

WYNIKI BADAŃ MATERII ORGANICZNEJ

Izabella GROTEK

CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA ORAZ DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA MATERII ORGANICZNEJ

WSTĘP

Wykonano analizę mikroskopową 44 próbek materiału rdzeniowego reprezentującego utwory jury środkowej i dolnej z otworów wiertniczych Wojszyce IG 1a, IG 3 oraz IG 4. Przeprowadzenie badań miało na celu oznaczenie składu maceralnego rozproszonej w osadzie materii organicznej, ocenę

stopnia jej dojrzałości termicznej w celu określenia przybliżonych warunków paleotermicznych diagenety analizowanych poziomów stratygraficznych oraz ocenę fazy generowania węglowodorów.

METODYKA BADAŃ

Badania mikroskopowe wykonano w świetle odbitym białym oraz we fluorescencji umożliwiającej identyfikację nierozróżnialnych w świetle białym składników maceralnych grupy liptynitu (Teichmüller, 1982). Analizy przeprowadzono na mikroskopie polaryzacyjnym Axioskop Pol firmy Zeiss wyposażonym w przystawkę mikrofotometryczną MPM 200 umożliwiającą pomiar zdolności refleksyjnej materii organicznej.

Badania wykonano przy użyciu: wzorców ze szkła optycznego o określonej, stałej refleksyjności: 0,353; 0,595 i 0,907%; filtru monochromatycznego o długości fali 546 nm; olejku imersyjnego o $n_D = 1,515$ w temp. 20–25°C.

Pomiary refleksyjności przeprowadzono w imersji na polerowanych płytkach skalnych zawierających macerały grupy

witrynit, charakteryzujące się liniowym wzrostem zdolności odbicia światła wraz ze wzrostem stopnia dojrzałości (Stach i in., 1982). Wyniki pomiarów przedstawiono jako uśrednioną wartość przypadkowych pomiarów i oznaczono symbolem R_O .

Analizę jakościową macerałów grupy liptynitu wykonano przy zastosowaniu lampy rtęciowej HBO 100W/2, w świetle ultrafioletowym o długości fali 395–440 nm. Przy opisie składników organicznych stosowano nomenklaturę i klasyfikację przyjętą przez Międzynarodowy Komitet Petrologii Węgla (ICCP) (Taylor i in., 1998).

Analizę ilościową przeprowadzono metodą planimetryczną powierzchni preparatów, przy skoku mikroskopy wynoszącym 0,2 mm. Rejestrowano trzy podstawowe grupy macerałów organicznych: witrynit, inertynit i liptynit.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Jura dolna

Wojszyce 1a. Wykonano analizę czterech próbek utworów, głównie piaszczystych z nielicznymi wkładkami węglistymi, pobranych z interwału głęb. 1632,0–1764,0 m. Zawierają one zmienną ilość materii organicznej (0,8–14,8% planimetrycznej powierzchni próbki), w której składzie najwyższy udział ma witrynit (57–67%) oraz współwystępujące z nim macerały inertynitu (13–20%) i liptynitu (13–25%) (tab. 15).

Wojszyce IG 3. Wykonano analizę dwóch próbek utworów piaszczysto-ilastych z głęb. 1647,0 i 1899,0 m. Zawierają

one 0,4 i 1,4% materii organicznej, której skład stanowi: 68 i 73% witrynit; 9 i 10% inertynit oraz 17 i 23% liptynit (tab. 16).

Wojszyce IG 4. Wykonano analizę trzech próbek osadów ilasto-piaszczystych z głębokości 1930,0–2125,0 m. Zawierają one niezbyt liczny materiał organiczny (0,2–1,1% planimetrycznej powierzchni próbki), w którego skład wchodzi macerały grupy witrynit (65–80%), inertynitu (10–15%) oraz liptynitu (10–20%) (tab. 17).

Kompleks utworów jury dolnej przeanalizowany w dziewięciu próbkach utworów ilasto-piaszczystych zawiera nie-

Tabela 15

**Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w utworach jurajskich
z otworu wiertniczego Wojszyce IG 1a**

Microscopical analysis of the organic matter dispersed in the Jurassic deposits from the Wojszyce IG 1a borehole

Stratygrafia	Głębokość [m]	R_O [%]	Zakres pomiarów [%]	Liczba pomiarów	$R_{O\text{ red}}$ [%]	MO [%]	Skład % MO		
							witrynit [%]	inertynit [%]	liptynit [%]
Jura środkowa	780,0	0,50	0,40–0,63	75	0,80–1,02	1,1	62	15	23
	816,0	0,53	0,40–0,67	86	0,78–1,06	3,1	70	12	18
	939,0	0,55	0,42–0,68	60	0,77–0,92	0,7	65	10	25
	986,0	0,54	0,40–0,67	70	0,78–0,84	1,1	63	17	20
	996,0	0,59	0,45–0,69	83	0,81–1,05	1,8	64	15	21
	1076,0	0,65	0,47–0,78	92	0,80–1,12	3,0	63	6	31
	1162,0	0,65	0,50–0,84	95	0,79–1,16	3,3	70	2	28
	1196,0	0,68	0,52–0,87	100	0,93–1,19	4,0	77	3	20
	1203,0	0,66	0,50–0,86	97	0,93–1,22	2,7	65	20	15
	1223,0	0,68	0,52–0,88	80	1,00–1,20	2,2	68	12	20
	1306,0	0,69	0,48–0,89	92	0,94–1,15	2,5	62	28	10
	1358,0	0,71	0,50–0,87	85	0,95–1,05	2,8	75	5	20
	1491,0	0,78	0,54–0,95	82	1,02–1,28	3,1	60	20	20
	1515,0	0,77	0,56–0,88	78	0,94–1,10	3,5	45	50	5
	1523,0	0,74	0,54–0,90	75	0,92–1,15	2,0	50	15	35
Jura dolna	1632,0	0,74	0,55–0,90	100	0,96–1,00	14,8	67	20	13
	1672,0	0,75	0,57–0,89	68	0,93–1,28	0,8	60	20	20
	1705,0	0,72	0,53–0,85	90	0,95–1,00	1,0	62	13	25
	1764,0	0,74	0,54–0,86	88	0,90–1,06	2,3	57	20	23

R_O [%] – średnia refleksyjność witrynit, $R_{O\text{ red}}$ [%] – współczynnik refleksyjności materiału redeponowanego, MO – procentowa zawartość materii organicznej

R_O [%] – average reflectivity of vitrinite; $R_{O\text{ red}}$ [%] – reflectivity index of reworked organic matter, MO – organic matter contents

zbyt liczny materiał organiczny, zarówno *in situ*, jak i redeponowany, zdominowany przez typ humusowy. Wysoką koncentrację mikroskładników organicznych (>14%) zarejestrowano jedynie w próbce zawierającej wkładki węgliste z głęb. 1632,0 m (Wojszyce IG 1a) (fig. 33A).

W składzie maceralnym materii organicznej podstawowym komponentem jest witrynit (kolotelinit) przy znacznym udziale macerałów liptynit (fig. 33A–H). W grupie tej najliczniej jest reprezentowany sporynit (głównie mikrosporynit), kutynit, bituminit oraz ciała rezynitu fluoryzujące intensywnie w kolorze żółtym i pomarańczowobrunatnym.

Silnie zdyspergowany, nieidentyfikowalny materiał organiczny przemieszany ze składnikami ilastymi tworzy asocjację organiczno-mineralną typu sapropelowego. Występuje ona najczęściej w postaci smug i przeławicew w osadzie.

Powszechnie obserwuje się obecność macerałów grupy inertynitu, zbudowanych z okruchów inertodetrynit, masywnych ciał semifuzynitu, cienkościankowego fuzynitu oraz nielicznych fragmentów sklerocji (fig. 33A, B, D).

Jura środkowa

Wojszyce IG 1a. Wykonano analizę mikroskopową 15 próbek utworów piaszczysto-ilastych z interwału głęb. 780,0–1523,0 m. Zawierają one dość liczny i lokalnie bogaty materiał organiczny stanowiący 0,7–4,0% planimetrycznej powierzchni próbki (średnio 1,1–2,5%). Procentowy udział głównych grup maceralnych zmienia się w granicach: witrynit – 45–77%, średnio 60–65%; inertynit – 2–50%, średnio 10–20% oraz liptynit – 5–35%, średnio 20% (tab. 15).

Tabela 16

**Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w utworach jurajskich
z otworu wiertniczego Wojszyce IG 3**

Microscopical analysis of the organic matter dispersed in the Jurassic deposits from the Wojszyce IG 3 borehole

Stratygrafia	Głębokość [m]	R_o [%]	Zakres pomiarów [%]	Liczba pomiarów	$R_{o\text{ red}}$ [%]	MO [%]	Skład % MO		
							witrynit [%]	inertynit [%]	liptynit [%]
Jura środkowa	746,2	0,46	0,38–0,58	67	0,66–0,75	1,40	57	16	27
	807,0	0,50	0,40–0,63	70	0,78–0,92	1,50	60	18	22
	951,0	0,55	0,42–0,68	95	0,77–1,02	2,70	58	12	30
	1057,0	0,55	0,43–0,73	88	0,80–1,05	2,30	80	6	14
	1173,0	0,58	0,43–0,74	74	0,80–1,04	2,00	65	15	20
	1331,0	0,57	0,44–0,75	69	0,82–0,88	2,80	55	20	25
	1483,0	0,64	0,45–0,80	73	0,87–1,00	2,70	72	18	10
	1530,0	0,65	0,50–0,82	92	0,90–1,05	2,30	66	14	20
Jura dolna	1647,0	0,67	0,52–0,83	90	0,88–1,00	1,40	73	10	17
	1899,0	0,66	0,50–0,84	56	0,90–1,10	0,40	68	9	23

Objaśnienia przy tabeli 15/ For explanations see Table 15

Tabela 17

**Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w utworach jurajskich
z otworu wiertniczego Wojszyce IG 4**

Microscopical analysis of the organic matter dispersed in the Jurassic deposits from the Wojszyce IG 4 borehole

Stratygrafia	Głębokość [m]	R_o [%]	Zakres pomiarów [%]	Liczba pomiarów	$R_{o\text{ red}}$ [%]	MO [%]	Skład % MO		
							witrynit [%]	inertynit [%]	liptynit [%]
Jura środkowa	1047,0	0,62	0,45–0,72	60	0,85–1,14	1,0	55	15	30
	1137,0	0,67	0,50–0,77	58	0,87–1,13	1,1	62	18	20
	1160,0	0,67	0,50–0,77	69	0,82–1,18	1,8	75	6	19
	1223,0	0,71	0,53–0,84	58	0,85–1,23	0,6	68	15	17
	1293,0	0,68	0,50–0,80	66	0,87–1,20	1,1	75	5	20
	1359,0	0,73	0,53–0,88	82	0,90–1,18	1,3	55	25	20
	1420,0	0,72	0,50–0,86	94	0,91–1,15	2,8	63	20	17
	1489,0	0,76	0,55–0,88	100	0,93–1,22	3,1	78	15	7
	1590,0	0,73	0,54–0,90	72	1,00–1,17	1,2	72	18	10
	1622,0	0,75	0,54–0,89	78	0,93–1,21	1,8	67	15	28
	1776,0	0,75	0,55–0,90	96	1,01–1,22	4,9	73	10	17
	1847,0	0,76	0,56–0,92	100	1,04–1,25	6,1	80	10	10
Jura dolna	1930,0	0,76	0,56–0,93	62	0,98–1,26	0,6	65	15	20
	2081,0	0,78	0,57–0,95	70	1,00–1,27	1,1	72	10	18
	2125,0	0,78	0,56–0,94	53	1,02–1,26	0,2	80	10	10

Objaśnienia przy tabeli 15/ For explanations see Table 15

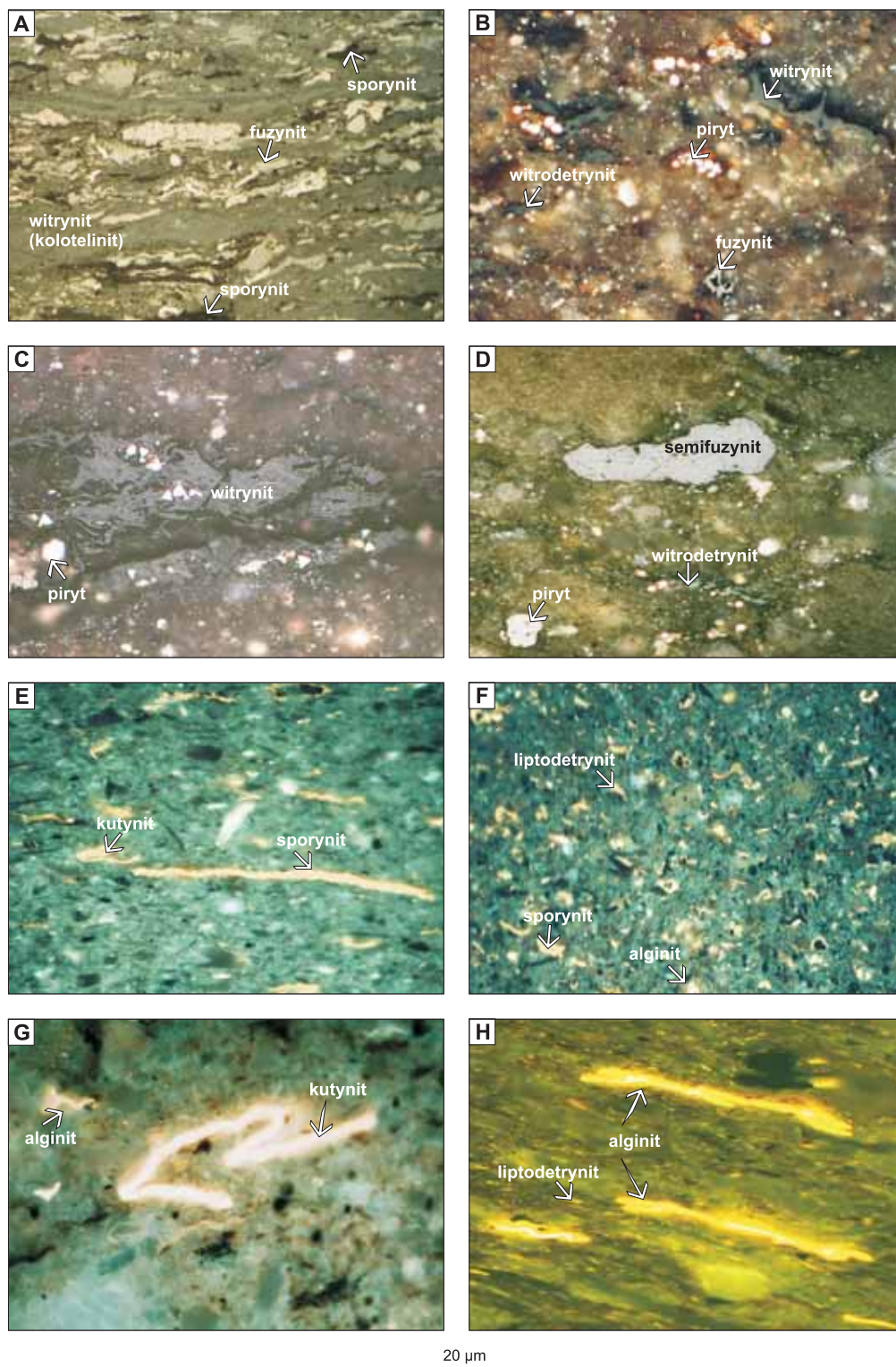


Fig. 33. Materia organiczna w profilu utworów jury dolnej

A – otw. wiert. Wojszyce IG 1a; głęb. 1632,0 m; R_o 0,74%; światło białe, imersja. B – otw. wiert. Wojszyce IG 1a; głęb. 1672,0 m; R_o 0,75%; światło białe, imersja. C – otw. wiert. Wojszyce IG 4; głęb. 2081,0 m; R_o 0,78%; światło białe, imersja. D – otw. wiert. Wojszyce IG 3; głęb. 1899,0 m; R_o 0,66%; światło białe, imersja. E – otw. wiert. Wojszyce IG 4; głęb. 1930,0 m; R_o 0,76%; światło UV, imersja. F – otw. wiert. Wojszyce IG 3; głęb. 1647,0 m; R_o 0,67%; światło UV, imersja. G – otw. wiert. Wojszyce IG 4; głęb. 2125,0 m; R_o 0,78%; światło UV, imersja. H – otw. wiert. Wojszyce IG 3; głęb. 1705,0 m; R_o 0,72%; światło UV, imersja

Organic matter in the profile of the Lower Jurassic deposits

A – Wojszyce IG 1a borehole; depth 1632.0 m; R_o 0.74%; white light, immersion. B – Wojszyce IG 1a borehole; depth 1672.0 m; R_o 0.75%; white light, immersion. C – Wojszyce IG 4; depth 2081.0 m; R_o 0.78%; white light, immersion. D – Wojszyce IG 3 borehole; depth 1899.0 m; R_o 0.66%; white light, immersion. E – Wojszyce IG 4 borehole; depth 1930.0 m; R_o 0.76%; UV light, immersion. F – Wojszyce IG 3 borehole; depth 1647.0 m; R_o 0.67%; UV light, immersion. G – Wojszyce IG 4 borehole; depth 2125.0 m; R_o 0.78%; UV light, immersion. H – Wojszyce IG 3 borehole; depth 1705.0 m; R_o 0.72%; UV light, immersion

