

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA BADANYCH UTWORÓW

W otworze Bydgoszcz IG 1 badania geochemiczne materii organicznej przeprowadzone były dla utworów syluru, środkowego i górnego dewonu, górnego permu (czerwony spągowiec, cechsztyń), dolnego i środkowego triasu, górnego triasu (pojedyncza próbka) i dolnej jury.

Wykonano oznaczenia zawartości węgla organicznego, ilościowe oznaczenie bituminów, podział na poszczególne frakcje w bituminach wydzielonych ze skały (węglowodory nasycone, aromatyczne, asfalteny i żywice), jak również

oznaczenie potencjału oksydacyjno-redukcyjnego skały (Eh). Szczegółowe badania frakcji węglowodórów nasyconych, czyli oznaczenie zawartości poszczególnych n-alkanów i węglowodórów izoprenoidowych, przeprowadzono dla wybranych próbek.

Badania omówione były już uprzednio w rozdziale „Wyniki badań geochemicznych bituminów i węglowodórów” w dokumentacji wynikowej otworu Bydgoszcz IG 1 (Rzepkowska, 1990).

IŁOŚĆ OZNACZONEJ MATERII ORGANICZNEJ

W niewielkim interwale głębokości w iłowcowych utworach syluru zawartość węgla organicznego jest zróżnicowana. W spągu i stropie utworów zawartość Corg. wynosi 1,00% i 0,90%, w centralnej części profilu zawartość węgla organicznego wynosi 0,21% (tab. 10, fig. 41). Ilość wydzielonych bituminów z tych utworów jest bardzo mała. Bituminy zawierają w swoim składzie niewielką ilość węglowodórów, natomiast duży jest udział żywic i asfaltenów. W składzie węglowodórów niewielką przewagę ilościową mają węglowodory aromatyczne nad węglowodorami nasyconymi (tab. 10, fig. 42). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego pozwala stwierdzić, iż warunki sedymentacji były redukcyjne (tab. 10).

Utwory środkowego dewonu generalnie zawierają niewielką ilość węgla organicznego od 0,10 do 0,30% Corg. Jedynie w dolnych partiach pionowego profilu utworów ilość oznaczonego węgla organicznego jest wyższa (fig. 41). Jednak punktowe występowanie wyższej zawartości stałej materii organicznej nie pozwala określić tych utworów jako „dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodórów. Występująca w nich ilość bituminów jest mała (tab. 10). Procentowy udział węglowodórów w bituminach jest niższy niż żywic i asfaltenów. W składzie węglowodórów w przeważającej ilości występują węglowodory nasycone w stosunku do węglowodórów aromatycznych (tab. 10, fig. 42). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego oznaczonego w utworach środkowego dewonu pozwala stwierdzić, iż warunki sedymentacji w basenie były redukcyjne (tab. 10).

Utwory górnego dewonu zawierają niewielką ilość węgla organicznego (tab. 10, fig. 41). Utwory te charakteryzują się zmienną sedymentacją, zawarta w nich ilość węgla organicznego pozwala określić jako „dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodórów wapienie w interwale głębokości 4923,0–4907,0 m, utwory klastyczne w tej części profilu mogą być uznane za „biedne” lub „słabe” dla generowania

węglowodórów (fig. 41). Ilość bituminów w tych utworach jest śladowa (tab. 10). W wydzielonych bituminach udział węglowodórów jest bardzo zróżnicowany, wynosi minimalnie 5%, a maksymalnie 51%, zróżnicowany jest również udział procentowy asfaltenów i żywic. W składzie węglowodórów przeważają węglowodory aromatyczne nad węglowodorami nasyconymi (fig. 42). Wyjątkiem są wapienie z głębokości 5009,0 m, z których wydzielone bituminy, jak zostało już zaznaczone powyżej, zawierają dużo węglowodórów z procentową przewagą węglowodórów nasyconych nad aromatycznymi. Wartość współczynnika migracji sugeruje, iż bituminy występujące na głębokości 5009,0 m są epigenetyczne w stosunku do osadu, co potwierdza ich skład z przewagą ilościową węglowodórów nasyconych (Gondek, 1980) (tab. 10). Natomiast wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego pozwala stwierdzić, iż osady górnego dewonu powstały w basenie z silnie redukcyjnymi warunkami środowiska (tab. 10).

W utworach czerwonego spągowca zawartość węgla organicznego jest śladowa w całym profilu (fig. 41). Mała jest również zawartość bituminów. Udział węglowodórów w bituminach jest stosunkowo niewysoki (tab. 10). Generalnie w składzie węglowodórów jest przeważają węglowodory nasycone nad aromatycznymi, przy czym przewaga ta jest niewielka (tab. 10, fig. 42). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego pozwala stwierdzić, iż osady te powstawały w środowisku redukcyjnym.

Zawartość węgla organicznego w utworach cechsztynu jest śladowa w całym profilu (tab. 10, fig. 41). Mała jest również zawartość bituminów. Wartość wyliczonego współczynnika migracji pozwala przypuszczać, iż głównie w centralnej części pionowego profilu utworów cechsztynu bituminy są epigenetyczne. Udział węglowodórów w bituminach jest bardzo zróżnicowany waha się od 9 do 68% (tab. 10). W składzie węglowodórów jest bardzo duże zróżnicowanie udziału

