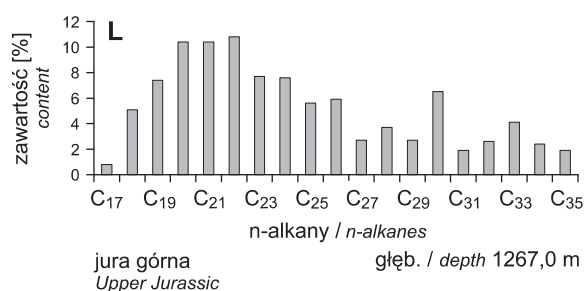
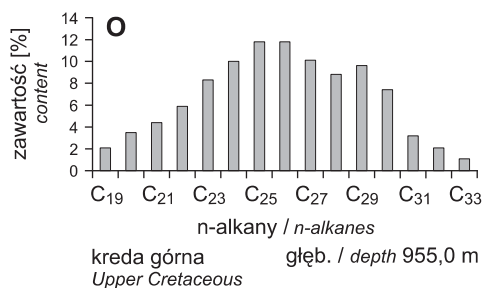
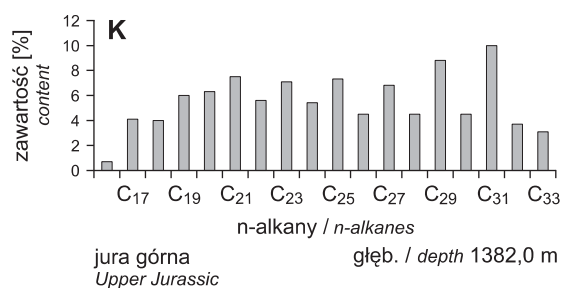
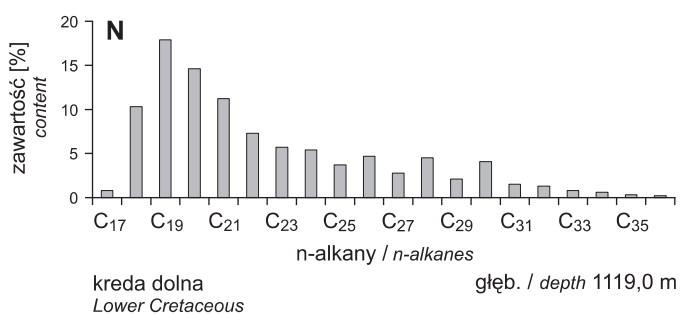
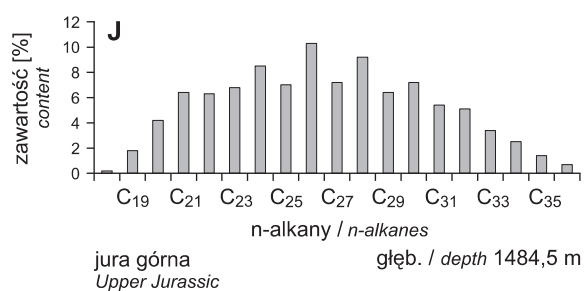
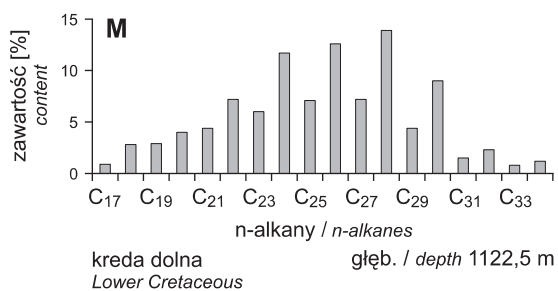
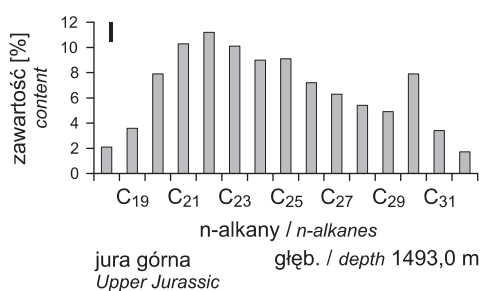


Fig. 22. Dystrybucja n-alkanów w osadach syluru, permu

Distribution of n-alkanes in the Silurian, Permian (Zechstein),



(cechsztynu), jury i kredy profilu Grudziądz IG 1

Jurassic and Cretaceous deposits of Grudziądz IG 1 borehole

Wartości wskaźników dojrzałości materii organicznej CPI_{Tot} , CPI_{17-23} i CPI_{25-31} są poniżej jedności, z uwagi na duży udział n-alkanów parzystowęglowych, pochodzących z rozkładu bakterii. Fakt ten uniemożliwia określenie stopnia przeobrażenia materii (tab. 2).