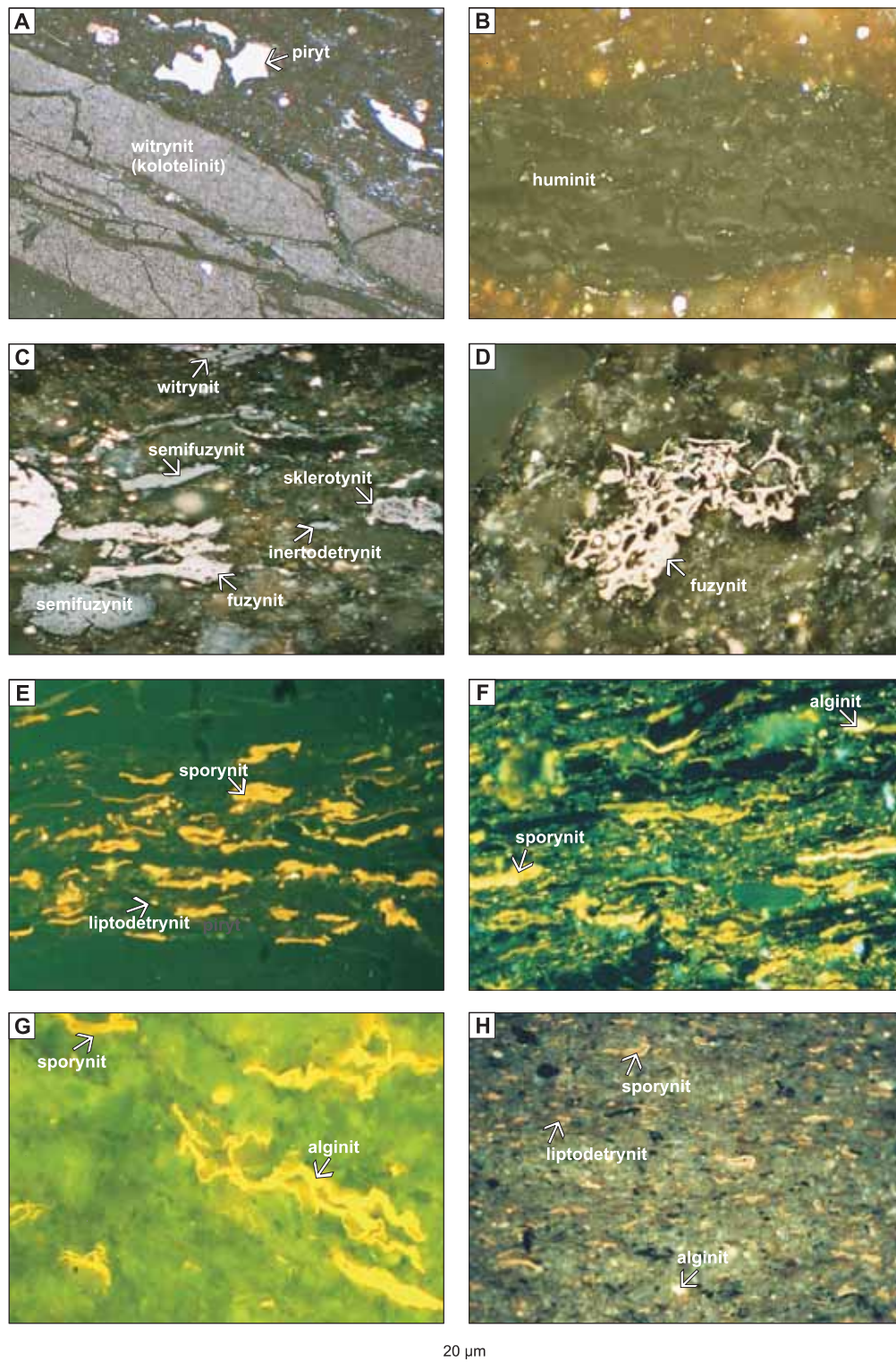


Fig. 34. Materia organiczna w profilu utworów jury środkowej

A – otw. wiert. Wojszyce IG 1a; głęb. 816,0 m; R_o 0,53%; światło białe, imersja. B – otw. wiert. Wojszyce IG 3; głęb. 746,2 m; R_o 0,46%; światło białe, imersja. C – otw. wiert. Wojszyce IG 3; głęb. 1331,0 m; R_o 0,57%; światło białe, imersja. D – otw. wiert. Wojszyce IG 4; głęb. 1359,0 m; R_o 0,73%; światło białe, imersja. E – otw. wiert. Wojszyce IG 4; głęb. 1622,0 m; R_o 0,75%; światło UV, imersja. F – otw. wiert. Wojszyce IG 1a; głęb. 1076,0 m; R_o 0,65%; światło UV, imersja. G – otw. wiert. Wojszyce IG 3; głęb. 951,0 m; R_o 0,55%; światło UV, imersja. H – otw. wiert. Wojszyce IG 3; głęb. 1173,0 m; R_o 0,58%; światło UV, imersja

Organic matter in the profile of the Middle Jurassic deposits

A – Wojszyce IG 1a borehole; depth 816.0 m; R_o 0.53%; white light, immersion. B – Wojszyce IG 3 borehole; depth 746.2 m; R_o 0.46%; white light, immersion. C – Wojszyce IG 3 borehole; depth 1331.0 m; R_o 0.57 white light, immersion. D – Wojszyce IG 4 borehole; depth 1359.0 m; R_o 0.73%; white light, immersion. E – Wojszyce IG 4 borehole; depth 1622.0 m; R_o 0.75%; UV light, immersion. F – Wojszyce IG 1a borehole; depth 1076.0 m; R_o 0.65%; UV light, immersion. G – Wojszyce IG 3 borehole; depth 951.0 m; R_o 0.55%; UV light, immersion. H – Wojszyce IG 3 borehole; depth 1173.0 m; R_o 0.58%; UV light, immersion

Wojszyce IG 3. Przeanalizowano siedem próbek osadów mułowcowo-iłastych oraz jedną piaskowca (głęb. 1530,0 m) z interwału głęb. 746,2–1530,0 m. Zawierają one obfity materiał organiczny stanowiący 1,4–2,8% planimetrowanej powierzchni próbki.

Główny składnik, wityrynit, stanowi 55–80% (średnio 60%) składników organicznych w skale, a współwystępujące z nim macerały grupy liptynitu 10–30% (średnio 20%) oraz inertynitu 6–20% (średnio 15–20%) (tab. 16).

Wojszyce IG 4. Wykonano analizę mikroskopową 12 próbek osadów klastycznych (mułowce i iłowce z niewielkim udziałem piaskowców) z interwału głęb. 1047,0–1847,0 m. Zawierają one dość obfity materiał organiczny o średniej zawartości 1,0–1,8%, przy wartościach skrajnych 0,6–6,1% planimetrowanej powierzchni próbki. Procentowy udział podstawowych składników organicznych nie odbiega od poprzednio omawianych i wynosi dla macerałów grupy wityrynit 55–80%, inertynitu 5–25% oraz liptynitu 7–30% (tab. 17).

Analizowany kompleks utworów jury środkowej jest zbudowany ze skał klastycznych (mułowce, iłowce oraz piaskowce z licznymi wkładkami węglistymi), zawierających generalnie dość obfitą materię organiczną zarówno *in situ*, jak i redeponowaną, zdominowaną przez genetyczny typ humusowy.

Podstawowymi mikrokomponentami organicznymi badanych profili są macerały grupy wityrynit reprezentowanego najczęściej przez homogeniczny kolotelinit, rzadziej telinit z zachowaną w różnym stopniu strukturą komórkową. Światła komórek wypełnione są iłem, pirytem lub rezynitem. Lokalnie (Wojszyce IG 1a i IG 3) występuje huminit zbudowany głównie z żelinitu. Przechodzi on w wityrynit odznaczający się bardzo niską barwą refleksyjną. Zarówno huminit, jak i wityrynit mają postać lamin i soczewek o zmiennej grubości od kilku do kilkuset mikrometrów oraz okruchów, często bardzo silnie zdyspergowanych (fig. 34A–C).

Znaczny udział w budowie organiki typu humusowego mają macerały inertynitu. Reprezentowane są w głównej mierze przez okruchy inertodetrynit oraz cienkościankowego fuzynitu, a także ciała masywnego semifuzynitu ułożone równolegle w masie skalnej (fig. 34C, D).

Analizowane utwory są wyraźnie wzbogacone w macerały grupy liptynitu. W grupie składników lipidowych dominuje alginity oraz rozproszony w osadzie liptodetrynit, obserwuje się również mega- i mikrospory oraz fragmenty kutynitu. Rezynit tworzy najczęściej soczewkowate ciała, a także impregnuje komórki telinitu. Macerały liptynitu wykazują intensywną fluorescencję o barwie żółtej i pomarańczowej (fig. 34E–H).

Ponadto w próbkach z głęb. 1223,0 oraz 1359,0 m (Wojszyce IG 4) występuje podwyższona koncentracja asocjacji organiczno-mineralnej typu sapropelowego, będącej mieszaniną składników mineralnych (głównie iłastych) oraz bardzo drobnych, homogenicznych, nieidentyfikowalnych ciał organicznych (najprawdopodobniej lipidowych).

Dojrzałość termiczna materii organicznej

Dojrzałość termiczna materii organicznej zawartej w analizowanych profilach osadów jurajskich w strefie Wojszyc, z interwału głęb. 746,2–2125,0 m, jest dość niska i odpowiada wczesnej i głównej fazie generowania ropy naftowej (tab. 15–17).

Średnia wartość współczynnika refleksyjności, pomierzona na autogenicznym wityrynie i huminie, zmienia się od 0,46 do 0,78% R_o , wykazując wzrost wartości w profilu pionowym analizowanego kompleksu jurajskiego. Dotyczy to głównie profili utworów jury środkowej. Zależność ta nie jest kontynuowana w utworach jury dolnej (fig. 35).

Badane utwory zawierają znaczną ilość materii organicznej pochodzącej z redepozycji. Charakteryzuje się ona wyraźnie wyższą refleksyjnością przekraczającą nawet 1,0% $R_{o\text{red}}$.

Utwory **jury dolnej** występujące w analizowanych otworach wiertniczych na głęb. 1632,0–2125,0 m wykazują zdolność refleksyjną zmieniającą się w szerokich granicach 0,50–0,95% R_o (pomierzone wartości skrajne), przy wartościach średnich wahających się od 0,66–0,67% R_o (Wojszyce IG 3), 0,72–0,75% R_o (Wojszyce IG 1a) do 0,76–0,78% R_o (otw. Wojszyce IG 4) (fig. 35).

Kompleks osadów **jury środkowej**, leżący na głęb. 746,2–1847,0 m zawiera materię organiczną charakteryzującą się nieco niższym stopniem dojrzałości termicznej od dolnojurajskiej substancji organicznej. Zakres pomiarów zdolności refleksyjnej wityrynit *in situ* zmienia się w zakresie 0,38–0,95% R_o , a wyliczone średnie wartości wahają się od 0,46–0,65% R_o (otw. Wojszyce IG 3), 0,50–0,78% R_o (Wojszyce IG 1a) do 0,62–0,76% R_o (Wojszyce IG 4) (fig. 35).

Uzyskane dane wskazują na stosunkowo niskie maksymalne paleotemperature oddziałujące na analizowane osady jurajskie w czasie ich diagenety, wynoszące od 50 do 90°C (Bostic, 1973; Gaupp, Batten, 1985).

Podsumowanie

Analizowany kompleks utworów jury dolnej i środkowej zawiera dość liczny (>2%), a lokalnie nawet bogaty (3–6%) materiał organiczny. Odnosi się to głównie do osadów jury środkowej z profilu otworu wiertniczego Wojszyce IG 1a oraz spągowych partii jury środkowej z profilu Wojszyce IG 4. Utwory dolnej jury są zdecydowanie uboższe w składniki organiczne. Wyjątek stanowią ich stropowe partie z profilu Wojszyce IG 1a (14,8%).

Skład petrograficzny oraz forma występowania mikrokomponentów organicznych w całym profilu utworów jurajskich jest analogiczna, zdominowana przez genetyczny typ humusowy, którego podstawowymi składnikami są macerały grupy wityrynit przy znacznym współudziale liptynitu i inertynitu.

Z humusem współwystępuje materiał sapropelowy, którego źródłem są najczęściej sinice i algi oraz inne wysoko

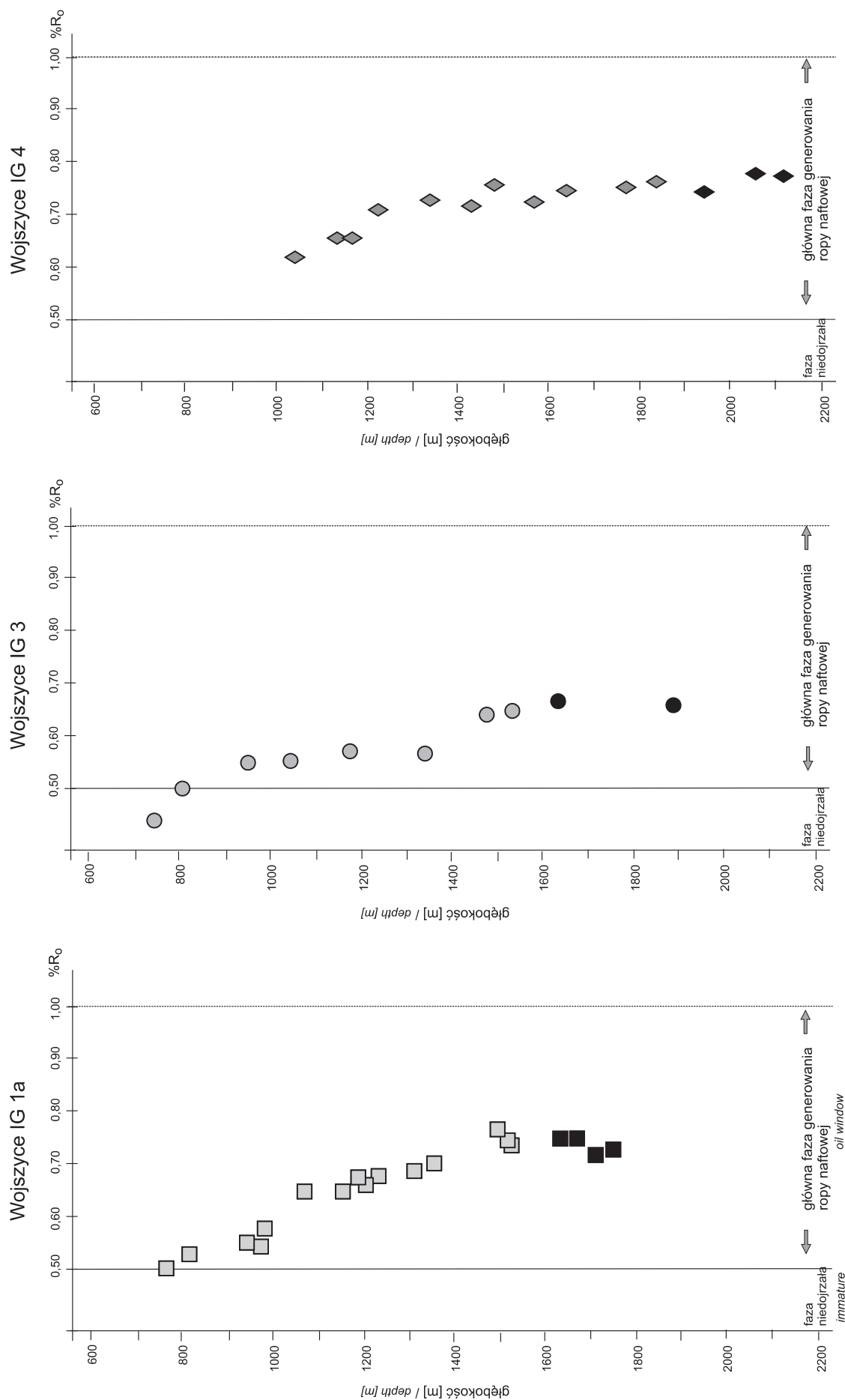


Fig. 35. Zmienność stopnia dojrzałości materii organicznej w profilu utworów jurajskich z otworów wiertniczych Wojczyce IG 1a, IG 3 i IG 4

szare – próbki utworów środkowojurajskich, czarne – próbki utworów dolnojurajskich

Values of vitrinite reflectance index versus depth in the profile of the Jurassic deposits in the Wojczyce IG 1a, IG 3 and IG 4 boreholes

grey – Middle Jurassic samples, black – Lower Jurassic samples

uwodornione składniki lipidowe. Jest on najliczniej reprezentowany w utworach jury środkowej z profilu Wojszyce IG 4.

Analiza zmian dojrzałości termicznej materii organicznej w profilu pionowym kompleksu jurajskiego w strefie Wojszyce wykazuje pewną zależność pomiędzy stopniem przeobrażenia osadów a głębokością ich pograżenia. Odnosi się to głównie do utworów środkowojurajskich. Ta tendencja wzrostowa prawie nie zaznacza się w utworach jury dolnej.

Średnie wartości współczynnika refleksyjności zmieniają się w zakresie 0,46–0,78% R_o , w interwale głęb. 746,2–1847,0 m (jura środkowa) oraz 0,66–0,78% R_o na głęb. 1632,0–2125,0 m (jura dolna).

Pomierzone wartości refleksyjne wskazują stadium generowania węglowodorów odpowiadające wczesnej (stropowe partie utworów jury środkowej z profili Wojszyce IG 1a i IG 3) oraz głównej fazie generowania ropy naftowej (pozostałe analizowane poziomy utworów jurajskich).

Powyższe dane pozwalają ocenić wielkość maksymalnych paleotemperatur oddziałujących na badany kompleks osadów w czasie ich diagenetyzacji oraz w okresie postdiagenetycznym. Wartości te wynosiły najprawdopodobniej 50–90°C.