Tabela 10

Dane geochemiczne z badań materii organicznej z otworu Bydgoszcz IG 1

Geochemical data for organic matter from the Bydgoszcz IG 1 borehole

Głębokość [m]	Stratygrafia	Litologia	Zawartość bituminów [%]	Zawartość Corg. [%]	Eh [mV]	Zawartość węglowodorów w bituminach [%]	Zawartość węglowodorów w skale* [%]	Zawartość węglowodorów nasyt. w bitum. [%]	Zawartość węglowodorów arom. w bitum. [%]	Zawartość żywic i asfaltarów [%]	Współczynnik migracji*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1471,0	J ₁	psc	0,009	1,50	616	4	0,001	2,0	2,0	96	0,007
1813,3		psc+młc	0,037	0,20	592	10	0,001	9,0	1,0	90	0,005
1814,0		ilc	0,006	0,25	–	–	–	–	–	–	–
1924,0	T ₃	psc	0,013	0,20	582	10	0,001	9,0	1,0	90	0,005
2024,0	T ₂	młc	0,008	0,70	616	17	0,001	16,0	1,0	83	0,001
2100,0		wap	0,010	0,20	606	17	0,002	16,0	1,0	83	0,010
2101,0		wap	0,004	0,09	–	–	–	–	–	–	–
2168,0	T ₁	wap	0,009	0,20	620	22	0,002	9,0	13,0	78	0,010
2227,0		młc	0,005	0,10	642	12	0,001	6,0	6,0	88	0,010
2303,0		ilc	0,009	0,20	606	18	0,002	9,0	9,0	82	0,010
2348,2		ilc	0,005	0,20	644	23	0,001	9,0	14,0	77	0,005
2407,0		ilc	0,005	0,20	646	–	–	–	–	–	–
2485,0		młc	0,005	0,20	650	–	–	–	–	–	–
2565,0		ilc	0,008	0,10	654	17	0,001	8,5	8,5	83	0,010
2638,0		ilc	0,006	0,10	652	17	0,001	8,0	8,0	83	0,010
2849,0		młc	0,004	0,10	624	–	–	–	–	–	–
2983,0		ilc	0,003	0,10	643	–	–	–	–	–	–
3005,0		ilc	0,006	0,10	646	14	0,001	7,0	7,0	86	0,010
3028,0		mrl	0,004	0,10	604	–	–	–	–	–	–
3069,0		ilc	0,006	0,10	620	21	0,001	14,0	7,0	79	0,010
3102,0		młc	0,005	0,10	616	15	0,001	10,0	5,0	85	0,010
3220,0		młc	0,008	0,10	622	13	0,001	6,5	6,5	87	0,010
3260,0		młc	0,003	0,10	612	–	–	–	–	–	–
3347,0		ilc	0,006	0,10	614	14	0,001	7,0	7,0	86	0,010
3504,0		młc	0,004	0,03	–	–	–	–	–	–	–
3506,0		młc	0,015	0,10	624	12	0,002	9,0	3,0	88	0,020
3609,0		P _{3cech.}	młc	0,001	0,10	648	–	–	–	–	–
3610,0	sol		0,010	–	–	38	0,004	0,4	37,6	62	–
3624,0	sol		0,007	–	–	32	0,002	7,0	25,0	68	–
4005,0	and		0,011	0,10	566	44	0,005	29,0	15,0	56	0,050
4020,0	and		0,001	0,10	536	–	–	–	–	–	–
4037,0	and		0,007	0,10	566	38	0,003	21,0	17,0	62	0,030
4053,0	ilc		0,007	0,10	596	32	0,002	12,0	20,0	68	0,020
4055,0	sol		0,010	–	–	23	0,002	3,0	20,0	77	–

Tabela 10 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4070,0	P _{3cech}	sol	0,015	–	–	8	0,001	1,0–	7,0	92	–
4175,0		and	0,002	0,10	556	–	–	–	–	–	–
4180,0		and	0,004	0,01	–	–	–	–	–	–	–
4188,0		and	0,012	0,10	566	61	0,007	60,0	1,0	39	0,070
4192,0		sol	0,001	–	–	10	0,0001	7,5	2,5	90	–
4205,0		and	0,001	0,10	582	–	–	–	–	–	–
4220,0		and	0,002	0,10	578	9	0,001	3,0	6,0	91	0,010
4239,0		and	0,004	0,10	580	68	0,003	48,0	20,0	32	0,030
4241,0		and	0,009	0,10	586	24	0,002	10,0	14,0	76	0,020
4245,0		młc	0,004	0,10	584	3	0,001	1,5	1,5	97	0,010
4254,0		wap	0,004	0,20	602	27	0,001	17,0	10,0	73	0,005
4260,0		młc	0,004	0,10	620	33	0,001	17,0	16,0	67	0,001
4274,0		młc	0,005	0,20	622	15	0,001	9,0	6,0	85	0,005
4291,0	młc	0,005	0,10	626	14	0,001	6,0	8,0	86	0,010	
4310,0	młc	0,003	0,10	624	–	–	–	–	–	–	
4513,0	młc	0,003	0,10	630	–	–	–	–	–	–	
4531,0	młc	0,006	0,10	626	17	0,001	9,0	8,0	83	0,010	
4616,0	młc	0,009	0,10	628	26	0,002	17,0	9,0	74	0,020	
4633,0	pse	0,002	0,10	626	–	–	–	–	–	–	
4735,0	młc	0,004	0,10	626	21	0,001	15,0	6,0	79	0,010	
4752,0	młc	0,003	0,10	634	32	0,001	18,0	14,0	68	0,010	
4853,0	D ₃	wap	0,003	0,10	596	–	–	–	–	–	–
4863,0		itc	0,003	0,20	586	–	–	–	–	–	–
4870,0		itc	0,002	0,20	590	–	–	–	–	–	–
4890,0		wap	0,001	0,10	578	–	–	–	–	–	–
4907,0		wap	0,002	0,30	590	–	–	–	–	–	–
4923,0		wap	0,019	0,40	582	5	0,001	2,0	3,0	95	0,0025
4933,0		itc	0,008	0,60	582	35	0,003	10,0	25,0	65	0,005
4994,0		mrl	0,002	0,13	–	–	–	–	–	–	–
5009,0		wap	0,005	0,10	588	51	0,003	40,0	11,0	49	0,030
5064,0		pse	0,005	0,10	604	32	0,002	25,0	7,0	68	0,020
5072,0		itc	0,003	0,10	640	–	–	–	–	–	–
5091,0		mrl	0,003	0,20	600	17	0,001	12,0	5,0	83	0,005
5110,0		D ₂	pse	0,005	0,20	612	35	0,002	23,0	12,0	65
5121,0	pse		0,003	0,20	610	–	–	–	–	–	–
5135,0	itc		0,001	0,20	598	–	–	–	–	–	–
5172,0	itc		0,003	0,30	604	–	–	–	–	–	–
5195,0	młc		0,002	0,30	578	–	–	–	–	–	–
5212,0	pse		0,004	0,20	632	29	0,001	16,0	13,0	71	0,005
5223,0	itc		0,0001	0,20	584	–	–	–	–	–	–