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych z utworów jury dolnej pozwala stwierdzić istniejące zróżnicowanie w charakterze występującej w nich materii organicznej. W spągu utworów materia organiczna pochodziła głównie z rozkładu alg i bakterii, o czym świadczy przewaga związków z szeregu $C_{17}-C_{24}$, występujących w zbliżonych ilościach. Niewielki jest udział związku C_{25} łączonego z rozkładem materiału terygenicznego o wysokim stopniu przeobrażenia, natomiast nie występują zupełnie lub występują w małych ilościach związki C_{27} i C_{31} , pochodzące z rozkładu materii humusowej o niskim stopniu przeobrażenia (fig. 22C). Określone przez stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu (Pr) do fitanu (Ph) warunki środowiska sedymentacji są redukcyjne (Pr/Ph = 0,43) (Didyk i in., 1978). W środkowej części jury dolnej materia organiczna wykazuje bardzo nietypową dystrybucję n-alkanów, w której maksymalną ilość osiąga n-alkan C_{25} . Obecność n-alkanu C_{25} w takiej ilości sugeruje znaczny udział materiału terygenicznego silnie przeobrażonego. Także w dużej ilości występują n-alkany C_{27} i C_{23} , pochodzące z rozkładu alg i roślin wyższych, które są jednak słabo przeobrażone. Pozostałe n-alkany występują w śladowych ilościach (fig. 22D, E). Oznaczone węglowodory izoprenoidowe wskazują, że materia organiczna powstawała w basenie o silnie utleniających warunkach środowiska (tab. 6). Różnica w ocenie środowiska sedymentacji badanego dwiema niezależnymi metodami może wynikać z małej precyzji oceny warunków panujących w basenie sedymentacyjnym, przy zastosowaniu metody analizy potencjału oksydacyjno-redukcyjnego skał. Należy podkreślić, że metoda potencjału red-oks jest metodą prostą do wykonania – obecnie nie stosowaną, ale w latach poprzednich stosowaną często. Dane wykorzystane w tej pracy są danymi archiwalnymi.

Wskaźniki CPI osiągają wysokie, czasami zróżnicowane wartości ze względu na nietypowy przebieg krzywych dystrybucji w tym interwale głębokości.

Analiza n-alkanów wykazała, że materia organiczna występująca w spągu utworów jury środkowej, zawiera znaczną ilość związków mających 19, 20 i 21 węgli w łańcuchu, co sugeruje, że wyjściowym materiałem organicznym były algi i bakterie (fig. 22F) (Tissot, Welte, 1978). Materia organiczna występująca w wyższych partiach utworów jury środkowej zawiera znaczną ilość związku mającego 27 węgli w cząsteczce, ale obecne są również w dużej ilości związki z liczbą 29 i 25 węgli w cząsteczce. Oznaczone związki są powiązane z rozkładem roślin wyższych. Są one na różnym stopniu przeobrażenia (fig. 22G, H). Występowanie cząsteczek C_{25} sugeruje dopływ przeobrażonego materiału terygenicznego do basenu podczas sedymentacji, natomiast n-alkany C_{27} i C_{29} wskazują, że materia jest słabo przeobrażona. W utworach

tych zaznacza się również obecność związku zawierającego 23 węgle w cząsteczce, który pochodzi z łączonego z materii organicznej typu algowego na niskim stopniu przeobrażenia (fig. 22G, H).

W materii organicznej w dolnej części utworów jury środkowej węglowodory izoprenoidowe występują jedynie w śladowych ilościach. Oznaczone w wyżej położonych ilowcach węglowodory izoprenoidowe wskazują, że materia organiczna powstawała w redukcyjnych warunkach środowiska, co wykazuje stosunek Pr/Ph wynoszący 0,77 (Didyk i in., 1978). Stopień przeobrażenia materii organicznej występującej w dolnych partiach utworów jury środkowej przedstawiany jest zróżnicowaną wartością wskaźników CPI . Wskaźnik materii sapropelowej CPI_{17-23} jest zbliżony do 1,0 – wskazując na znaczną dojrzałość tej materii. Materia organiczna typu humusowego w tych utworach jest słabiej przeobrażona niż materia typu sapropelowego, co sugeruje znacznie wyższą wartość wskaźnika CPI_{25-31} (tab. 6). Wartość wskaźnika CPI_{Tot} jak również CPI_{17-23} i CPI_{25-31} w wyższych partiach utworów jest również zróżnicowana. Można stwierdzić, że materia organiczna z tych utworów jest słabo przeobrażona (tab. 6).

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych z utworów jury górnej pozwala stwierdzić istniejące zróżnicowanie w charakterze występującej w nich materii organicznej. W spągu i stropie badanego profilu utworów w materii organicznej współwystępuje materia typu sapropelowego i humusowego. Świadczy o tym maksymalna zawartość n- C_{21} , a także znaczna zawartość n- C_{20} , jak również znaczna zawartość n- C_{29} w przypadku materii organicznej występującej w stropie utworów oraz związków n- C_{29} i n- C_{31} występujących w spągu. Związki o długich łańcuchach węglowych pochodzą z rozkładu materiału terygenicznego (fig. 22I, J). Materia organiczna jest na niskim stopniu dojrzałości.