Z analizy danych wynika, że zarówno ze względu na zawartość, typ genetyczny oraz dojrzałość termiczną materii organicznej można uznać utwory jury środkowej za dobre skały macierzyste do generowania ropy naftowej.

Ewa KLIMUSZKO, Zofia RZEPKOWSKA

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA BADANYCH UTWORÓW

WSTĘP

W profilach otworów wiertniczych Wojszyce IG 1a, IG 3 i IG 4 badania geochemiczne materii organicznej przeprowadzono dla utworów jury dolnej, środkowej i górnej.

Wykonano oznaczenia zawartości węgla organicznego, ilościowe oznaczenia bituminów, podział na frakcje w wydzielonych bituminach (węglowodory nasycone, aromatyczne, asfalteny i żywice), a także oznaczenie potencjału oksydacyjno-redukcyjnego skały (Eh). Szczegółowe badania frakcji

węglowodorów nasyconych, czyli oznaczenie zawartości poszczególnych n-alkanów i węglowodorów izoprenoidowych, przeprowadzono dla wytypowanych próbek z badanych utworów. Wstępnie badania omówiono w dokumentacjach wynikowych otworów wiertniczych Wojszyce IG 1a (Rzepkowska, Klimuszko, 1989), Wojszyce IG 3 (Rzepkowska, 1991) i Wojszyce IG 4 (Rzepkowska, 1990).

OTWÓR WIERTNICZY WOJSZYCE IG 1a

Ilość oznaczonej materii organicznej

Materia organiczna w utworach dolnej jury zawiera małą ilość węgla organicznego i bituminów (tab. 18, fig. 36). Udział węglowodorów w bituminach w tych utworach jest niewielki, natomiast duży jest udział produktów ciężkich (asfaltenów i żywicy) (fig. 37). W masie węglowodorów dominują węglowodory nasycone nad aromatycznymi (tab. 18, fig. 38). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego określa środowisko sedymentacji jako słabo redukcyjne, jego wartość waha się od 624 do 646 mV (wartość graniczna 670 mV). Wartość współczynnika migracji wskazuje, że bituminy występujące w tych utworach są syngenetyczne (tab. 18) (Gondek 1980).

W utworach środkowej jury zawartość węgla organicznego jest wysoka, a w interwale głęb. 1373,0–1361,0 m jest bardzo wysoka (12,7–10,7%) (tab. 18, fig. 36). Najmniejsza ilość węgla organicznego występuje w spągu i stropie pionowego profilu utworów, a ta ilość określa je jako „biedne” i „słabe” skały macierzyste dla generowania węglowodorów. Utwory centralnej partii profilu są „dobrymi” lub „bardzo dobrymi” skałami macierzystymi. Ilość bituminów w tych utworach jest także bardzo zróżnicowana. Maksymalna ilość bituminów została wydzielona z piaskowców zalegających w naj-

niższej części profilu (głęb. 1563,0 m). Bituminy te charakteryzują się wysokim współczynnikiem migracji, czyli są epigenetyczne z osadem (tab. 18). W próbkach ze środkowej części profilu jury środkowej występuje wysoka zawartość składników labilnych, która się zmniejsza ku stropowi. W bituminach zróżnicowana, ale generalnie niska jest zawartość węglowodorów, która waha się od 8 do 38% (tab. 18). Wysoka jest natomiast zawartość żywicy i asfaltenów (62–92%). Zróżnicowany jest również stosunek ilości węglowodorów nasyconych do aromatycznych w całej masie węglowodorów. Węglowodory aromatyczne przeważają nad węglowodorami nasyconymi (fig. 37). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego określa środowisko sedymentacji jako słabo redukcyjne, jedynie w najwyższej części tych utworów wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego sugeruje zmianę środowiska na silnie redukcyjne (tab. 18). Wartość współczynnika migracji wskazuje, że bituminy występujące w tych utworach są syngenetyczne, wyjątkiem są składniki labilne ze spągu utworów, które są epigenetyczne, co było już wcześniej omówione (tab. 18).

Zawartość węgla organicznego w spągu utworów jury górnej wynosi 0,10–0,20%, w górnych partiach jest ona śladowa (tab. 18). Oznaczona zawartość węgla organicznego określa utwory węglanowe jury górnej jako „biedne” i „słabe”

Tabela 18

Dane geochemiczne z materii organicznej z otworu wiertniczego Wojszyce IG 1a

Geochemical data for the organic matter from Wojszyce IG 1a borehole

Głębokość [m]	Stratygrafia	Litologia	Zawartość bituminów [%]	Zawartość Corg. [%]	Eh [mV]	Zawartość węglowodorów w bituminach [%]	Zawartość węglowodorów w skale [%]	Zawartość węglowodorów nasyt. w bitumin. [%]	Zawartość węglowodorów arom. w bitumin. [%]	Zawartość żywic i asfaltów [%]	Współczynnik migracji
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
545,0	J ₃	dol	0,010	0,01	630	12	0,001	7	5	88	0,100
583,9		dol	0,005	0,01	636	20	0,001	14	6	80	0,100
638,0		dol	0,034	0,20	624	10	0,003	4	6	90	0,015
669,0		mrl	0,006	0,10	616	14	0,001	9	5	86	0,010
700,5	J ₂	psc	0,043	0,30	612	21	0,009	10	11	79	0,030
709,5		psc	0,012	0,20	598	16	0,002	11	5	84	0,010
741,5		psc+ilc	0,013	1,00	630	34	0,004	21	13	66	0,004
779,0		psc+ilc	0,039	0,90	666	28	0,011	22	16	72	0,012
816,0		mlc	0,046	2,80	652	17	0,008	6	11	83	0,003
862,0		mlc	0,022	0,40	662						
879,0		psc+ilc	0,024	0,40	652	8	0,002	5	3	92	0,005
892,0		psc+ilc	0,027	1,10	640	24	0,006	11	13	76	0,005
930,0		psc	0,018	0,20	616	17	0,003	12	5	83	0,015
939,0		psc+ilc	0,009	0,40	608	38	0,003	25	13	62	0,008
970,0		psc	0,009	0,80	688	19	0,002	12	7	81	0,002
978,5		psc+ilc	0,064	1,60	642	18	0,012	6	12	82	0,008
986,0		psc+ml	0,006	0,90	640	25	0,002	12	13	75	0,002
996,0		mlc	0,017	1,50	624	32	0,005	14	18	68	0,003
1002,0		mlc	0,026	1,10	636	26	0,007	11	15	74	0,006
1008,2		mlc	0,081	2,10	644	21	0,017	7	14	79	0,008
1019,5		mlc	0,054	2,30	646	30	0,016	9	21	70	0,007
1025,0		mlc	0,005	2,10	636	12	0,001	5	7	88	0,0004
1070,0		mlc	0,004	2,70	640	28	0,001	17	11	72	0,0004
1076,0		mlc	0,046	2,70	638	29	0,013	17	12	71	0,005
1112,0		mlc	0,048	3,10	646	28	0,013	9	19	72	0,004
1118,0		mlc	0,077	3,10	636	17	0,013	5	12	83	0,004
1161,0		mlc	0,042	3,00	638	22	0,009	12	10	78	0,003
1190,0		mlc	0,065	4,20	632	25	0,016	8	17	75	0,004
1196,0		mlc	0,043	3,70	650	22	0,009	6	16	78	0,002
1204,0		mlc	0,072	2,40	628	19	0,014	5	14	81	0,006

Tabela 18 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1211,0	J ₂	ilc	0,062	4,10	636	18	0,011	6	12	82	0,003
1217,0		ilc	0,053	2,50	622	19	0,010	6	13	81	0,004
1223,0		ilc	0,049	2,00	630	21	0,010	7	14	79	0,005
1228,5		ilc	0,026	0,90	650	23	0,006	10	13	77	0,007
1258,0		ilc	0,031	1,60	618	22	0,007	6	16	78	0,004
1305,0		ilc	0,032	2,30	626	26	0,008	8	18	74	0,003
1311,0		ilc	0,056	2,40	614	25	0,014	8	17	75	0,006
1351,0		ilc	0,242	6,70	640	12	0,029	2	10	88	0,004
1361,0		ilc	0,273	10,70	630						
1367,0		ilc	0,274	11,00	634						
1373,0		ilc	0,316	12,70	636						
1379,0		ilc	0,201	9,40	626						
1430,0		ilc	0,092	5,30	624	23	0,021	3	20	77	0,004
1435,0		ilc	0,071	5,60	626	28	0,020	14	14	72	0,004
1490,0		mlc		3,90	658						
1495,0		psc	0,164	6,40	654						
1515,0		psc	0,345	3,30	660						
1521,0		psc	0,277	1,90	672	10	0,028	2	8	90	0,015
1533,0		psc	0,055	0,50	658	12	0,007	3	9	88	0,014
1557,0		psc	0,125	1,30	656	16	0,020	6	10	84	0,015
1563,0		psc	1,351	0,40	650	15	0,203	7	8	85	0,508
1630,0	J ₁	psc	0,022	0,20	636	36	0,008	25	11	64	0,040
1638,0		psc+wkl.w	0,026	0,30	646	20	0,005	12	8	80	0,017
1668,0		wap	0,015	0,30	644						
1709,0		psc	0,031	0,30	646	35	0,001	23	12	65	0,003
1728,0		psc	0,008	0,30	646						
1754,0		psc	0,012	0,20	624	29	0,003	19	10	71	0,015
1758,0		psc	0,026	0,20	640	13	0,003	9	4	87	0,015
1764,0		psc+wkl.w	0,013	0,20	646	10	0,001	5	5	90	0,005

Stratygrafia: J₁ – jura dolna, J₂ – jura środkowa, J₃ – jura górna; **litologia:** psc – piaskowiec, mlc – mułowiec, ilc – iłowiec, psc+ml – piaskowiec i mułowiec, psc+ilc – piaskowiec + iłowiec, psc+wkl. w – piaskowiec i wkładka węglowa, wap – wapień, dol – dolomit, mrl – margiel

Stratigraphy: J₁ – Lower Jurassic, J₂ – Middle Jurassic, J₃ – Upper Jurassic; **lithology:** psc – sandstone, mlc – mudstone, ilc – claystone, psc+ml – sandstone + mudstone, psc+ilc – sandstone + claystone, psc+wkl. w – sandstone and shed coal, wap – limestone, dol – dolomite, mrl – marl

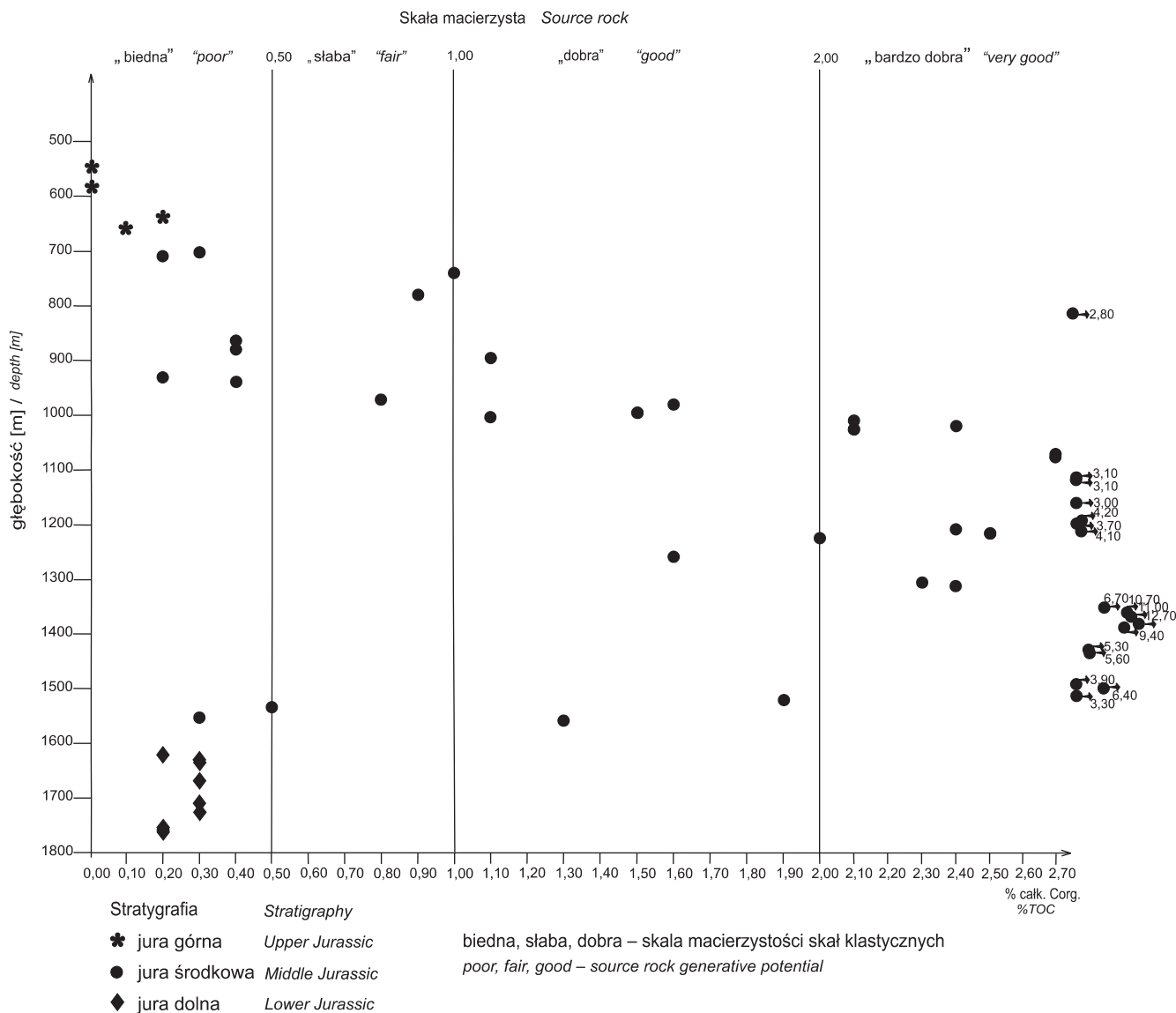


Fig. 36. Zawartość procentowa węgla organicznego w utworach jury w zależności od głębokości w otworze wiertniczym Wojszyce IG 1a (ocena macierzystości skał wg Petersa, 1986)

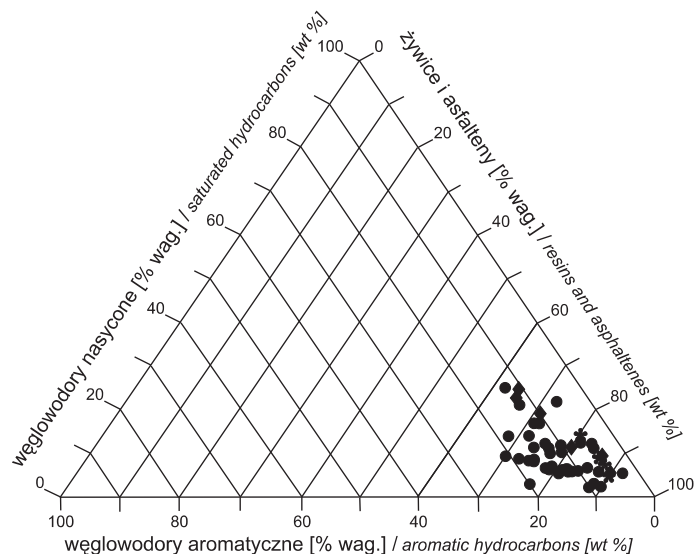
TOC [%] content in Jurassic deposits versus depth in the Wojszyce IG 1a borehole
(assessment of quality source rocks after Peters, 1986)

skały macierzyste do generowania węglowodorów (tab. 18, fig. 36). Ilość bituminów wydzielonych z tych skał jest mała, podwyższona jest tylko ich zawartość w utworach z głęb. 638,0 m (tab. 18). Udział węglowodorów w bituminach jest niewielki, waha się od 10 do 20%, natomiast znaczny jest udział żywic i asfaltenów (86–90%) (tab. 18, fig. 37). W składzie węglowodorów ilościowo dominują węglowodory nasycone nad aromatycznymi, wyjątkiem jest próbka o podwyższonej zawartości bituminów, w której stosunek węglowodorów jest odwrotny, czyli węglowodory aromatyczne są w przewadze nad nasyconymi (tab. 18, fig. 37). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego oznaczonego w osadach generalnie określa środowisko jako redukcyjne (tab. 18).

Niewielka ilość składników labilnych w stropie utworów jest epigenetyczna z osadem (tab. 18).

Środowisko depozycji materii organicznej, jej typ genetyczny i stopień dojrzałości

Analiza n-alkanów wykazała, że materia organiczna występująca w utworach jury dolnej zawiera związki o krótkich łańcuchach węglowych, głównie n-C₁₇, n-C₁₈ i n-C₁₆, co sugeruje, że głównym materiałem wyjściowym były algi i bakterie (Maliński, Witkowski, 1988). W górnych partiach utworów występuje także w dużej ilości n-C₁₉ pochodzący z rozkładu alg, który sugeruje niższy stopień przeobrażenia materii orga-



Stratygrafia	Stratigraphy
★ jura górna	Upper Jurassic
● jura środkowa	Middle Jurassic
◆ jura dolna	Lower Jurassic

Fig. 37. Diagram trójkątny składu grupowego bituminów z utworów górnej, środkowej i dolnej jury w otworze wiertniczym Wojszyce IG 1a

Triangular diagram showing proportions of the fractions of saturated hydrocarbons, aromatics hydrocarbons and asphaltenes or resins in the bitumens extracted from the Upper, Middle and Lower Jurassic deposits in Wojszyce IG 1a borehole

nicznej niż materia w utworach podległych (Tissot, Welte, 1978). Jednocześnie pozostałe oznaczone związki występują w ilościach śladowych, co może sugerować, że w tych utworach miało miejsce zjawisko biodegradacji (fig. 38A). Materia organiczna w utworach jury dolnej jest dobrze przeobrażona, co określa wartość wskaźników CPI_{Tot} i CPI_{17-23} (tab. 19). Wysoki stopień przeobrażenia i jednocześnie wysoka wartość współczynnika migracji, którymi charakteryzują się te związki, może sugerować, że są one epigenetyczne.