Tabela 10 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
5238,0	D ₂	młc	0,007	0,10	604	11	0,001	6,0	5,0	89	0,010	
5252,0		wap	0,001	0,10	604	–	–	–	–	–	–	
5286,0		iłc	0,008	0,20	596	8	0,001	4,0	4,0	92	0,005	
5303,0		ilc	0,001	0,30	600	–	–	–	–	–	–	
5329,0		iłc	0,005	0,30	606	10	0,001	5,0	5,0	90	0,003	
5331,0		psc	0,003	0,21	–	–	–	–	–	–	–	
5334,0		psc	0,005	0,20	596	29	0,001	21,0	8,0	71	0,005	
5378,0		ilc	0,001	0,20	560	–	–	–	–	–	–	
5392,0		młc	0,003	0,01	570	30	0,001	24,0	6,0	70	0,100	
5421,0		psc	0,0001	0,30	570	–	–	–	–	–	–	
5437,0		iłc	0,0001	0,60	546	–	–	–	–	–	–	
5475,0		psc	0,003	0,40	586	38	0,001	24,0	14,0	62	0,0025	
5490,0		iłc	0,003	1,00	542	–	–	–	–	–	–	
5491,0		ilc	0,001	0,12	–	–	–	–	–	–	–	
5506,0		ilc	0,008	0,80	540	11	0,001	7,0	4,0	89	0,001	
5507,0		ilc	0,002	0,06	–	–	–	–	–	–	–	
5524,0		ilc	0,003	1,70	564	20	0,001	8,0	12,0	80	0,0006	
5541,0		mrl	0,008	1,20	570	13	0,001	8,0	5,0	87	0,0008	
5600,0		S	ilc	0,0001	0,90	566	–	–	–	–	–	–
5615,0			ilc	0,003	0,21	–	–	–	–	–	–	–
5616,0	ilc		0,008	1,00	578	14	0,001	6,0	8,0	86	0,001	

* według Gondek (1980); **litologia**: psc – piaskowiec, młc – mułowiec, psc+młc – piaskowiec i mułowiec, ilc – ilowiec, wap – wapień, mrl – margiel, and – anhydryt, sol – sól kamienna

* according to Gondek (1980); **lithology**: psc – sandstone, młc – mudstone, psc+młc – sandstone + mudstone, ilc – claystone, wap – limestone, mrl – marl, and – anhydrite, sol – halite

węglowodórów nasyconych i aromatycznych, generalnie jednak występuje przewaga węglowodórów nasyconych (tab. 10, fig. 42). Jedynie w bituminach wydzielonych z anhydrytów mających cechy składników labilnych syngenetycznych z osadem i bituminów wydzielonych z soli stwierdzono przewagę węglowodórów aromatycznych nad nasyconymi w składzie węglowodórów.

Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego pozwala stwierdzić, iż osady te powstawały w środowisku silnie redukcyjnym.

Klastyczne utwory dolnego triasu wykazują śladową ilość węgla organicznego zwiększającą się nieznacznie ku ich stropowi (tab. 10, fig. 41). Bardzo mała jest też w tych utworach zawartość bituminów, w których oznaczono niewielki udział węglowodórów, a znaczny udział asfaltenów i żywicy (tab. 10). W składzie węglowodórów na ogół istnieje procentowa równowaga, sporadycznie występuje zwiększona ilość frakcji węglowodórów nasyconych w stosunku do węglowodórów aromatycznych lub odwrotnie (fig. 42). Wartość potencjału oksy-

dacyjno-redukcyjnego pozwala wnioskować, iż sedymentacja tych osadów generalnie następowała w środowisku słabo redukcyjnym (tab. 10).

Utwory środkowego triasu badane jedynie wrywkowo zawierają zróżnicowaną ilość węgla organicznego i małą ilość bituminów (tab. 10, fig. 41). Głównym składnikiem bituminów są żywice i asfalteny, natomiast udział w bituminach węglowodórów jest mały wynosi 17%. W składzie węglowodórów wyższa jest zawartość węglowodórów nasyconych niż węglowodórów aromatycznych (fig. 42). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego sugeruje, że sedymentacja osadów generalnie następowała w środowisku redukcyjnym (tab. 10).

Materia organiczna w utworach górnego triasu występuje w małej ilości (tab. 10, fig. 41). Ilość bituminów w tych utworach jest także mała. Bardzo mała jest zawartość węglowodórów w bituminach, wysoki zaś udział frakcji asfaltenów i żywicy. W składzie węglowodórów zaznacza się wyraźna przewaga węglowodórów nasyconych nad węglowodorami aromatycznymi (tab. 10, fig. 42). Wartość potencjału oksydacyj-