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych ze środkowej części profilu jury górnej wykazuje, że materia organiczna zawiera dużo humusu. Charakteryzuje to obecność związków zawierających 25 lub 29 węgli w cząsteczce, które występują w dużej ilości, i maksymalna zawartość związku n- C_{31} , co sugeruje, że materiał humusowy jest na zróżnicowanym stopniu przeobrażenia: bardzo słabym, ale również wysokim (fig. 22K).

W badanej materii organicznej węglowodory izoprenoidowe występują w śladowych ilościach. Jedynie w centralnej części profilu stosunek zawartości węglowodorów izoprenoidowych pristanu do fitanu (0,06) wskazują na środowisko sedymentacji silnie redukcyjne (tab. 6). Stopień przeobrażenia materii organicznej w utworach jury górnej jest wysoki w spągu utworów, ponieważ wartość wskaźników CPI jest zbliżona do jedności. Jednocześnie, w przypadku materii organicznej z głębokości 1484,5 m CPI_{17-23} ma wartość poniżej jedności (tab. 6) ze względu na rodzaj materii pierwotnej, tzn. dużą ilość bakterii. W górnych partiach utworów wartość wskaźnika CPI bardzo wzrasta sugerując, że w tych utworach materia organiczna jest słabo dojrzała (tab. 6).

Dystrybucja n-alkanów pochodzących z utworów kredy dolnej jest zróżnicowana. W małym interwale głębokości zauważa się wyraźną zmianę składu materii organicznej występującej w tych utworach. W niższych partiach, podobnie jak w utworach jury górnej stwierdza się występowanie dużej ilości materiału terygenicznego o różnym stopniu dojrzałości, o czym świadczy obecność dużej ilości n-alkanów C_{25} , C_{27} i C_{29} . W materii tej współwystępują również n-alkan C_{23} i w mniejszej ilości n- C_{21} , pochodzące z rozkładu alg (fig. 22M, N). Jednocześnie w wyżej leżących utworach piaskowcowo-mułowcowych dystrybucja n-alkanów wykazuje znaczną ilość związków o krótkich łańcuchach, o parzystej i nieparzystej liczbie węgla w cząsteczce od C_{17} do C_{21} , przy czym maksymalną ilość osiąga związek C_{18} , co pozwala stwierdzić, że materiałem wyjściowym tworzącym materię organiczną były bakterie i algi (fig. 22N) (Maliński, Witkowski, 1988).

W badanej materii organicznej węglowodory izoprenoidowe występują w śladowych ilościach lub fitan dominuje ilościowo nad pristanem, co sugeruje redukcyjne środowisko sedimentacji (tab. 6).

W przypadku materii organicznej rozproszonej w utworach kredy dolnej nie można jednoznacznie przedstawić zmian zachodzących wraz z jej dojrzałością ze względu na obecność znacznej ilości n-alkanów o parzystej liczbie węgla w cząsteczce, co powoduje, że wartość *CPI* jest poniżej jedności. Można stwierdzić, że materia organiczna w utworach kredy dolnej jest słabo przeobrażona (tab. 6).

Analiza n-alkanów wykazała, że materia organiczna występująca w utworach kredy górnej zawiera związki z wyraźną przewagą parzystej liczby węgla 24, 26 i 28 w cząsteczce

(fig. 22O). Taka dystrybucja n-alkanów powstaje w wyniku biodegradacji szczątków sinic (Maliński, Witkowski, 1988). W tej materii organicznej jednocześnie występuje duża ilość związków zawierających 29 i 25 węgla w cząsteczce, które świadczą o obecności materii typu humusowego będącej na różnym stopniu przeobrażenia, co może świadczyć o współwystępowaniu materiału humusowego auto i allochtonicznego. W badanej materii organicznej węglowodory izoprenoidowe nie występują w ilościach oznaczanych stosowanymi metodami. W materii organicznej z utworów kredy górnej nie można jednoznacznie określić stopnia jej dojrzałości stosując wskaźniki *CPI*, ponieważ materiał organiczny charakteryzuje się przewagą cząsteczek o parzystej liczbie węgla, które powodują, że wartość *CPI* jest poniżej jedności (tab. 6).

Podsumowując otrzymane wyniki podstawowych badań geochemicznych w pionowym profilu z otworu wiertniczego Grudziądz IG 1 należy stwierdzić, że cechy „dobrych” skał macierzystych dla generowania węglowodorów mają jedynie pewne interwały utworów jury dolnej i środkowej i utwory kredy dolnej. Cechy „dobrych” skał macierzystych mają też węglanowo-margliste utwory w spagu kredy górnej. Uwzględniając typ genetyczny materii organicznej występującej w tych utworach należy zaznaczyć, że jest to materiał tzw. „gazotwórczy”, w którym generowanie węglowodorów następuje na wysokim stopniu przeobrażenia, natomiast badania tej materii wykazały, że stopień jej dojrzałości jest bardzo niski.

Pozostałe utwory w pionowym profilu otworu wiertniczego Grudziądz IG 1, poza wymienionymi, charakteryzują się małymi zawartościami węgla organicznego i składników labilnych.