Stosunek węglowodórów izoprenoidowych pristanu i fitanu (Pr/Ph) sugeruje, że warunki środowiska były zmienne. Materia organiczna pochodząca z najniższej pobranej próbki tworzyła się w środowisku redukcyjnym, co przedstawiają wartości Pr/Ph, natomiast materia organiczna z górnych partii osadzała się w środowisku utleniającym (Didyk i in., 1978) (tab. 19). Znaczna ilość pristanu obecna w ogólnej masie węglowodórów izoprenoidowych, która sugeruje, że w stropie profilu w basenie sedymentacyjnym panowały bardzo silnie utleniające warunki środowiska, powinna być tłumaczona dodatkowym źródłem pochodzenia pristanu, gdyż badania potencjału red-oks nie wykazały tak silnych warunków utleniających. Należy więc przypuszczać, że znaczna ilość pristanu wydzielona z danej materii organicznej tworzyła się nie tylko z podstawowego materiału wyjściowego, którym dla powstawania węglowodórów izoprenoidowych są chlorofil i lipidy z rozkładu bakterii. Źródłem znacznej ilości pristanu w materii organicznej może być również obecność w osadzie tokoferoli, związków organicznych syntetyzowanych przez rośliny (Goossens i in., 1984). Możliwość pochodzenia pristanu z dwóch różnych źródeł utrudnia interpretację warunków osadzania się pierwotnej materii organicznej.

Wartości współczynników CPI_{25-31} jest niemożliwa do wyliczenia lub uległa zniekształceniu w wyniku procesów biodegradacji, która jak zostało to już zasugerowane, miała miejsce w tych osadach.

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych ze spągu utworów jury środkowej ma nietypowy przebieg. Maksymalną zawartość w oznaczonej dystrybucji osiąga n-alkan C_{20} pochodzący

z rozkładu bakterii (fig. 38C) lub n-alkan C_{19} łączony z rozpadem alg (fig. 38D). Pozostałe n-alkany występują w mniejszej ilości, stwierdzona została obecność n-alkanu C_{22} pochodzącego z rozkładu szczątków sinic (Maliński, Witkowski, 1988).

Wartość współczynnika CPI wskazuje, że materia organiczna obecna w utworach z głęb. 1563,0–1557,0 m jest słabo przeobrażona (tab. 19).

Oznaczone n-alkany pochodzące z wyższych partii utworów jury środkowej, z głęb. 1305,0 m, zawierają 22, 18, 16 węglowe łańcuchy, co sugeruje ich pochodzenie z rozpadu bakterii i podobieństwo ze związkami z utworów podległych. Nie stwierdzono w tym przypadku zjawiska biodegradacji, gdyż pozostałe n-alkany występują w znacznej ilości (fig. 38E).

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych z centralnej części utworów środkowej jury (głęb. 996,0–1217,0 m) wykazuje obecność związków o krótkich i długich łańcuchach węglowych. Sugeruje to współwystępowanie materii organicznej typu sapropelowego i humusowego (fig. 38F–K).

Wartość wskaźnika CPI_{Tot} , jak również CPI_{17-23} i CPI_{25-31} wskazuje, że materia organiczna jest słabo przeobrażona (tab. 19).

W wyższej części utworów jury środkowej (głęb. 986,0 i 779,0 m), dystrybucja n-alkanów wykazuje, że w materii organicznej są obecne w dużej ilości związki C_{19} pochodzące z rozkładu alg, jak również związki zawierające 22, 24 węgle w cząsteczce, pochodzące z rozkładu sinic (fig. 38L, N). W niektórych warstwach tych utworów (głęb. 996,0; 939,0 i 892,0 m) oprócz związków łączonych z materialem typu sapropelowego, występuje również n-alkan C_{25} pochodzący z rozkładu roślin wyższych (fig. 38K, Ł, M). Obecność tego związku świadczy o tym, że materiał humusowy jest dobrze przeobrażony. Współwystępowanie słabo przeobrażonego materiału sapropelowego z przeobrażonym materiałem humusowym sugeruje, że ten ostatni jest allochtoniczny.

W części najwyższej profilu utworów (głęb. 741,5 i 709,5 m) dystrybucja n-alkanów często ma nietypowy skład, z dominującą ilością jednego lub dwóch składników

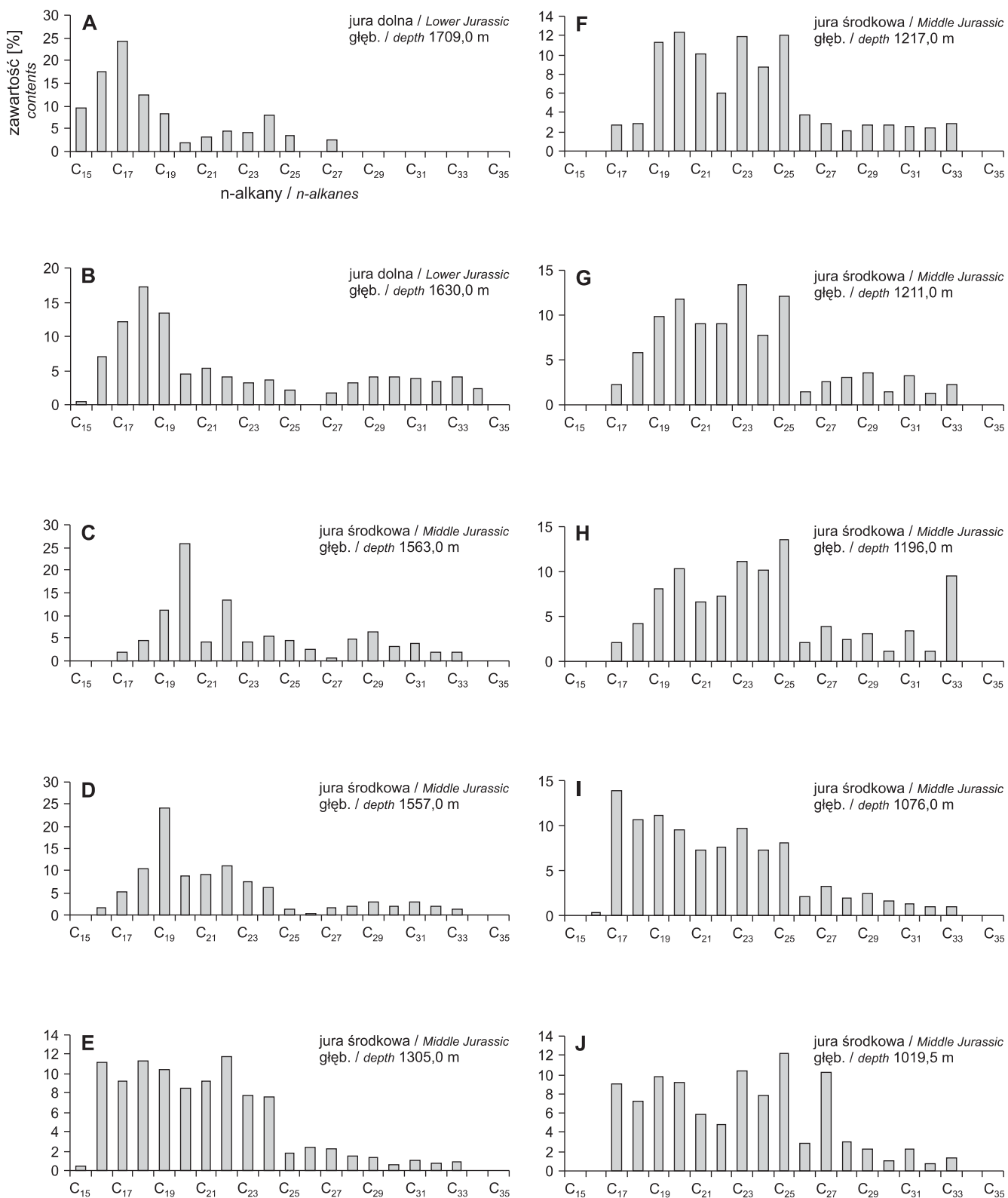
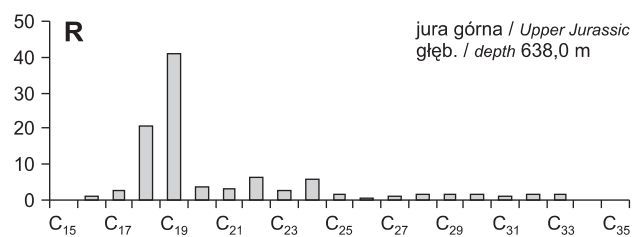
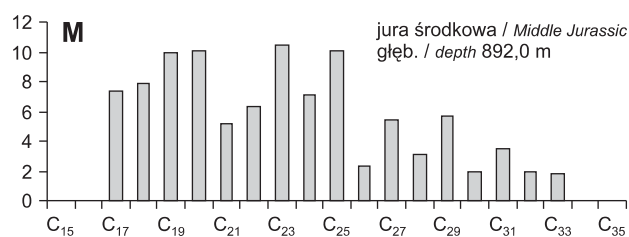
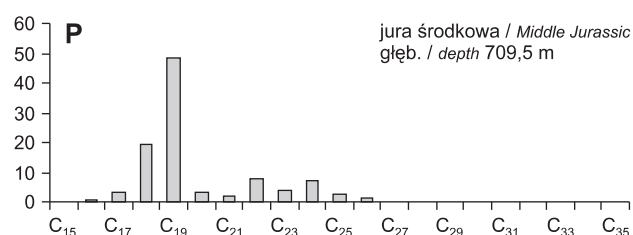
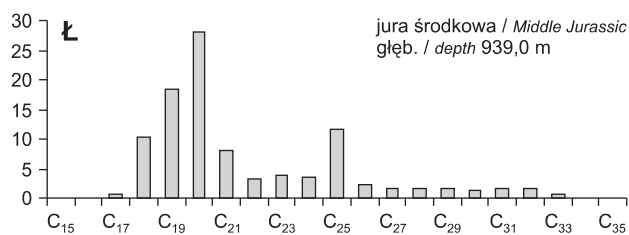
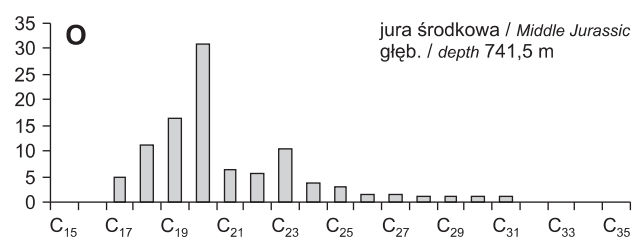
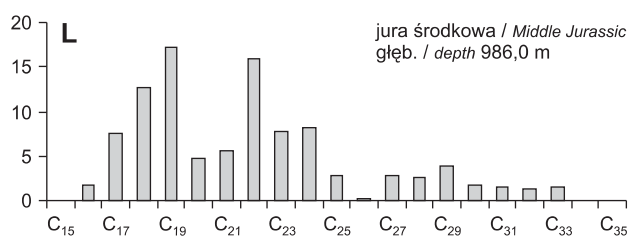
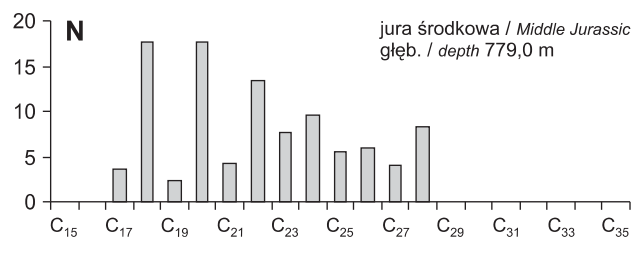
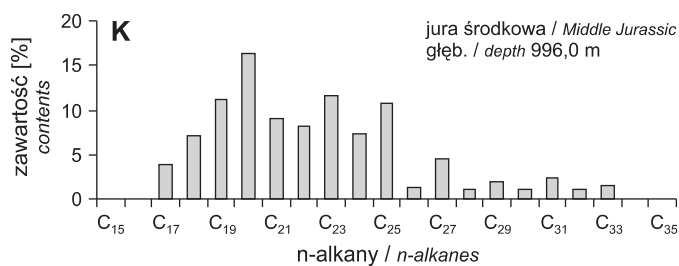


Fig. 38. Dystrybucja n-alkanów w utworach jury

Distribution of n-alkanes in the Jurassic deposits in



z otworu wiertniczego Wojszyce IG 1a

the Wojszyce IG 1a borehole

Tabela 19

Wskaźniki geochemiczne dla bituminów z utworów jury z otworu wiertniczego Wojszyce IG 1a

Geochemical indices for bitumens from Jurassic deposits in the Wojszyce IG 1a borehole

Głębokość pobrania próbki [m]	Stratygrafia	Pr/Ph	CPI _{Tot}	CPI ₁₇₋₂₃	CPI ₂₅₋₃₁	n-C _{max}
638,0	J ₃	3,12	1,31	1,51	1,05	C ₁₉
709,5	J ₂	n. oz.	1,48	1,75	1,00	C ₁₉
741,5		n. oz.	0,76	0,64	1,15	C ₁₉
779,0		1,12	0,35	0,25	0,48	C ₁₈ , C ₂₀
892,0		n. oz.	1,35	0,98	2,45	C ₂₃ , C ₂₀ , C ₂₅
939,0		5,55	0,92	0,69	1,98	C ₂₀
986,0		n. oz.	0,97	0,91	1,96	C ₁₉ , C ₂₂
996,0		12,5	1,23	0,88	3,79	C ₂₀
1019,5		3,70	1,57	1,19	2,86	C ₂₅
1076,0		n. oz.	1,20	1,08	1,82	C ₁₇
1196,0		n. oz.	1,30	0,97	2,75	C ₂₅
1211,0		n. oz.	1,32	1,00	2,31	C ₂₅ , C ₂₀
1217,0		n. oz.	1,39	1,35	1,51	C ₂₀ , C ₂₅ , C ₂₃
1305,0		2,70	0,87	0,89	1,11	C ₂₂ , C ₁₈ , C ₁₆
1557,0		n. oz.	1,25	1,31	1,65	C ₁₉
1563,0		b.d.	0,56	0,42	1,03	C ₂₀
1630,0	J ₁	1,20	1,03	1,02	1,21	C ₁₈
1709,0		0,32	1,25	1,35		C ₂₃

Stratygrafia: J₁ – jura dolna, J₂ – jura środkowa, J₃ – jura górna

Pr/Ph – stosunek zawartości węglowodoru izoprenoidowego pristanu (Pr) do węglowodoru izoprenoidowego fitanu (Ph) w badanej próbce;

CPI_{Tot} – wartość współczynnika CPI (*Carbon Preference Index*), wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 17 do 31 węgli w cząsteczce (wg Kotarby i in., 1994):

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

CPI₁₇₋₂₃ – wartość współczynnika CPI, wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 17 do 23 węgli w cząsteczce (wg Kotarby i in., 1994):

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

CPI₂₅₋₃₁ – wartość współczynnika CPI, wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 25 do 31 węgli w cząsteczce (wg Kotarby i in., 1994):

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

n-C_{max} – n-alkan, którego zawartość jest największa w całej masie oznaczonych n-alkanów w badanej próbce; b.d. – brak danych; n. oz. – nie oznaczono**Stratigraphy:** J₁ – Lower Jurassic, J₂ – Middle Jurassic, J₃ – Upper Jurassic

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

CPI_{Tot} – the value of coefficient CPI (*Carbon Preference Index*) for the n-alkanes C₁₇–C₃₁ (after Kotarba *et al.*, 1994):

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

CPI₁₇₋₂₃ – CPI coefficient value for the n-alkanes C₁₇–C₂₃ (after Kotarba *et al.*, 1994): $CPI_{17-23} = \frac{(C_{17} + C_{19} + C_{21}) + (C_{19} + C_{21} + C_{23})}{2 \cdot (C_{18} + C_{20} + C_{22})};$ **CPI₂₅₋₃₁** – CPI coefficient value for the n-alkanes C₂₅–C₃₁ (after Kotarba *et al.*, 1994): $CPI_{25-31} = \frac{(C_{25} + C_{27} + C_{29}) + (C_{27} + C_{29} + C_{31})}{2 \cdot (C_{26} + C_{28} + C_{30})};$ **n-C_{max}** – n-alkane maximum contents; b.d. – no data; n. oz. – not determined

(fig. 38O, P). Może to być związane z biodegradacją materii organicznej, podobnie jak przypadku materii organicznej z utworów jury dolnej.

Stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu i fitanu (Pr/Ph) sugeruje, że warunki środowiska były utleniające (tab. 19).

Wartość wskaźnika CPI_{Tot} , jak również CPI_{17-23} i CPI_{25-31} jest bardzo zróżnicowana w badanych próbkach, ze względu na występujący w nich różnorodny typ genetyczny materiału organicznego. Uniemożliwia to wykorzystanie tych wskaźników do jednoznacznego określenia stopnia przeobrażenia.

Można jednak sądzić, analizując przebieg krzywych dystrybucji n-alkanów, że materia organiczna z utworów jury środkowej ogólnie jest słabo przeobrażona.

W utworach jury górnej (głęb. 638,0 m) w dystrybucji n-alkanów głównie występują $n-C_{19}$ i $n-C_{18}$, charakterystyczne dla słabo przeobrażonej materii organicznej pochodzącej z rozkładu alg i bakterii. Pozostałe n-alkany są obecne w śladowej ilości (fig. 38R).