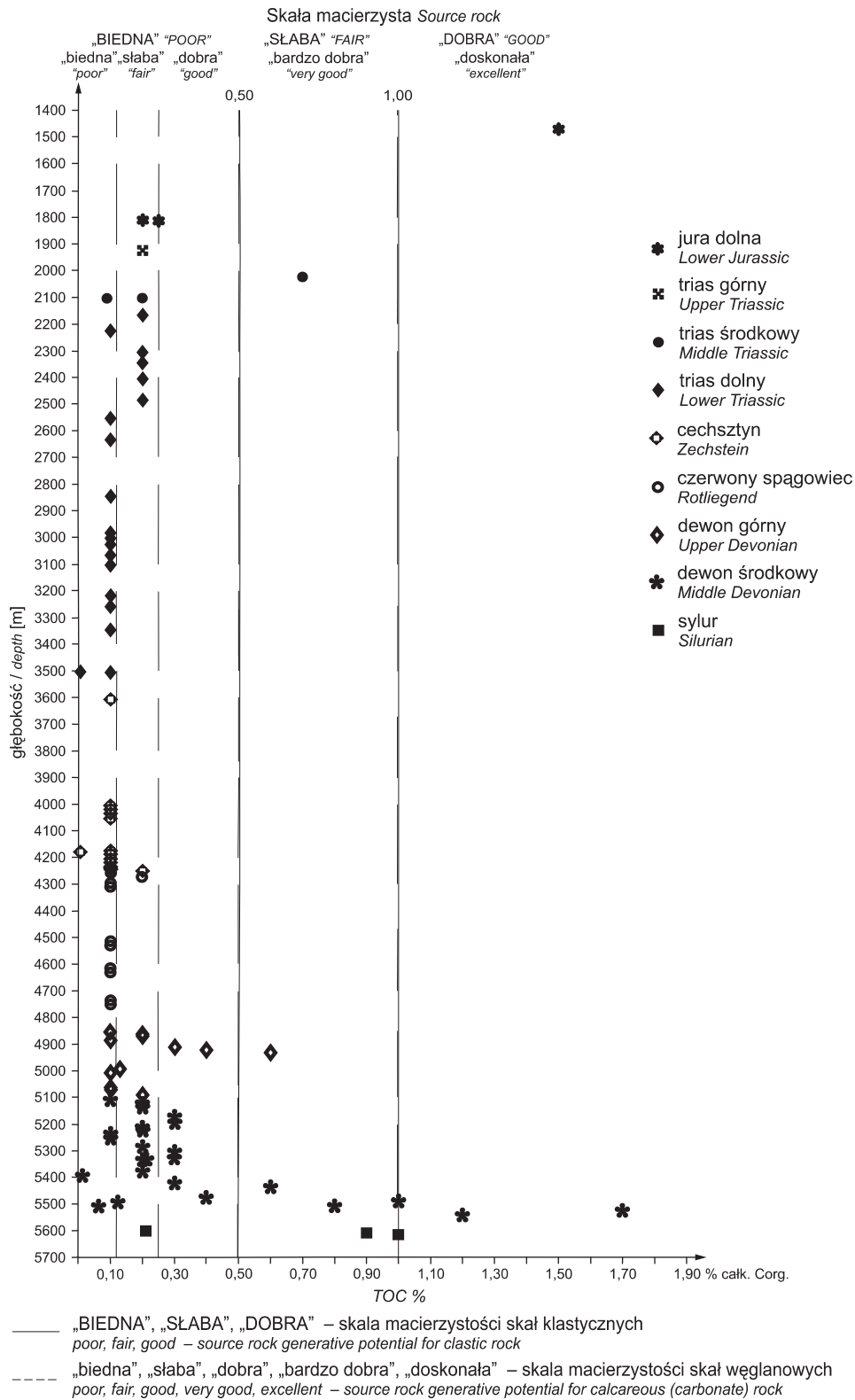


Fig. 41. Zawartość procentowa węgla organicznego i jej zależność od głębokości w utworach mezozoiku i paleozoiku; ocena macierzystości wg Petersa (1986)

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

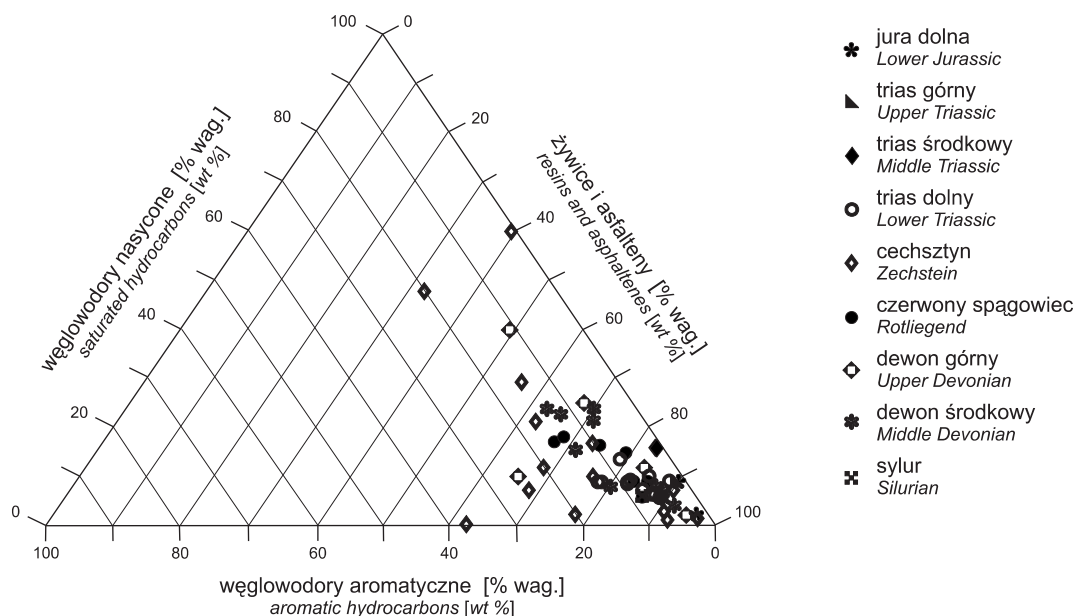


Fig. 42. Diagram trójkątny składu grupowego bituminów z utworów mezozoiku i paleozoiku w profilu Bydgoszcz IG 1

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

no-redukcyjnego wskazuje na silnie redukcyjne warunki środowiska (tab. 10).

Utwory dolnej jury, przebadane podobnie jak utwory triasu wyrywkowo, charakteryzują się dużym rozrzutem oznaczonej zawartości węgla organicznego, która wynosi w górnej części pionowego profilu utworów 1,5%, a w dolnych partiach 0,20–0,25% (tab. 10). Zmienna jest więc klasyfikacja tych skał dla generowania węglowodorów od „biednych” skał macierzystych po „dobre” w przebadanym pojedynczym przypadku (fig. 41). Zawartość składników labilnych w tych

utworach również jest zróżnicowana, od niewielkiej w części górnej i dolnej do podwyższonej w części centralnej badanych utworów. W wydzielonych bituminach zawartość węglowodorów jest mała lub bardzo mała. W dolnych partiach osadów duży jest udział węglowodorów nasyconych w stosunku do aromatycznych, a w utworach z górnych partii zawartość obu frakcji węglowodorów jest w równowadze (fig. 42). Wartość potencjału oksydacyjno-redukcyjnego pozwala określić środowisko sedymentacji osadów dolnej jury jako redukcyjne lub silnie redukcyjne (tab. 10).