Wartości wskaźnika CPI_{Tot} , jak również CPI_{17-23} i CPI_{25-31} wskazują na słaby stopień przeobrażenia materii organicznej w tych utworach.

OTWÓR WIERTNICZY WOJSZYCE IG 3

Ilość oznaczonej materii organicznej

Materia organiczna w utworach jury dolnej zawiera niewielką ilość węgla organicznego, jedynie w górnym odcinku tych utworów zawartość ta jest znacznie wyższa – osiąga 1,5% (tab. 20, fig. 39). Zawartość bituminów w tych utworach jest zróżnicowana, waha się od 0,008 do 0,089%. Udział węglowodorów w wydzielonych bituminach jest również zróżnicowany, ale ogólnie niewielki (10–37%), natomiast duży jest udział produktów ciężkich (żywice i asfalteny – 63,0–90,0%) (fig. 40). W masie węglowodorów dominują węglowodory nasycone nad aromatycznymi, można zaobserwować, że w podwyższonej zawartości bituminów węglowodory aromatyczne przeważają procentowo nad węglowodorami nasy-

conymi (tab. 20, fig. 40). Bituminy występujące w większej ilości mają wysoki współczynnik migracji, co sugeruje epigenetyczny charakter tych związków (tab. 20) (Gondek, 1980). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego określa środowisko sedymentacji na silnie redukcyjne jego wartość waha się od 568 do 606 mV (tab. 20).

W utworach jury środkowej zawartość węgla organicznego jest wysoka (tab. 20, fig. 39). Najmniejsza ilość węgla organicznego występuje w spagu i stropie profilu pionowego; górne partie profilu utworów są uznawane jako „biedne” i „słabe” skały macierzyste do generowania węglowodorów, dolne partie za „słabe” i „dobre”. Centralna partia utworów to „dobre” lub „bardzo dobre” skały macierzyste. Ilość bituminów w tych utworach jest także bardzo zróżnicowana. Maksy-

Tabela 20

Dane geochemiczne z materii organicznej z otworu wiertniczego Wojszyce IG 3

Geochemical data for the organic matter from Wojszyce IG 3 borehole

Głębokość [m]	Stratigrafia	Litologia	Zawartość bituminów [%]	Zawartość Corg. [%]	Eh [mV]	Zawartość węglowodorów w bituminach [%]	Zawartość węglowodorów w skale [%]	Zawartość węglowodorów nasyc. w bitumin. [%]	Zawartość węglowodorów arom. w bitumin. [%]	Zawartość żywicy i asfaltenów [%]	Współczynnik migracji
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
454,0	J ₃	wap	0,029	0,01	622	11	0,003	1	10	89	0,300
484,0	J ₂	wap	0,026	0,30	596	6	0,002	0,3	5,7	94	0,007
513,0		psc	0,005	0,70	592	15	0,001	2	13	85	0,001
530,0		psc	0,016	0,70	668	26	0,004	11	15	74	0,006
545,0		wap	0,007	1,00	576	6	0,001	1	5	94	0,001
552,0		psc	0,010	1,20	624	24	0,002	12	12	76	0,002
564,0		psc	0,004	1,10	632	25	0,001	16	9	75	0,0009
581,0		psc	0,016	1,10	656	48	0,008	19	29	52	0,007
595,0		psc	0,018	1,20	612	14	0,003	5	9	86	0,0025
620,0		mlc	0,013	1,40	612	26	0,003	11	15	74	0,002
642,0		mlc	0,047	1,30	672	10	0,005	3	7	90	0,004

Tabela 20 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
655,0	J ₂	psc+ilc	0,016	1,40	668						
711,0		ilc	0,035	1,30	632	14	0,005	6	8	86	0,004
718,0		mlc	0,009	1,50	632	37	0,003	20	17	63	0,002
728,0		ilc		1,60	670						
746,0		mlc	0,038	1,20	606	11	0,004	4	7	89	0,003
764,5		psc	0,011	2,60	668	21	0,002	8	13	79	0,0008
807,5		mlc	0,025	1,20	646	21	0,005	8	13	79	0,004
830,0		psc	0,003	0,01	640	47	0,001	26	21	53	0,100
842,0		psc+ilc		1,40	648						
863,0		mlc	0,038	2,00	632	22	0,008	11	11	78	0,004
875,0		psc		0,70	553						
898,0		ilc	0,036	1,40	520	27	0,010	5	22	73	0,007
951,0		ilc	0,047	2,40	556	22	0,001	9	13	78	0,0004
1005,0		ilc	0,072	2,30	576	16	0,012	4	12	84	0,005
1057,0		ilc	0,050	2,00	590	18	0,010	6	12	82	0,005
1103,0		ilc	0,056	1,30	570	24	0,013	7	17	76	0,010
1115,0		ilc	0,051	1,90	586	22	0,011	7	15	78	0,006
1135,0		ilc	0,018	2,30	578	27	0,005	8	19	73	0,002
1155,0		ilc	0,038	2,10	598	24	0,009	6	18	76	0,004
1173,0		ilc	0,013	1,80	580	32	0,004	9	23	68	0,002
1187,0		mlc	0,042	1,90	586	14	0,008	5	14	86	0,004
1210,0		mlc	0,056	2,10	602	19	0,010	5	14	81	0,005
1252,5		mlc	0,074	2,20	604	19	0,014	5	14	81	0,006
1290,0		mlc	0,054	2,10	616	26	0,014	6	20	74	0,007
1344,0		mlc	0,046	2,70	594	17	0,008	4	13	83	0,003
1350,0		mlc	0,057	4,40	590	18	0,010	4	14	82	0,002
1400,0		mlc	0,064	3,00	592	24	0,015	4	20	76	0,005
1437,0		mlc	0,115	3,50	608	23	0,027	3	20	77	0,008
1452,0		mlc	0,147	3,60	602	27	0,040	15	12	73	0,011
1469,0		mlc	0,223	5,50	606	15	0,033	4	11	85	0,006
1483,0		ilc	0,243	2,60	596	26	0,063	3	23	74	0,024
1497,0		psc	0,050	0,80	658	18	0,009	3	15	82	0,011
1521,0		psc	0,215	1,30	646	7	0,015	0,2	6,8	93	0,011
1538,0		psc	0,064	1,10	636	13	0,008	3	10	87	0,007
1567,0		psc	0,131	1,60	612	12	0,016	2	10	88	0,010
1637,0	J ₁	psc	0,050	1,50	604	19	0,010	10	9	81	0,007
1703,0		psc	0,089	0,20	606	23	0,022	7	16	77	0,110

Tabela 20 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1746,0	J ₁	psc	0,013	0,30	590	37	0,005	24	13	63	0,017
1805,0		psc	0,015	0,01	586	37	0,006	28	9	63	0,600
1847,0		psc	0,020	0,20	588	10	0,002	6	4	90	0,010
1899,0		mlc	0,036	0,20	568	18	0,006	8	10	82	0,030
1931,0		mlc	0,008	0,10	574	19	0,002	11	8	81	0,020

Objaśnienia przy tabeli 18/ For explanations see Table 18

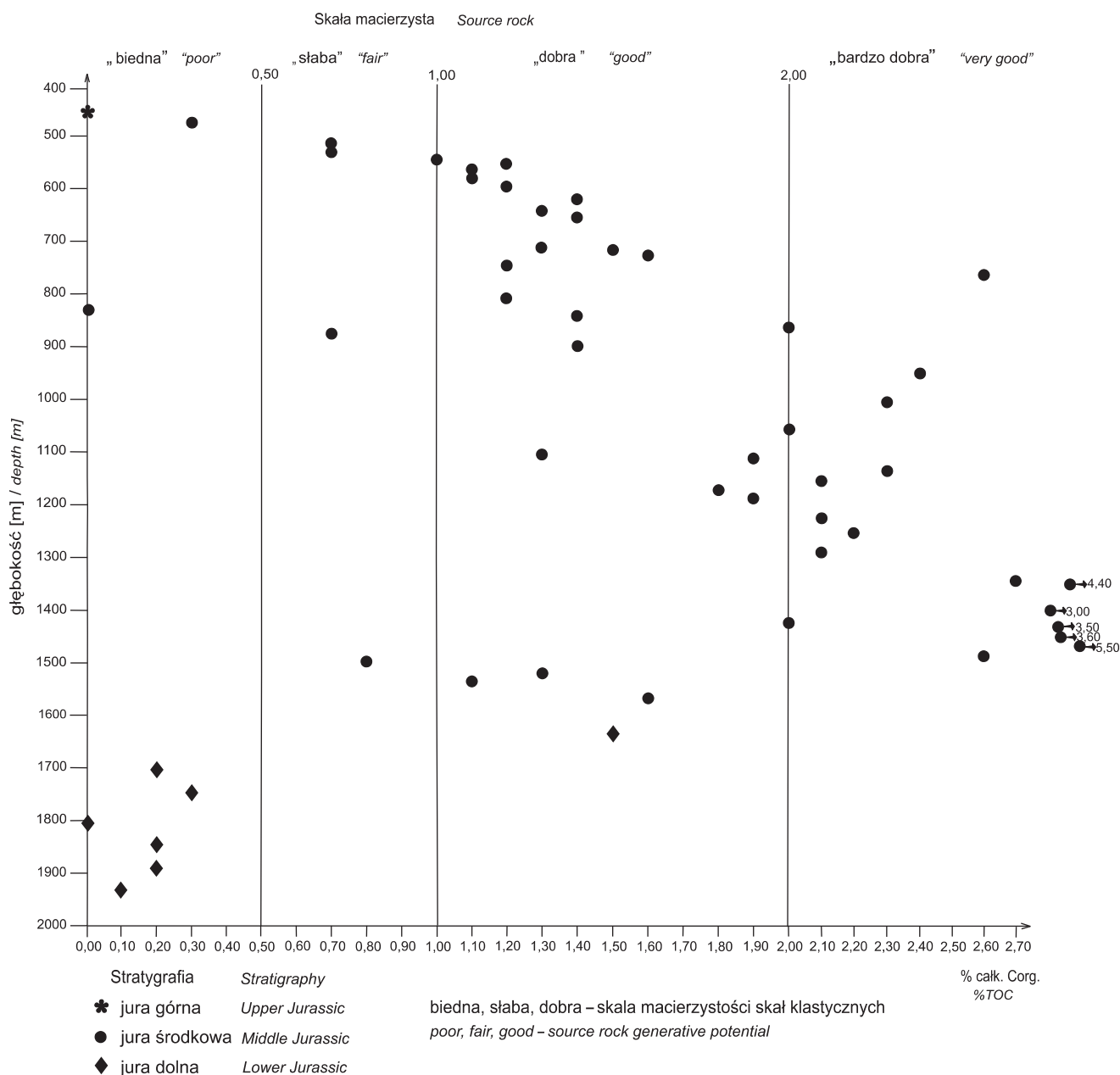
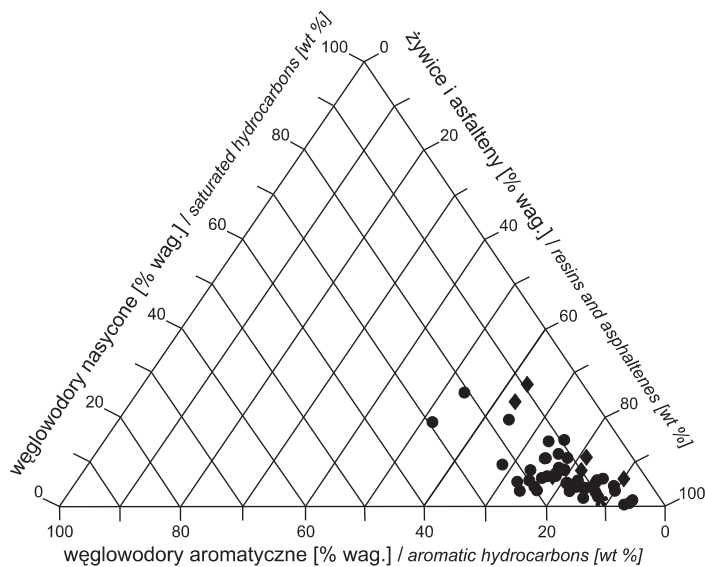


Fig. 39. Zawartość procentowa węgla organicznego w utworach jury w zależności od głębokości w otworze wiertniczym Wojszyce IG 3 (ocena macierzystości skał wg Petersa, 1986)

TOC [%] content in Jurassic deposits versus depth in the Wojszyce IG 3 borehole (assessment of quality source rocks after Peters, 1986)



Stratygrafia	Stratigraphy
★ jura górna	Upper Jurassic
● jura środkowa	Middle Jurassic
◆ jura dolna	Lower Jurassic

Fig. 40. Diagram trójkątny składu grupowego bituminów z utworów jury górnej, środkowej i dolnej w otworze wiertniczym Wojszyce IG 3

Triangular diagram showing proportions of the fractions of saturated hydrocarbons, aromatic hydrocarbons and asphaltenes or resins in the bitumens extracted from the Upper, Middle and Lower Jurassic deposits in the Wojszyce IG 3 borehole

malna ilość bituminów została wydzielona z utworów znajdujących się w dolnym odcinku profilu (głęb. 1567,0–1437,0 m) (tab. 20). W centralnej części utworów zawartość składników labilnych jest duża, ale zmniejsza się ona ku stropowi. W bituminach zróżnicowana, ale generalnie niska, jest zawartość węglowodorów, wahająca się od 6% do 48% (fig. 40). Wysoka jest natomiast zawartość żywicy i asfaltenów (fig. 40). Zróżnicowany jest również stosunek ilości węglowodorów nasyconych do aromatycznych w całej masie węglowodorów. Generalnie węglowodory aromatyczne są w przewadze nad węglowodorami nasyconymi. Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego określa środowisko sedymentacji jako słabo redukcyjne, jedynie w najwyższym odcinku utworów (głęb. 545,0 i 484,0–513,0 m), wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego sugeruje zmianę środowiska na silnie redukcyjne, zaś wartość współczynnika migracji – że bituminy występujące w tych utworach są syngenetyczne (tab. 20).

Zawartość węgla organicznego w pojedynczej próbce z utworów jury górnej jest śladowa. Oznaczona zawartość węgla organicznego określa te utwory węglanowe jako „biedne” skały macierzyste do generowania węglowodorów (tab. 20, fig. 39). Ilość bituminów wydzielonych z tych skał jest mała, a wartość współczynnika migracji pozwala sądzić, że są one epigenetyczne z osadem (tab. 20). Udział węglowodorów w bituminach jest niewielki, wynosi 11%, natomiast wysoki jest udział żywicy i asfaltenów – 89% (tab. 20, fig. 40). W składzie węglowodorów ilościowo dominują węglowodory aromatyczne nad nasyconymi (tab. 20, fig. 40). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego oznaczonego w osadach ogólnie określa środowisko jako redukcyjne (tab. 20).

Środowisko depozycji materii organicznej, jej typ genetyczny i stopień dojrzałości

Analiza n-alkanów wykazała, że materia organiczna występująca w spagu utworów jury dolnej na głęb. 1899,0 m, jak również na głęb. 1703,0 m, zawiera maksymalną ilość związków

o parzystej liczbie węgla, głównie C_{22} , a także C_{24} , co sugeruje, że powstały one w wyniku biodegradacji szczątków sinic (Maliński, Witkowski, 1988). W badanej materii współwystępuje również w dużej ilości n-alkan C_{25} , wskazujący na obecność dobrze przeobrażonego humusu. Krzywa dystrybucji ma regularny przebieg, czyli pozostałe n-alkany są obecne w znacznej ilości (fig. 41A, D).

Stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu i fitanu (Pr/Ph) sugeruje, że warunki środowiska były utleniające w dolnym odcinku utworów (głęb. 1899,0 m), a redukcyjne w wyższych partiach (Didyk i in., 1978) (tab. 21). Znaczna ilość pristanu obecna w ogólnej masie węglowodorów izoprenoidowych, która sugeruje, że w spagu profilu w basenie sedymentacyjnym panowały utleniające warunki środowiska powinna być tłumaczona dodatkowym źródłem pochodzenia pristanu, gdyż badania potencjału red-oks nie wykazały warunków utleniających. Należy więc przypuszczać, że znaczna ilość pristanu wydzielona z danej materii organicznej tworzyła się nie tylko z podstawowego materiału wyjściowego, którym dla powstawania węglowodorów izoprenoidowych są chlorofil i lipidy z rozkładu bakterii. Źródłem znacznej ilości pristanu w materii organicznej może być również obecność w osadzie tokoferoli, związków organicznych syntetyzowanych przez rośliny (Goosens i in., 1984). Możliwość pochodzenia pristanu z dwóch różnych źródeł utrudnia interpretację warunków osadzania się pierwotnej materii organicznej.

Stopień przeobrażenia badanej materii organicznej pozwala określić wskaźnik CPI wyliczony z dystrybucji n-alkanów. W przypadku materii organicznej rozproszonej pochodzącej z niżej pobranej próbki utworów jury dolnej (głęb. 1899,0 m), wartość wskaźnika CPI_{Tot} zbliżona do jedności (tab. 23) sugeruje, że jest ona przeobrażona. Jednocześnie znaczna ilość parzystych n-alkanów w badanej materii powoduje, że wartość wskaźnika CPI_{17-23} jest poniżej jedności co uniemożliwia określenie jej stopnia dojrzałości. Wartość wskaźnika CPI_{25-31} wskazuje natomiast na słaby stopień przeobrażenia materiału humusowego. Mimo że w badanej materii występuje duża ilość humusu allochtonicznego, to

Tabela 21**Wskaźniki geochemiczne dla bituminów z utworów jury z otworu wiertniczego Wojszyce IG 3**

Geochemical indices for bitumens from Jurassic deposits in the Wojszyce IG 3 borehole

Głębokość pobrania próbki [m]	Stratygrafia	Pr/Ph	CPI _{Tot}	CPI ₁₇₋₂₃	CPI ₂₅₋₃₁	n-C _{max}
552,0	J ₂	1,37	1,04	1,00	1,07	C ₂₅ , C ₂₆
595,0		3,45	100	0,82	1,04	C ₂₀
620,0		n.o.	1,00	0,84	1,07	C ₂₆
718,0		1,37	1,31	1,48	1,34	C ₂₇ , C ₂₅
746,0		1,01	1,19	0,91	1,37	C ₂₅
764,5		1,49	0,98	0,50	1,57	C ₂₀
807,5		2,38	1,46	1,17	1,61	C ₂₇ , C ₂₅
863,0		1,39	1,40	1,16	1,60	C ₂₇ , C ₂₅
898,0		n.o.	1,51	1,36	1,68	C ₂₅ , C ₂₇
951,0		1,11	1,35	1,03	1,67	C ₂₅
1103,0		1,69	1,30	1,25	1,53	C ₂₃ , C ₂₇ , C ₁₇
1173,0		n.o.	1,41	1,08	1,64	C ₂₅ , C ₂₇
1210,0		2,08	1,11	0,94	1,34	C ₁₇ , C ₂₀
1290,0		0,75	1,22	1,03	1,49	C ₂₃ , C ₂₅
1350,0		1,82	1,20	1,01	1,51	C ₂₁ , C ₂₃ , C ₃₃
1452,0		1,56	1,04	0,90	1,28	C ₂₂ , C ₂₁ , C ₂₃
1497,0		n.o.	1,14	1,14	1,20	C ₂₅ , C ₂₁
1538,0		n.o.	1,07	1,06	0,93	C ₂₃ , C ₂₅
1567,0		n.o.	1,19	1,06	1,75	C ₂₅
1637,0	J ₁	2,04	1,04	1,12	0,80	C ₂₃
1703,0		1,20	1,05	1,10	1,08	C ₂₄
1746,0		0,66	1,06	0,92	1,27	C ₂₅ , C ₂₁ , C ₁₈
1805,0		0,90	1,10	1,02	1,14	C ₂₅ , C ₂₁ , C ₁₈
1899,0		1,96	1,08	0,98	1,28	C ₂₂ , C ₂₄ , C ₂₅

Objaśnienia przy tabeli 19/ For explanations see Table 19

również obecny jest w całej masie materii humusowy materiał autochtoniczny, a wartość CPI₂₅₋₃₁ jest wypadkową obu tych materiałów (tab. 21).

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych z wyższych partii utworów jury dolnej (głęb. 1805,0 m, fig. 41B), wskazuje, że największa jest zawartość n-alkanów C₂₅ i C₃₁ pochodzących z rozkładu roślin wyższych. Związki te sugerują, że materiał humusowy obecny w tych utworach jest na różnym stopniu przeobrażenia. W dużej ilości występuje także n-alkan C₂₁ łączony z rozpadem alg (Tissot i Welte, 1978).

Stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu i fitanu (Pr/Ph) przedstawia, że warunki środowiska były redukcyjne (tab. 21). Wartość współczynnika CPI wskazuje, że materia organiczna obecna w tych utworach nie jest dobrze przeobrażona (tab. 21).

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych z górnych partii utworów jury dolnej (głęb. 1746,0 i 1637,0 m) wykazuje, że w materii organicznej obecne są związki C₂₁ i C₂₃ pochodzące z rozkładu alg, jak również związki zawierające 24, 26, 28, 30 i 32 węgle

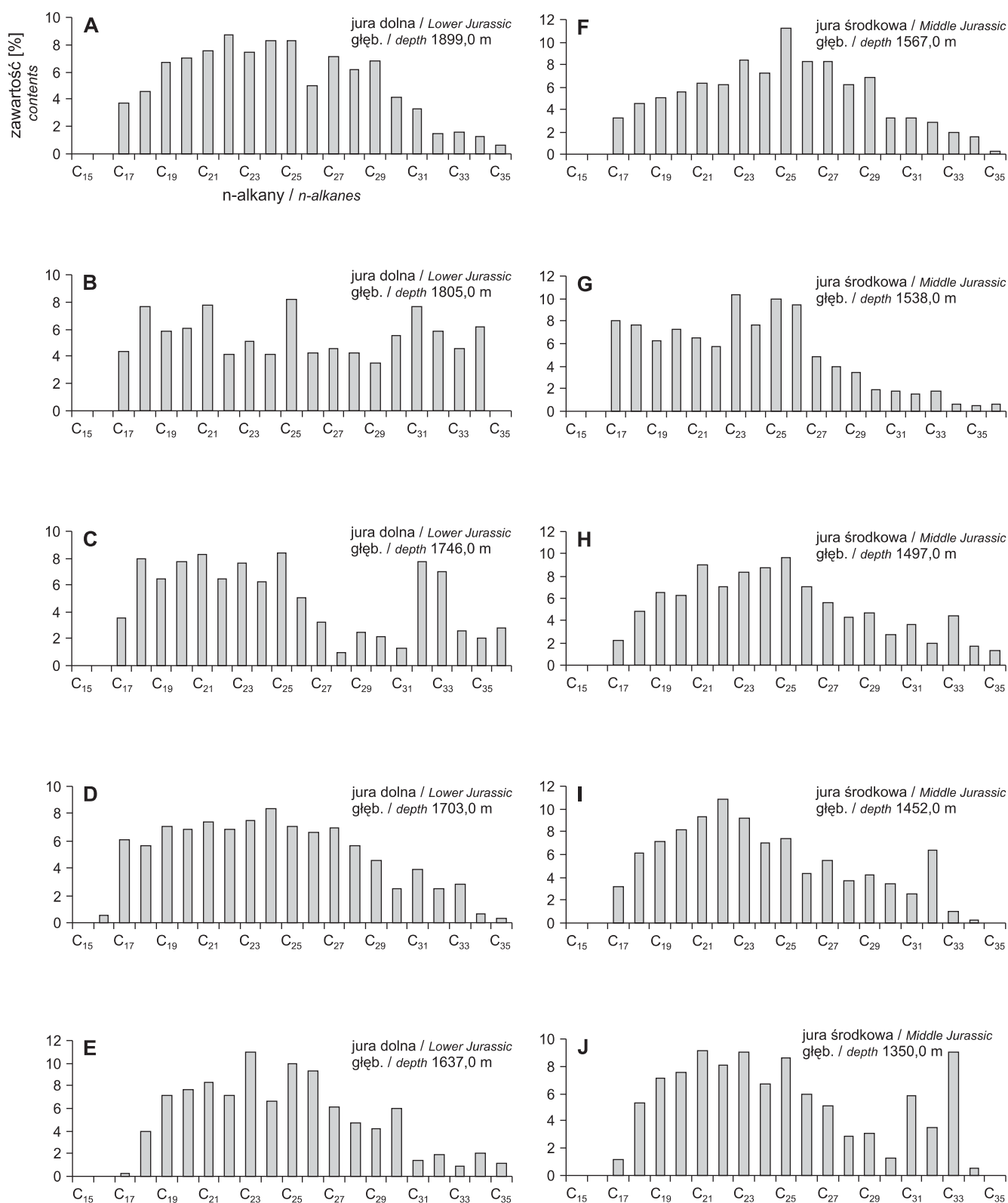
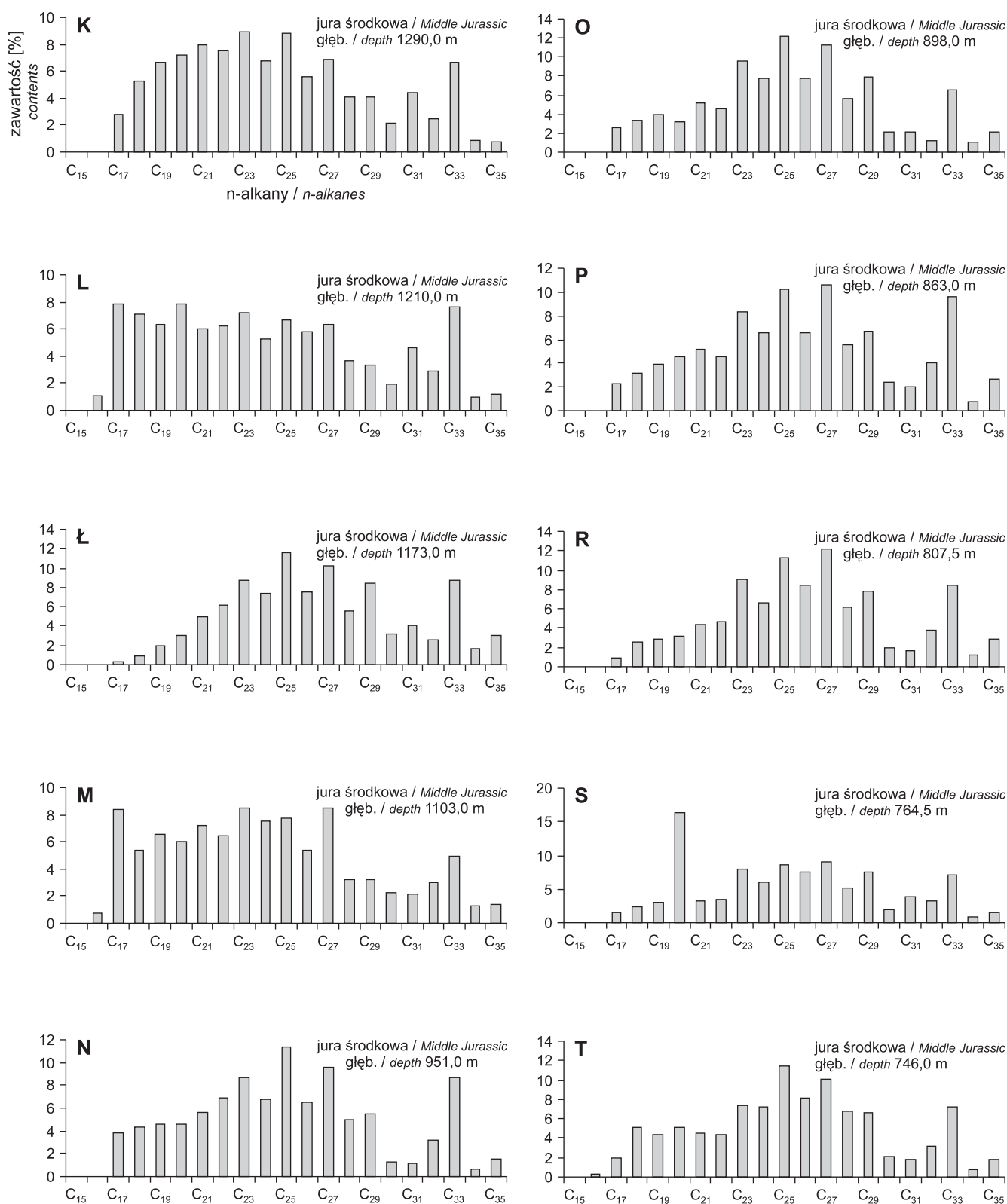


Fig. 41. Dystrybucja n-alkanów w utworach jury

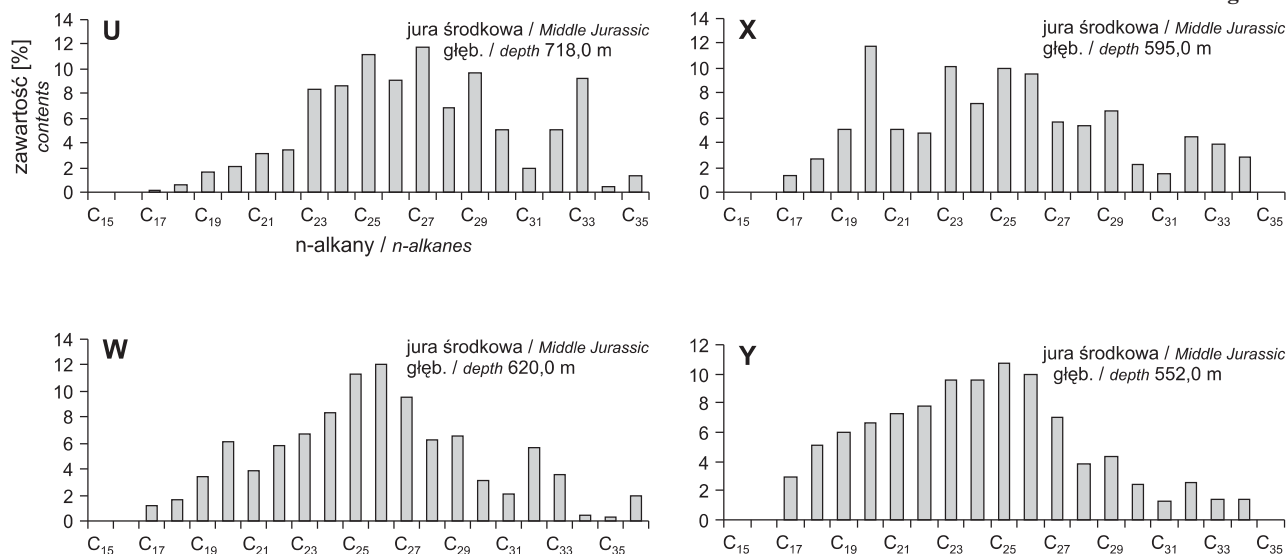
Distribution of n-alkanes in the Jurassic deposits in



z otworu wiertniczego Wojszyce IG 3

the Wojszyce IG 3 borehole

Fig. 41 cd.



w cząsteczce pochodzące z rozkładu sinic, a także C₃₁ związane z woskami roślin lądowych i C₂₅, które również pochodzi z rozpadu roślin wyższych, ale charakteryzuje materię na wysokim stopniu przeobrażenia (fig. 41C, E).

Stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu i fitanu (Pr/Ph) sugeruje, że warunki środowiska sedymentacji były w niższych partiach redukcyjne, a w wyższych utleniające. W przypadku wyższych partii profilu również mogło mieć miejsce wzbogacenie materii organicznej w pristan, co wyraża się wysokim stosunkiem pristan/fitan (tab. 21).

Wartość wskaźnika CPI_{Tot} i CPI₂₅₋₃₁ jest zbliżona do jedności, co sugeruje przeobrażenie materii organicznej, natomiast wartość CPI₁₇₋₂₃ wskazuje na słabe przeobrażenie materiału typu sapropelowego (tab. 21).

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych z utworów jury środkowej wykazała, że materia organiczna występująca w piaskowcach w spągowej części (głęb. 1567,0 m), zawiera dużą ilość n-alkanu C₂₃, charakterystycznego dla słabo przeobrażonej materii algowej. W materii tej występuje w maksymalnej ilości związek zawierający 25 węgli w cząsteczce, pochodzący z rozkładu roślin lądowych, jak też obecna jest znaczna ilość n-alkanu C₂₆ powstałego ze szczątków sinic (fig. 41F). Podobny przebieg krzywej dystrybucji n-alkanów wykazuje materia organiczna z wyżej położonych utworów z głęb. 1497,0 m (fig. 41H). Na głęb. 1350,0 m występuje duża ilość n-alkanów C₂₃ i C₂₁ charakterystycznych dla słabo przeobrażonej materii algowej, a także znaczna ilość n-alkanu C₃₃ łączonego ze słabo przeobrażoną materią typu humusowego (fig. 41J).

W utworach zlokalizowanych pomiędzy omówionymi osadami (głęb. 1538,0 m) stwierdzono współwystępowanie dwóch generacji węglowodorów reprezentujących materię typu sapropelowego (fig. 41G). Maksimum zawartości osiąga n-alkan C₂₃ świadczący o słabym przeobrażeniu materii, jak również jest obecny w dużej ilości n-alkan C₁₇ sugerujący duży stopień dojrzałości badanej materii tego samego typu genetycznego. Występuje też w znacznej ilości n-alkan C₂₆ powstały z sinic. Dystrybucja ta wykazała również dużą ilość

n-alkanu C₂₅ charakterystycznego dla dobrze przeobrażonego materiału humusowego (fig. 41G). Zbliżony przebieg krzywej dystrybucji wykazuje materia organiczna w wyższych partiach utworów (głęb. 1210,0 i 1103,0 m) (fig. 41L, M).

W centralnej części profilu utworów następuje zwiększenie udziału materii pochodzenia humusowego o słabym stopniu przeobrażenia, o czym świadczą związki o długich łańcuchach węglowych C₂₇, a zwłaszcza C₃₃, dla których głównym materiałem wyjściowym były rośliny lądowe. Obecny jest w tej materii także n-alkan C₂₅ reprezentujący również materię typu humusowego ale dobrze przeobrażoną. W omawianych utworach, w materii organicznej występują także związki pochodzące z rozkładu alg i bakterii (C₂₃, C₂₁ i C₂₀), ale ich zawartość jest niższa niż związków łączonych z humusem (fig. 41K, L). Wyjątkiem jest materia organiczna z głęb. 1452,0 m, która zawiera większy udział sapropelu niż w humusu w całej masie (fig. 41I). W materii sapropelowej zmienny jest skład materiału wyjściowego. W dolnych partiach utworów, jak było to już omówione, z algami współwystępują bakterie; w wyższych partiach zmniejsza się udział bakterii, a zwiększa udział cyanobakterii (n-C₂₄, n-C₂₆) (fig. 41N–R, T, U, W).