ŚRODOWISKO DEPOZYCJI MATERII ORGANICZNEJ JEJ TYP GENETYCZNY I STOPIEŃ DOJRZAŁOŚCI

Dystrybucja n-alkanów z niższych partii osadów środkowego dewonu wykazała, iż w materii organicznej występują głównie związki o krótkich łańcuchach węglowych z maksimum związku C_{23} . W dystrybucji tej obecny w dużej ilości jest także związek C_{26} pochodzący z rozkładu kwasów tłuszczowych i związek $n-C_{25}$ pochodzący z rozkładu roślin wyższych, który wskazuje, iż materiał terygeniczny jest na wysokim stopniu przeobrażenia (fig. 43A). Analiza węglowodorów izoprenoidowych wykazała ich śladową ilość w tych utworach. W wyższych partiach utworów rozmieszczenie n-alkanów wskazuje, iż w materii organicznej w największej

ilości występuje związek $n-C_{25}$ pochodzący z silnie przeobrażonego materiału terygenicznego, a także jest duży udział materii pochodzącej z rozkładu alg, o czym świadczy obecność związku $n-C_{23}$ (fig. 43B).

Stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu i fitanu (Pr/Ph) sugeruje, iż warunki środowiska w basenie sedymentacyjnym były silnie redukcyjne (tab. 11; Didyk i in., 1978). Wartości wskaźników CPI, wynosząca powyżej jedności w pionowym profilu utworów dewonu środkowego oznacza, że materia organiczna obecna w tych utworach jest słabo przeobrażona, natomiast wartości wskaźników poniżej

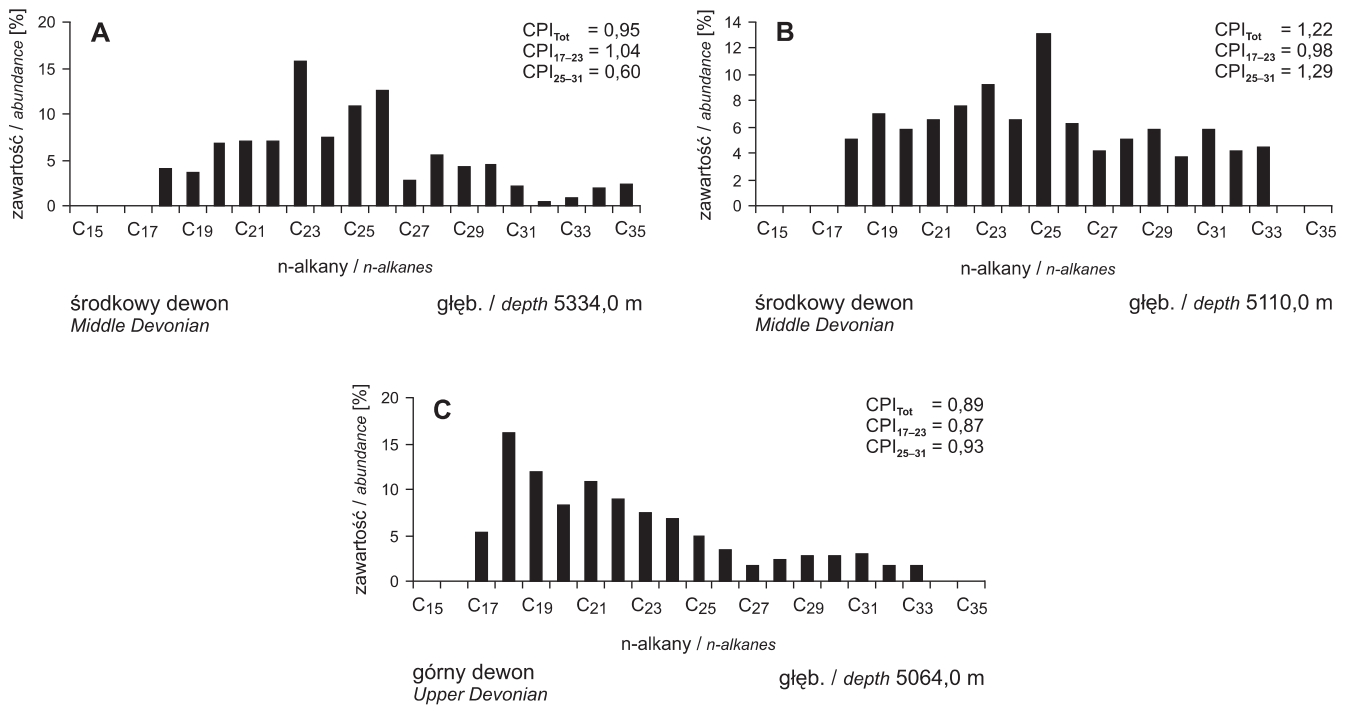


Fig. 43. Dystrybucja n-alkanów w utworach środkowego i górnego dewonu

Distribution of n-alkanes in the Middle and Upper Devonian deposits

jedności wykazują obecność dużej ilości związków o parzystej liczbie węgla w cząsteczce, co uniemożliwia jednoznaczną ocenę stopnia dojrzałości badanej materii organicznej (tab. 11).

Dystrybucja n-alkanów wykazała, że materia organiczna występująca w utworach dewonu górnego zawiera znaczną ilość związków o parzystej liczbie węgla (C_{18} , C_{20}) jak również dużo związków zawierających 19 i 21 węgla w łańcuchu, co sugeruje, że materiałem wyjściowym były bakterie i algi (Maliński, Witkowski, 1988). W utworach dewonu górnego w małej ilości występują związki zawierające 25, 27 lub 29 węgla w łańcuchu związane z materia organiczną typu humusowego (fig. 43C). Analiza węglowodorów izoprenoidowych wykazała, podobnie jak w przypadku dolnych partii utworów środkowego dewonu, ich śladową ilość w tych utworach. Wartości wskaźników CPI_{Tot} , CPI_{17-23} i CPI_{25-31} wynoszące poniżej jedności są wynikiem dużej zawartości związków o parzystej liczbie węgla w cząsteczce.

Analiza n-alkanów wykazała, że materia organiczna występująca w dolnych partiach osadów czerwonego spągowca zawiera znaczną ilość związków o parzystej liczbie węgla (C_{20} i C_{22}), jak również dużo związków zawierających 21 lub 23 węgle w łańcuchu, co sugeruje, że materiałem wyjściowym były bakterie i algi (Tissot, Welte, 1978) (fig. 44A). W wyższych partiach tego kompleksu skalnego w materii organicznej oprócz dużej ilości związków pochodzących z rozkładu alg występuje duża ilość związku C_{25} łączona z rozkładem roślin wyższych. Takie rozmieszczenie n-alkanów sugeruje, że

w skład badanej materii w tej partii utworów wchodzi zarówno sapropel, jak i humus (fig. 44B). W utworach czerwonego spągowca węglowodory izoprenoidowe występują w ilościach mniejszych od ilości oznaczanych stosowanymi metodami. Wartość wskaźników CPI_{25-31} pozwala sądzić, iż materia organiczna typu humusowego występująca w tych utworach jest słabo przeobrażona. Ze względu na skład badanej materii, w której obecne są w dużej ilości związki o parzystej liczbie węgla w cząsteczce, wartość wskaźnika CPI_{Tot} i CPI_{17-23} jest poniżej jedności, co uniemożliwia jednoznaczną ocenę stopnia przeobrażenia badanej materii organicznej (tab. 11).