W górnych partiach utworów dystrybucja wykazuje wyraźną przewagę związku zawierającego 20 węgli w cząsteczce, łączonego z rozpadem bakterii, przy czym na głęb. 764,5 m jest to główny składnik materii organicznej (fig. 41S). W utworach wyżej położonych (głęb. 595,0 m) obecne są także związki n-C₂₃ i n-C₂₅, czyli znaczny jest udział związku pochodzącego z rozpadu alg, a także związku charakterystycznego dla dobrze przeobrażonego materiału humusowego (fig. 41X).

Krzywa dystrybucji n-alkanów wydzielonych ze stropowej części utworów jury środkowej ma regularny przebieg, z maksimum zawartości n-alkanu C₂₅ pochodzącego z rozkładu roślin. W analizie stwierdzono też dużą ilość n-alkanów C₂₆ i C₂₄ powstałych z sinic i znaczną ilość n-alkanów C₂₃ charakterystycznych dla słabo przeobrażonej materii algowej (fig. 41Y).

Stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu i fitanu (Pr/Ph) w utworach jury środkowej sugeruje, że warunki środowiska były utleniające. W najniższym odcinku badanych utworów stwierdzono ślady węglowodorów izoprenoidowych (tab. 21).

OTWÓR WIERTNICZY WOJSZYCE IG 4

Ilość oznaczonej materii organicznej

Materia organiczna w utworach dolnej jury zawiera zróżnicowaną ilość węgla organicznego; w centralnej części kompleksu skalnego maksymalna ilość węgla organicznego osiąga 7,20%, jednocześnie nieco niżej występuje najniższa ilość materii organicznej (0,2%) (tab. 22, fig. 42). Zawartość bituminów w tych utworach jest zróżnicowana – waha się od 0,007 do 0,391%. Udział węglowodorów w bituminach jest również zróżnicowany, ogólnie jest on niewielki (9–24%), natomiast duży jest udział produktów ciężkich (żywice i asfalteny – 76,0–91,0%) (tab. 22, fig. 43). Przeważają węglowodory aromatyczne nad węglowodorami nasyconymi, jedynie w spagu utworów i na głęb. 2050,0 m węglowodory nasycone procentowo przeważają nad węglowodorami aromatycznymi (tab. 22, fig. 43). Bituminy występujące w utworach jury dolnej są syngenetyczne z osadem, jednak próbka o podwyższonej ilości bituminów na głęb. 2013,0 m ma wysoki współczynnik migracji, co sugeruje epigenetyczny charakter tych związków (tab. 22) (Gondek, 1980). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego określa środowisko sedymentacji jako silnie redukcyjne, jego wartość waha się od 580 do 632 mV.

W utworach jury środkowej zawartość węgla organicznego jest wysoka, utwory te ogólnie mogą być uznane za „dobre” skały macierzyste do generowania węglowodorów (tab. 22, fig. 42). Najmniejsza ilość węgla organicznego występuje w przyspagowym i przystropowym odcinku utworów, są one w ocenie uznawane za „biedne” i „słabe” skały macierzyste do generowania węglowodorów. Ilość bituminów w utworach jury środkowej jest także bardzo zróżnicowana. Maksymalna ilość bituminów została wydzielona z piaskowców pochodzących w dolnej partii profilu pionowego (głęb. 1847,0; 1821,0 i 1776,0 m). Bituminy te charakteryzują się niskimi wartościami współczynnika migracji, czyli są syngenetyczne z osadem (tab. 22) (Gondek, 1980). W bituminach występuje zróżnicowana zawartość węglowodorów, która waha się od 12 do 44% (tab. 22, fig. 43). Wysoka jest zawartość żywic i asfaltenów. W górnej części utworów, we wkładce piaskowców w kompleksie mułowcowym (głęb. 1115,0 m), została oznaczona podwyższona ilość bituminów, które zawierają duży procent węglowodorów charakteryzujących się wysoką wartością współczynnika migracji, tzn. że bituminy są epigenetyczne. W tych bituminach stosunek ilości węglowodorów nasyconych do aromatycznych jest zmienny w całej masie węglowodorów (tab. 22, fig. 43). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego określa środowisko sedymentacji jako

Wartość wskaźnika CPI_{Tot} jak również CPI_{17-23} i CPI_{25-31} jest bardzo zróżnicowana w badanych próbkach, ze względu na różnorodny typ genetyczny materiału organicznego w nich występujący. Można jednak stwierdzić, że materia organiczna z utworów jury środkowej generalnie jest słabo przeobrażona.

silnie redukcyjne. Wartość współczynnika migracji wskazuje, że bituminy występujące w tych utworach są syngenetyczne (tab. 22).

Zawartość węgla organicznego w utworach jury górnej jest niska (0,1–2,7%). Oznaczona zawartość węgla organicznego określa te utwory węglanowe jako „słabe” skały macierzyste do generowania węglowodorów. Wyższa zawartość węgla organicznego występuje w iłowcach w górnej partii profilu pionowego (tab. 22, fig. 42). Ilość bituminów wydzielonych z tych skał jest mała. Wartość współczynnika migracji pozwala sądzić, że składniki labilne w tych utworach są syngenetyczne (tab. 22). Udział węglowodorów w tych bituminach jest niewielki, wynosi od 10% do 30%, a wysoki jest udział żywic i asfaltenów (tab. 22, fig. 43). Jedynie bituminy występujące w stropie utworów zawierają duży udział węglowodorów 67%. W składzie węglowodorów ilościowo dominują węglowodory aromatyczne nad nasyconymi (tab. 22, fig. 43). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego oznaczonego w osadach generalnie określa środowisko jako redukcyjne (tab. 22).

Środowisko depozycji materii organicznej, jej typ genetyczny i stopień dojrzałości

Analiza n-alkanów wykazała, że w spagu utworów jury dolnej w materii organicznej występują w dużej ilości związki o 17, 19 i 23 węglach w cząsteczce, co sugeruje, że głównym materiałem wyjściowym były algi. Materiał organiczny jest na różnym stopniu przeobrażenia (Tissot, Welte, 1978). W tej materii obecne są także związki zawierające 24 i 26 węgli w cząsteczce, pochodzące z rozkładu sinic oraz n-alkan C_{20} łączony z rozpadem bakterii (Maliński, Witkowski, 1988). W dużej ilości występuje również n-alkan C_{25} pochodzący z rozkładu roślin wyższych (fig. 44A).

Stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu i fitanu (Pr/Ph) sugeruje, że warunki środowiska były silnie utleniające (Didyk i in., 1978) (tab. 23). Znaczna ilość pristanu obecna w ogólnej masie węglowodorów izoprenoidowych, która sugeruje, że w spagu profilu w basenie sedymentacyjnym panowały bardzo silnie utleniające warunki środowiska, może być tłumaczona dodatkowym źródłem pochodzenia pristanu, gdyż badania potencjału red-oks nie wykazały tak silnych warunków utleniających. Należy więc przypuszczać, że znaczna ilość pristanu wydzielona z danej materii organicznej tworzyła się nie tylko z podstawowego materiału wyjściowego, którym dla powstawania węglowodorów izoprenoidowych są chlorofil i lipidy z rozkładu bakterii. Źródłem znacz-

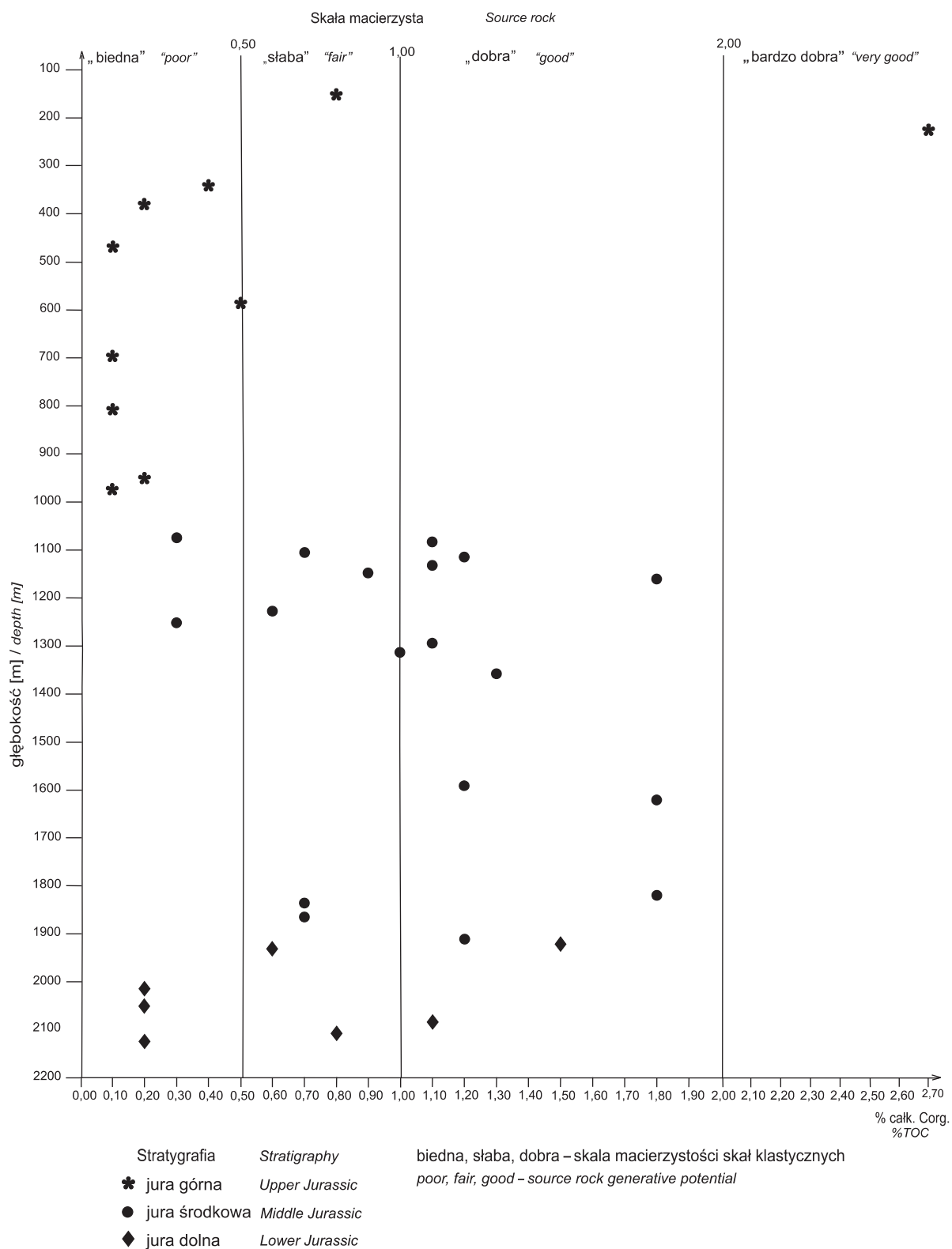


Tabela 22

Dane geochemiczne z materii organicznej z otworu wiertniczego Wojszyce IG 4

Geochemical data for the organic matter from Wojszyce IG 4 borehole

Głębokość [m]	Stratygrafia	Litologia	Zawartość bituminów [%]	Zawartość Corg. [%]	Eh [mV]	Zawartość węglowodorów w bituminach [%]	Zawartość węglowodorów w skale [%]	Zawartość węglowodorów nasy. w bitumin. [%]	Zawartość węglowodorów arom. w bitumin. [%]	Zawartość żywic i asfaltenów [%]	Współczynnik migracji
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
151,0	J ₃	ilc	0,007	0,80	602	67	0,005	51	16	33	0,006
228,0		ilc	0,018	2,70	638	12	0,002	4	8	88	0,0007
340,0		ilc	0,008	0,40	606	30	0,002	25	5	70	0,005
381,0		ilc	0,004	0,20	582						
468,0		wap	0,005	0,10	614	10	0,001	3	7	90	0,010
586,0		mrl	0,035	0,50	642	20	0,007	7	23	80	0,014
696,0		mrl	0,010	0,10	626	25	0,003	14	11	75	0,030
807,0		dol	0,006	0,10	602	20	0,001	13	7	80	0,010
951,0		wap	0,007	0,20	602	23	0,002	14	9	77	0,010
976,0		dol	0,002	0,10	606						
1074,0	J ₂	psc+wkł.w	0,004	0,30	608	41	0,002	29	12	59	0,007
1082,0		mlc	0,002	1,10	598						
1105,0		mlc	0,017	0,70	596	21	0,004	11	10	79	0,006
1115,0		psc	0,066	1,20	656	77	0,051	42	35	23	0,042
1132,0		mlc	0,011	1,10	660	30	0,003	14	16	70	0,003
1149,0		mlc	0,025	0,90	642	16	0,004	6	10	84	0,004
1160,0		ilc	0,017	1,80	626	23	0,004	9	14	77	0,002
1228,0		psc+ilc	0,006	0,60	656	42	0,003	18	24	58	0,005
1252,0		mlc	0,005	0,30	592	34	0,002	19	15	66	0,007
1293,0		mlc	0,005	1,10	628	42	0,002	35	7	58	0,002
1315,0		mlc	0,011	1,00	678	34	0,004	15	19	66	0,004
1359,0		mlc	0,011	1,30	624	44	0,005	29	15	56	0,004
1420,0		ilc	0,045	2,80	620	30	0,014	8	22	70	0,005
1489,0		ilc	0,030	3,10	628	38	0,011	14	24	62	0,003
1590,0		mlc	0,025	1,20	576						
1622,5		mlc	0,038	1,80	606	28	0,011	8	20	72	0,009
1688,0		mlc	0,140	7,30	596	30	0,042	5	25	70	0,006
1776,0		mlc	0,224	4,90	606	27	0,060	4	23	73	0,001
1821,0		psc+wkł.w	0,223	1,80	646	17	0,038	2	15	83	0,021
1836,0		mlc	0,054	0,70	622	18	0,010	6	12	82	0,014
1847,0		psc+wkł.w	0,380	6,10	612	21	0,080	1	20	79	0,013

Tabela 22 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1866,0	J ₂	psc+wkł.w	0,022	0,70	606	27	0,006	9	18	73	0,008
1886,0		psc+ml	0,095	3,80	624	28	0,027	7	21	72	0,007
1910,0		ilc	0,092	1,20	600	12	0,011	2	10	82	0,009
1919,0	J ₁	mlc	0,095	1,50	632	23	0,022	8	15	77	0,015
1930,0		ilc	0,027	0,60	626	21	0,006	6	15	79	0,010
1980,0		mlc	0,391	7,20	606	21	0,082	4	17	79	0,011
2013,0		psc	0,092	0,20	592	9	0,008	1	8	91	0,040
2050,0		psc	0,003	0,20	610	21	0,001	12	9	79	0,005
2081,0		mlc	0,062	1,10	592	24	0,015	5	19	76	0,014
2109,0		psc+ml	0,072	0,80	598	24	0,017	5	19	76	0,021
2128,0		mlc+psc	0,007	0,20	580	21	0,001	12	9	79	0,005

Objaśnienia przy tabeli 18 / For explanations see Table 18

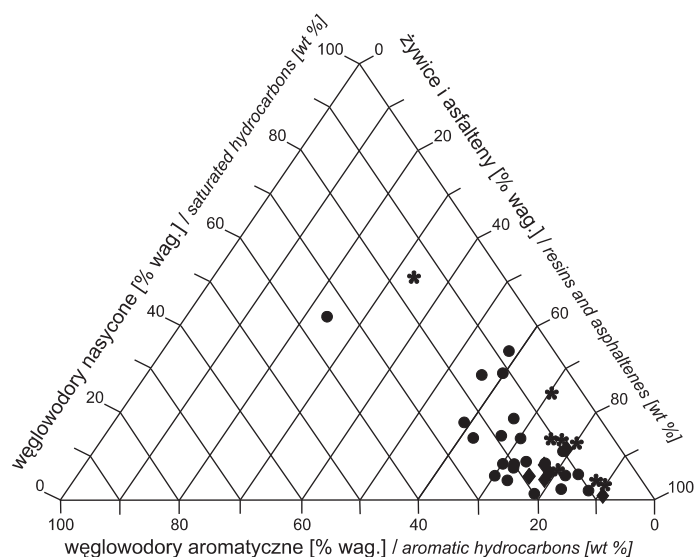
Tabela 23

Wskaźniki geochemiczne dla bituminów z utworów jury z otworu wiertniczego Wojszyce IG 4

Geochemical indices for bitumens from Jurassic deposits in the Wojszyce IG 4 borehole

Głębokość pobrania próbki [m]	Stratygrafia	Litologia	Pr/Ph	CPI _{Tot}	CPI ₁₇₋₂₃	CPI ₂₅₋₃₁	n-C max
151,0	J ₃	ilc	n. oz	1,32	0,94	1,68	C ₂₅
340,0		ilc	n. oz	1,58	1,05	4,02	C ₂₃ , C ₂₅
586,0		mrl	n. oz	0,93	0,60	2,53	C ₂₅ , C ₂₄ , C ₂₃
807,0		dol	n. oz	1,04	0,75	2,83	C ₂₀
951,0		wap	n. oz	0,71	0,59	1,13	C ₂₀
1149,0	J ₂	mlc	n. oz	1,13	0,82	1,50	C ₂₅
1160,0		ilc	n. oz	0,97	0,86	1,93	C ₂₄
1293,0		mlc	1,45	1,34	0,77	1,73	C ₂₅ , C ₂₀
1315,0		mlc	n. oz	1,39	0,77	3,54	C ₂₅ , C ₁₈ , C ₂₉ , C ₂₃
1359,0		mlc	4,17	0,88	1,00	1,25	C ₂₄ , C ₁₇ , C ₁₆
1420,0		ilc	n. oz	0,74	0,82	2,95	C ₂₄ , C ₂₂
1622,5		mlc	0,33	1,46	1,30	2,10	C ₁₇
1910,0		psc	n. oz	0,84	0,83	1,40	C ₂₄ , C ₂₂
1930,0	J ₁	ilc	n. oz	1,09	1,06	1,21	C ₂₅ , C ₂₄
2081,0		mlc	4,00	1,20	1,16	1,31	C ₁₇

Objaśnienia przy tabeli 19/ For explanations see Table 19



Stratygrafia	Stratigraphy
★ jura górna	Upper Jurassic
● jura środkowa	Middle Jurassic
◆ jura dolna	Lower Jurassic

Fig. 43. Diagram trójkątny składu grupowego bituminów z utworów jury górnej, środkowej i dolnej w otworze wiertniczym Wojszyce IG 4

Triangular diagram showing proportions of the fractions of saturated hydrocarbons, aromatic hydrocarbons and asphaltens or resins in the bitumens extracted from the Upper, Middle and Lower Jurassic deposits in the Wojszyce IG 4 borehole

nej ilości pristanu w materii organicznej może być również obecność w osadzie tokoferoli, związków organicznych syntetyzowanych przez rośliny (Goosens i in., 1984). Możliwość pochodzenia pristanu z dwóch różnych źródeł utrudnia interpretację warunków osadzania się pierwotnej materii organicznej.