Osady cechsztynu charakteryzują się dużym udziałem materii organicznej typu sapropelowego zawierającej niewielką ilość materiału terygenicznego o wysokim stopniu dojrzałości. W spągu tych utworów materia organiczna zawiera dużą ilość n-alkanów o krótkich łańcuchach węglowych z maksymalną zawartością związku C_{20} i dużą ilością C_{23} , świadczącymi o jej pochodzeniu z rozkładu bakterii i alg. Związki o długich łańcuchach węglowych reprezentowane są przez n-alkan C_{25} łączony z materiałem terygenicznym na wysokim stopniu przeobrażenia. Pozostałe związki są nieobecne (fig. 45A). Warunki środowiska w jakich osadzała się materia organiczna w tych utworach były silnie utleniające, co sugeruje wartość Pr/Ph, która wynosi 1,72 (tab. 11). W wyższych partiach osadów cechsztynu występuje głównie słabo dojrzała materia organiczna typu sapropelowego (C_{18} , C_{19} , C_{20} , C_{23}) z dodatkiem przeobrażonego materiału terygenicznego (C_{25}).

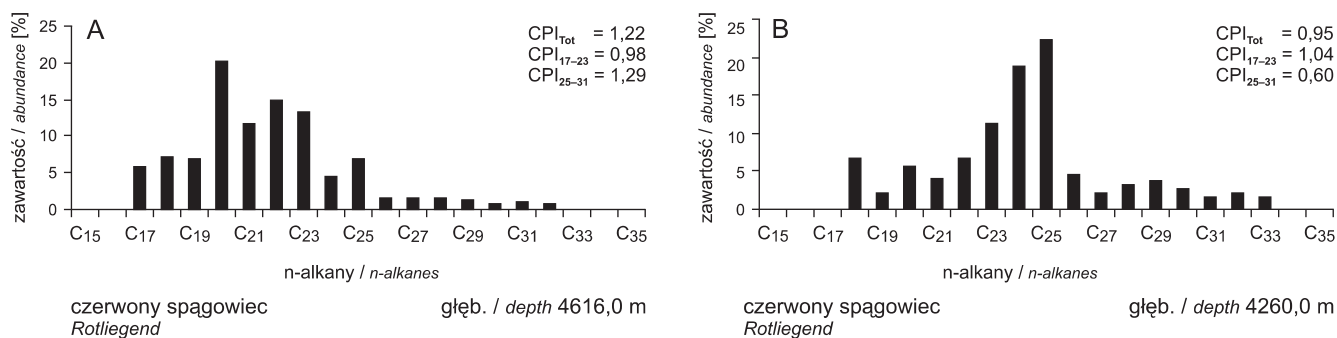


Fig. 44. Dystrybucja n-alkanów w utworach czerwonego spągowiec

Distribution of n-alkanes in the Rotliegend deposits

Pozostałe węglowodory o długich łańcuchach węglowych są w bardzo małych ilościach (fig. 45B, C). Warunki środowiska w jakich osadzała się materia organiczna w tych utworach były zmienne, od silnie utleniających do redukcyjnych, co sugerują wartości Pr/Ph wahające się od 1,7 do 0,37 (tab. 11; Didyk i in., 1978). Utleniające warunki środowiska w basenie sedimentacyjnym cechsztynu są przypuszczalnie wynikiem biodegradacji węglowodorów izoprenoidowych w materii organicznej. Wartość wskaźników CPI₂₅₋₃₁ pozwala sądzić, iż materia organiczna typu humusowego występująca w central-

nej części osadów cechsztynu jest słabo przeobrażona, natomiast ze względu na obecność w badanej materii dużej ilości związki o parzystej liczbie węgla w cząsteczce wartość wskaźnika CPI_{Tot} CPI₁₇₋₂₃ jest poniżej jedności, co uniemożliwia jednoznaczną ocenę stopnia przeobrażenia tej materii organicznej (tab. 11). W wyższych partiach utworów cechsztynu wyliczone wskaźniki CPI wskazują, iż materia organiczna jest wysoko przeobrażona (tab. 11).

W utworach dolnego triasu badana materia organiczna ma bardzo zróżnicowany skład w pionowym profilu. W dolnych

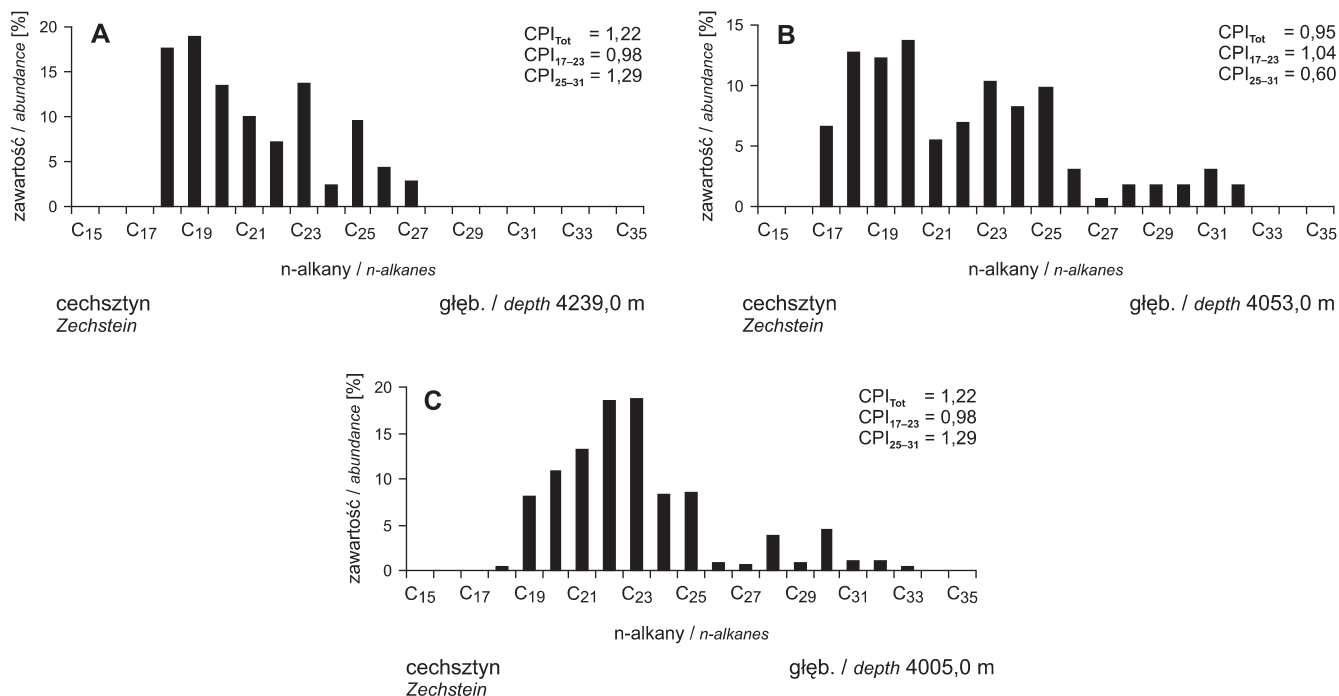


Fig. 45. Dystrybucja n-alkanów w utworach cechsztynu

Distribution of n-alkanes in the Zechstein deposits

Tabela 11

Wskaźniki geochemiczne dla bituminów z osadów górnego paleozoiku i mezozoiku
Geochemical data for bitumens from the Upper Paleozoic and the Mesozoic deposits

Stratygrafia	Głębokość [m]	Pr/Ph	CPI _{Tot}	CPI ₁₇₋₂₃	CPI ₂₅₋₃₁	n-C _{max}
D ₂	5334,0	bd.	0,95	1,04	0,60	C ₂₃
	5110,0	0,19	1,22	0,98	1,29	C ₂₅
D ₃	5064,0	bd.	0,90	0,87	0,99	C ₁₈
P _{3cz.sp.}	4616,0	bd.	0,89	0,66	1,80	C ₂₀
	4260,0	bd.	0,96	0,62	1,67	C ₂₅
P _{3cech.}	4239,0	1,7	n. oz.	n. oz.	n. oz.	C ₁₉
	4053,0	bd.	0,94	0,78	1,38	C ₂₀
	4005,0	0,37	1,06	1,02	0,67	C ₂₃ ,C ₂₂
T ₁	3069,0	bd.	0,70	0,35	0,73	C ₂₉
	2303,0	bd.	1,00	0,55	1,98	C ₂₅ ,C ₂₀
T ₂	2024,0	0,22	0,96	0,70	1,38	C _{0,95}
J ₁	1813,0	2,5	0,95	1,04	1,53	C ₂₄

Stratygrafia: D₂ – dewon środkowy; D₃ – dewon górny; P_{3cz.sp.} – perm górny, czerwony spągowiec; P_{3cech.} – perm górny, cechsztyń; T₁ – trias dolny; T₂ – trias środkowy; J₁ – jura dolna; **Pr/Ph** – stosunek pristanu (Pr) do fitanu (Ph); **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):

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

wg Nowa metoda obliczeń wskaźnika CPI i wykorzystanie badań dys-

trybucji n-alkanów i izoprenoidów w prospekcji naftowej

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

Stratigraphy: D₂ – Middle Devonian; D₃ – Upper Devonian; P_{3cz.sp.} – Upper Permian, Rotliegend; P_{3c.} – Upper Permian, Zechstein; T₁ – Lower Triassic; T₂ – Middle Triassic; J₁ – Lower 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 – the value of coefficient CPI 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 – the value of coefficient CPI 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

partiach utworów oznaczono głównie związki o długich łańcuchach C_{28} , C_{30} pochodzące przypuszczalnie z rozpadu kwasów tłuszczowych i związków C_{29} pochodzący z rozpadu roślin wyższych, a także znaczną ilość związku C_{20} łączonego z rozpadem bakterii. Pozostałe związki są w małej lub śladowej ilości (fig. 46A). Taki przebieg krzywej dystrybucji wskazuje na zjawisko biodegradacji jakie zachodziło w badanej materii, jednocześnie wskazując na słabe przeobrażenie materii. Dystrybucja n-alkanów z wyższych partii utworów środkowego triasu wykazała, że w materii organicznej występuje głównie związek C_{25} charakterystyczny dla materii organicznej typu humusowego dobrze przeobrażonej. W mniejszej ilości obecny jest w tej materii związek C_{31} pochodzący również z rozpadu roślin wyższych, charakteryzujący bardzo słaby stopień przeobrażenia materiału. Obecny jest w badanej materii także w dużej ilości n-alkan C_{20} pochodzący z rozpadu bakterii i n-alkan C_{23} wiązany z rozpadem alg (fig. 46B). Można więc stwierdzić, że w badanej materii występuje słabo dojrzała materia organiczna *in situ* i doniesiona materia organiczna typu humusowego uprzednio już przeobrażona. Wartość wskaźników CPI wskazuje na zróżnicowany stopień dojrzałości tej materii (tab. 11).

Analiza n-alkanów wykazała, że materia organiczna występująca w utworach środkowego triasu zawiera maksymalną ilość związków o parzystej liczbie węgli (C_{20}) jak również dużo związków zawierających 23 węgle w łańcuchu, co sugeruje, iż materiałem wyjściowym były bakterie i algi,

a materia ta jest słabo dojrzała (Tissot, Welte, 1978). Jednocześnie w dystrybucji n-alkanów oznaczony został też związek mający 25 węgli w łańcuchu łączony z rozkładem roślin wyższych co znaczy, że w skład badanej materii wchodzi zarówno sapropel, jak i humus. Materiał terygeniczny w danym przypadku jest wysoko przeobrażony (fig. 46C). Pozostałe n-alkany występują w niewielkiej lub śladowej ilości. Warunki środowiska w jakich osadzała się materia organiczna w tych utworach były silnie redukcyjne, co sugeruje wartość Pr/Ph, która wynosi 0,22 (tab. 11). Wartość wskaźników CPI_{25-31} pozwala sądzić, że materia organiczna typu humusowego nie w całej masie jest na wysokim stopniu dojrzałości.