Stopień przeobrażenia badanej materii organicznej pozwala określić wskaźnik CPI wyliczony z dystrybucji n-alkanów. W przypadku materii organicznej rozproszonej w spągu utworów jury dolnej wartość wskaźników CPI wskazuje na jej małe przeobrażenie. Jednocześnie duża zawartość C_{25} sugeruje, że w materii organicznej współwystępuje materiał humusowy auto- i allochtoniczny (tab. 23).

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych z górnej części utworów jury dolnej wykazała, że w maksymalnej ilości występuje n-alkan C_{25} pochodzący z rozkładu roślin wyższych. W materii organicznej stwierdzono dużą ilość związków C_{24} , C_{23} i C_{17} , czyli materiałem wyjściowym były sinice i algi (fig. 44B). Pozostałe n-alkany występują w znacznej ilości. Węglowodory izoprenoidowe występują w tej materii w śladowej ilości.

Wartość współczynnika CPI wskazuje, że materia organiczna obecna w tych utworach jest przeobrażona (tab. 23).

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych z utworów jury środkowej wykazała, że materia organiczna w najniższej części profilu zawiera głównie składniki typu sapropelowego, gdyż występują w niej związki zawierające 24, 23 i 22 węgle w cząsteczce, pochodzące z rozkładu sinic i alg (fig. 44C). W utworach położonych w wyższych partiach profilu utworów jury środkowej (głęb. 1622,5 m) w materii występują głównie n-alkan C_{17} i n-alkan C_{25} , reprezentujące wysoko przeobrażony materiał sapropelowy i humusowy. Pozostałe n-alkany występują w mniejszej ilości (fig. 44D). Krzywa dystrybucji n-alkanów z utworów z głęb. 1420,0 m (fig. 44E) ma zbliżony przebieg do tej ze spągu utworów, natomiast w utworach z głęb. 1359,0 m (fig. 44F) materia organiczna ma skład po-

dobny do tej występującej na głęb. 1622,5 m. W tych utworach maksymalną ilość osiąga n-alkan C_{24} pochodzącego z rozkładu szczątków sinic, a także jest obecna duża ilość związków o krótkich łańcuchach węglowych C_{17} , C_{18} i C_{16} łączonych z dobrze przeobrażoną materią typu sapropelowego (fig. 44F). W wyższych partiach profilu występują n-alkany sugerujące zwiększenie udziału materii pochodzenia humusowego będącej na różnym stopniu przeobrażenia ($n-C_{25}$ i $n-C_{29}$). Głównym materiałem wyjściowym były rośliny lądowe, ale obecne są także związki łączone z materiałem sapropelowym $n-C_{18}$ i $n-C_{23}$ pochodzące z rozkładu bakterii i alg (głęb. 1315,0 m) (fig. 44G). W wyższych partiach profilu (głęb. 1293,0 m) dystrybucja wykazuje wyraźną przewagę związku $n-C_{25}$ wskazującego na obecność dobrze przeobrażonego materiału humusowego. Występuje również duża ilość związków zawierających 20 węgli w cząsteczce łączonych z bakteriami, a także znaczny udział związku C_{23} pochodzącego z rozpadu alg (fig. 44H). Pozostałe oznaczone n-alkany występują w niewielkiej ilości. Podobny jest skład materii organicznej z głęb. 1149,0 m (fig. 44J). W utworach leżących pomiędzy opisanymi powyżej, materia organiczna składa się głównie z sapropelu pochodzącego z rozkładu sinic i słabo przeobrażonego humusu ($n-C_{33}$, $n-C_{27}$) (fig. 44I).

Stosunek węglowodórów izoprenoidowych pristanu i fitanu (Pr/Ph) w dolnych partiach utworów jury środkowej sugeruje, że warunki środowiska były redukcyjne, natomiast w wyższych partiach – utleniające. Ogólnie stwierdzono brak węglowodórów izoprenoidowych w badanych utworach (tab. 23).

Wartość wskaźnika CPI_{Tot} , jak również CPI_{17-23} i CPI_{25-31} jest bardzo zróżnicowana w badanych próbkach, ze względu na różnorodny typ genetyczny materiału organicznego w nich występujący. Uniemożliwia to wykorzystanie tych wskaźników do jednoznacznego określenia stopnia przeobrażenia. Można jednak stwierdzić, że materia organiczna z utworów jury środkowej jest słabo przeobrażona.

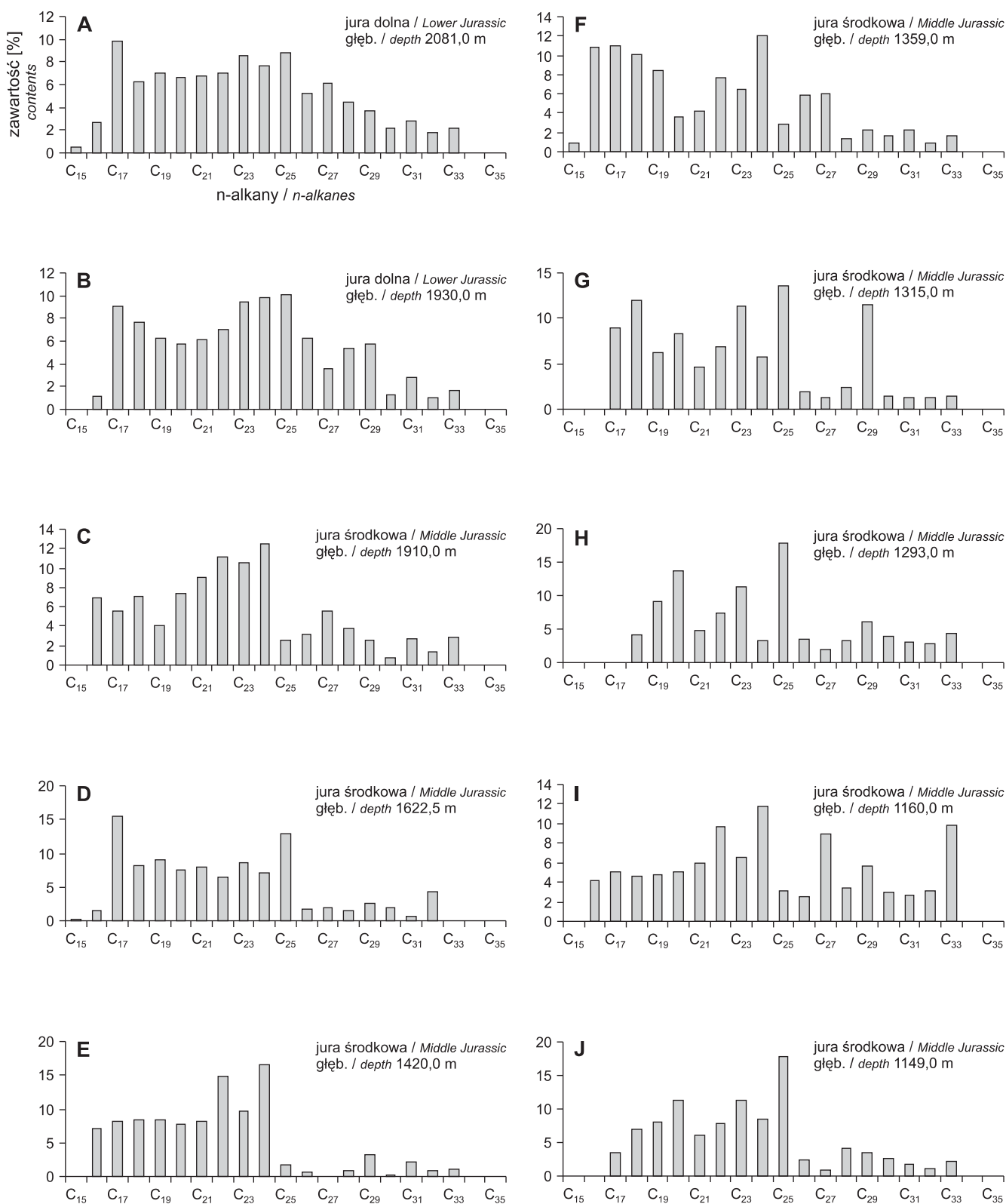
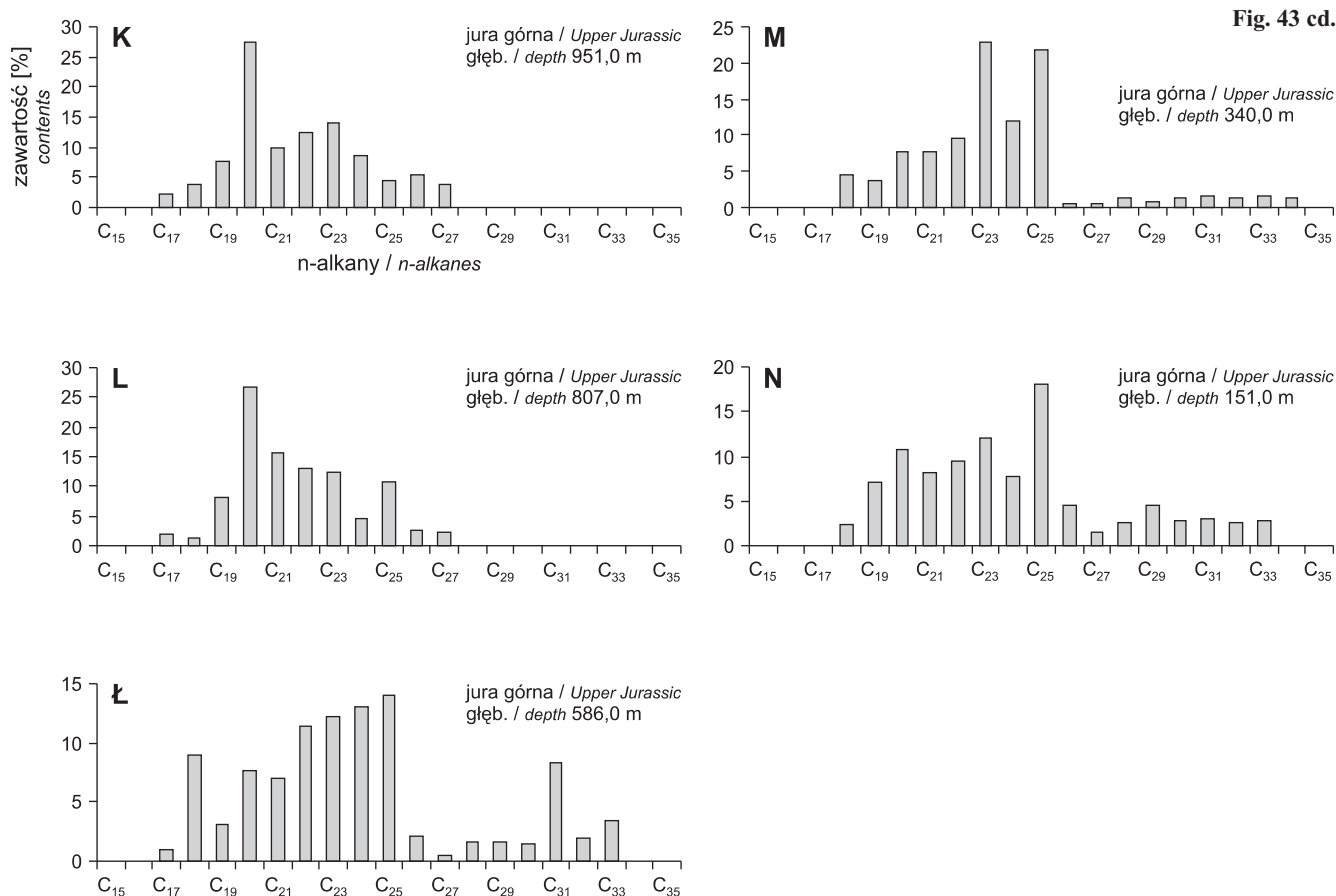


Fig. 44. Dystrybucja n-alkanów w utworach jury z otworu wiertniczego Wojszyce IG 4

Distribution of n-alkanes in the Jurassic deposits in the Wojszyce IG 4 borehole



W dolnych partiach utworów jury górnej w dystrybucji n-alkanów głównie występują związki o parzystej liczbie węgli (C_{20}) pochodzące z rozpadu bakterii. Pozostałe n-alkany występują w małej ilości, co może sugerować, że zachodziło tu zjawisko biodegradacji (fig. 44K, L). W górnych partiach utworów jury górnej skład materii organicznej jest zbliżony, o czym świadczy przebieg krzywej dystrybucji, w której obserwuje się wysoki udział związku $n-C_{25}$ pochodzącego z rozkładu roślin lądowych, jak również znaczny udział

związków łączonych z materią typu sapropelowego $n-C_{22}$, $n-C_{23}$, $n-C_{24}$ lub $n-C_{20}$ (fig. 44L–N).

Ogólnie stwierdzono brak węglowodorów izoprenoidowych w badanych osadach (tab. 23).

Wartości wskaźników CPI_{Tot} oraz CPI_{17-23} i CPI_{25-31} są bardzo zróżnicowane w badanych próbkach, ze względu na różnorodny typ genetyczny materiału organicznego w nich występujący. Podobne zjawisko zostało stwierdzone w utworach jury środkowej.

PODSUMOWANIE

Badania materii organicznej w utworach jury występującej w profilach otworów wiertniczych Wojszyce IG 1 a, IG 3 i IG 4 pozwalają stwierdzić, że zawartość węgla organicznego jest w nich zróżnicowana.

W utworach jury dolnej ilość węgla organicznego w tych otworach ogólnie jest mała. Podwyższona zawartość węgla występuje punktowo w wyższych partiach utworów w otworze Wojszyce IG 3, a wysoka zawartość węgla organicznego do 7,2% została stwierdzona w górnych partiach utworów dolnej jury w otworze Wojszyce IG 4.

Utwory jury środkowej zawierają dużą ilość węgla we wszystkich trzech omawianych otworach. Wysoka zawartość węgla organicznego występuje głównie w spągu lub centralnej części profili i pozwala określić te partie utworów jako

„dobre” i „bardzo dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodorów.

Utwory jury górnej we wszystkich badanych otworach zawierają małą lub śladową ilość węgla organicznego.

Zawartość składników labilnych w tych utworach także jest zróżnicowana. W utworach jury dolnej ilość bituminów w omawianych otworach wiertniczych jest niewielka. W otworze Wojszyce IG 3 występuje także podwyższona zawartość bituminów epigenetycznych z osadem. Natomiast w otworze Wojszyce IG 4, oprócz utworów, w których jest niewielka ilość bituminów, występują także zawierające dużą ilość węgla i bituminów. Spotyka się również bituminy o charakterze epigenetycznym z osadem, występujące w utworach nadległych.

Zawartość składników labilnych w utworach środkowej jury we wszystkich trzech otworach jest bardzo duża, ale zmniejsza się w najwyższych partiach profili. Uwzględniając wysoką zawartość węgla w tych utworach, skład występujących w nich bituminów, które charakteryzują się niską zawartością węglowodorów a dużą zawartością żywic i asfaltenów, jak również to, że wartość współczynnika migracji dla tych związków jest niska, można sądzić, iż bituminy w tych utworach są syngenetyczne z osadem. Odmienny charakter mają jedynie związki występujące w spagu utworów środkowej jury w otworze Wojszyce IG 1a, które są epigenetyczne z osadem.

Utwory jury górnej na całym badanym obszarze charakteryzują się niewielką zawartością bituminów, które mają charakter epigenetycznych z osadem. Wyjątkiem są składniki labilne w utworach jury górnej w otworze Wojszyce IG 4, które są syngenetyczne z osadem.

Badania typu genetycznego materii organicznej obecnej w utworach jury wykazują, że głównym składnikiem pierwotnej materii organicznej są bakterie lub cyanobakterie ze znacznym udziałem alg. Dodatkowym składnikiem tej materii jest materiał humusowy zazwyczaj dobrze przeobrażony. Stwierdzono również zjawisko biodegradacji materii organicznej w utworach jury dolnej w otworze Wojszyce IG 1a.

Natomiast w utworach środkowej jury, znacznie zwiększa się w całej masie materii organicznej ilość materii organicznej o zróżnicowanym stopniu przeobrażenia, pochodzącej z rozkładu roślin wyższych. Obecność związków charakterystycznych dla dojrzałej materii organicznej typu humusowego i związków łączonych ze słabo przeobrażonym humusem, które współwystępują w tej materii sugeruje, że materia ta zawiera humus *in situ* i redeponowany w zbliżonych ilościach.

Ogólnie materia organiczna w profilu utworów jury jest słabo przeobrażona.