W kompleksie skalnym dolnej jury w materii organicznej występuje duża ilość związku C_{24} i C_{18} , łączona z rozkładem bakterii i kwasów tłuszczowych. Obecne są również związki zawierające 19 i 17 węgli w łańcuchu, co pozwala sądzić, że materia organiczna tworzyła się z rozpadu alg (fig. 46D). Stosunek pristanu do fitanu, oznaczony w materii organicznej pochodzącej z tych utworów, wykazuje, iż w basenie sedymentacyjnym warunki środowiska były silnie utleniające. W tych utworach wartość potencjału red-oks określiła środowiska depozycji jako redukcyjne. Różnica w ocenie środowiska sedymentacji badanego dwoma niezależnymi metodami może wynikać ze stosunkowo niskiej precyzji oceny warunków panujących w basenie sedymentacyjnym, przy zastosowaniu analizy potencjału oksydacyjno-redukcyjnego skał. Należy podkreślić, że metoda potencjału red-oks jest metodą prostą

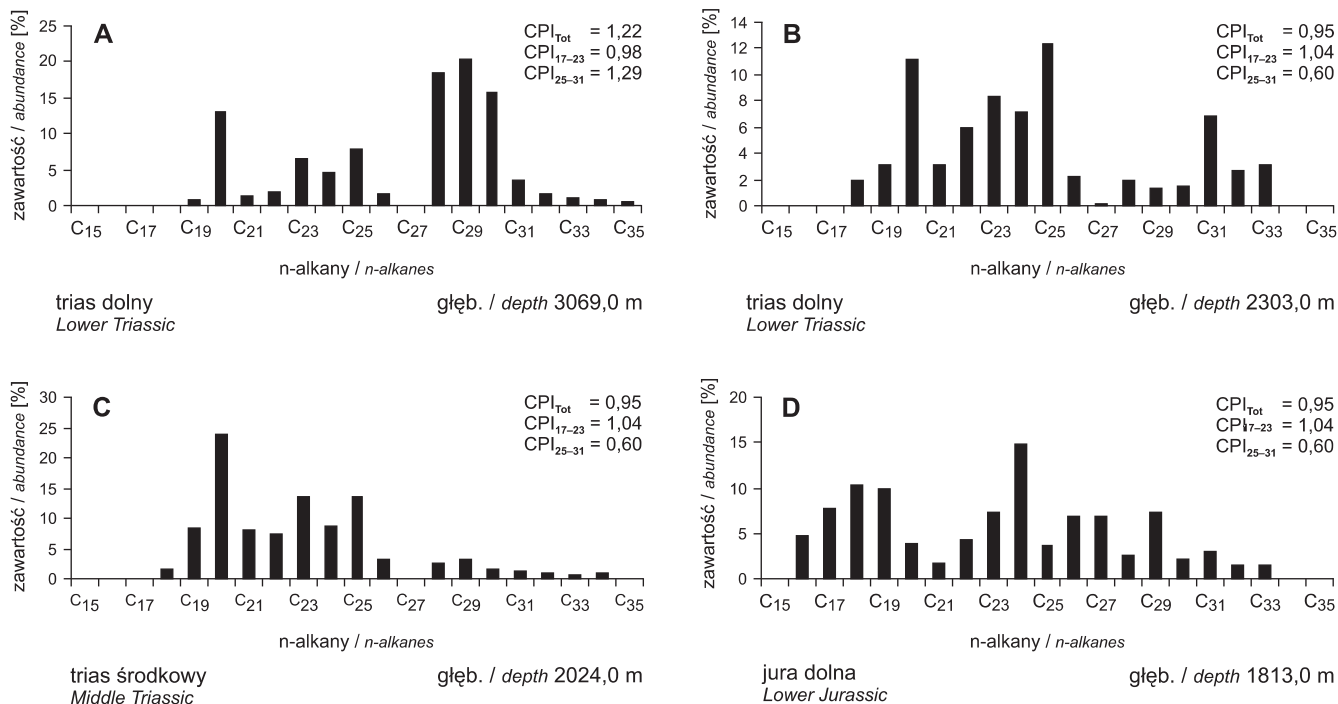


Fig. 46. Dystrybucja n-alkanów w utworach triasu dolnego (A, B) i środkowego (C) oraz jury dolnej (D)

Distribution of n-alkanes in the Lower (A, B) and Middle Triassic (C) and Lower Jurassic (D) deposits

do wykonania, obecnie nie stosowaną, ale w poprzednich latach stosowaną standardowo. Jednocześnie należy podkreślić, że według przebiegu krzywej dystrybucji n-alkanów w badanej materii mogło mieć miejsce zjawisko biodegradacji, co miało wpływ na ilość węglowodorów izoprenoidowych obecnych w materii organicznej. Wartość wskaźników CPI sugeruje, iż materia organiczna występująca w utworach dolnej jury jest na zmiennym stopniu przeobrażenia. Ze względu na skład badanej materii, w której obecne są w dużej ilości związki o parzystej liczbie węgla w cząsteczce CPI_{Tot} , osiąga wartość poniżej jedności. W przypadku wskaźnika oceniającego stopień dojrzałości materii sapropelowej jego wartość wskazuje na wysoki stopień przeobrażenia tej materii, natomiast materia humusowa jest słabo przeobrażona (tab. 11).

Podsumowując wyniki badań geochemicznych materii organicznej z utworów w profilu otworu Bydgoszcz IG 1 należy stwierdzić, że generalnie skały te charakteryzują się małą zawartością węgla organicznego i składników labilnych. Duża ilość węgla organicznego, pozwalająca określić osady jako „dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodorów, występuje jedynie w spagu utworów środkowego dewonu i w jurze dolnej. Stwierdzono, że w utworach cechsztynu występują bituminy epigenetyczne z osadem. Materia organiczna znajdująca się w utworach środkowego dewonu generalnie pochodzi z rozkładu bakterii i alg, jest więc dobrym materiałem „ropotwórczym”. W utworach dolnej jury współwystępują dwa typy genetyczne materii organicznej. Utwory jury dolnej są jednak bardzo słabo przebadane.