

# WYNIKI BADAŃ MATERII ORGANICZNEJ

Izabella GROTEK

## PETROGRAFIA I DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA MATERII ORGANICZNEJ ROZPROSZONEJ W OSADACH PALEOZOIKU

### WSTĘP

Charakterystykę petrograficzną materii organicznej rozproszonej w profilu osadów paleozoiku z otworu wiertniczego Busówno IG 1 przeprowadzono na podstawie analizy 24 próbek reprezentujących utwory karbonu (12 próbek), dewonu (2 próbki), syluru (4 próbki), kambru (4 próbki) oraz ediakaru (2 próbki). Znaczna część wyników badań zawarta jest w publikacjach (Swadowska, Sikorska, 1998) oraz opracowaniach archiwalnych (Grotek, 2006).

Podstawę analityczną pracy stanowią badania mikroskopowe wykonane w świetle odbitym białym oraz we fluorescencji umożliwiającej identyfikację, nierozróżnialnych części w świetle białym, składników maceralnych grupy liptynitów oraz impregnacji bitumicznych (Teichmüller, 1982). Analizy przeprowadzone zostały na mikroskopie polaryzacyjnym Axioskop firmy Zeiss wyposażonym w przystawkę mikrofotometryczną umożliwiającą pomiar zdolności refleksyjnej materii organicznej.

Pomiary przeprowadzono w imersji, na polerowanych płytkach skał osadowych zawierających, w przypadku

utworów dewon–kambr/ediakar, materiał wityrynitopodobny o cechach optycznych wityrynitów (graptolity i stałe bituminy/bituminy) oraz na macerałach wityrynitów w osadach karbonu. Składniki te charakteryzują się liniowym wzrostem zdolności odbicia światła wraz ze wzrostem stopnia dojrzałości (Stach i in., 1982). Wymagana wielkość ziaren  $>5 \mu\text{m}$  jest minimalną, niezbędną do uzyskania właściwego wyniku (Jacob, 1972).

Badania wykonano przy użyciu: – wzorców ze szkła optycznego o określonej, stałej refleksyjności: 0,4958; 0,9207; 1,14130 oraz 1,6618%; – filtru monochromatycznego o długości fali 546 nm; blendy pomiarowej o wielkości 0,16 mm; olejku imersyjnego o  $n_D = 1,515$  w temp. 20–25°C.

Analiza jakościowa macerałów grupy liptynitów została wykonana przy użyciu niebieskiego filtra wzbudzającego. Przy opisie składników petrograficznych stosowano nomenklaturę i klasyfikację przyjętą przez Międzynarodowy Komitet Petrologii Węgla (ICCP; International..., 1994). Uzyskane wyniki zostały zamieszczone w tabelach 13 i 14.

### OMÓWIENIE WYNIKÓW ANALIZ

#### Karbon

Utwory karbonu (westfal, namur, wizen) przebadane w 12 próbkach osadów klastycznych (2 próbki piaskowca oraz łożowca i mułowca) z interwału głębokości 681,0–1420,2 m zawierają głównie autigeniczną materię organiczną typu humusowego.

Najliczniej reprezentowanym składnikiem organicznym w kompleksie karbońskim jest wityrynit, występujący prawie wyłącznie jako jednorodny kolotelinit. Jego ilość zmienia się od 50 do 95% materii organicznej w osadzie, przy czym najmniej licznie (50–60%) jest reprezentowany w utworach namuru (tab. 13, fig. 35).

Wityrynit *in situ* tworzy zazwyczaj wydłużone soczewki oraz różnej grubości (9–30  $\mu\text{m}$ ) i długości (50–300  $\mu\text{m}$ ) laminy, często splekane; czasami ma postać gniazdowych skupień

w porach skały. Obserwuje się również drobne (2–9  $\mu\text{m}$ ) ostrokrawędziste i obtoczone ziarna wityrynitów, pochodzące zazwyczaj z redepozycji. Bardzo rzadko materiał wityrynitowy stanowi masę podstawową, zawierającą macerały liptynitów ułożone równolegle do warstwowania skały (klaryt) lub liptynitów i inertynitów (trimaceryt). Sporadycznie (głównie w utworach westfalu oraz we wkładkach węglistych wizeny) występuje telinit o różnym stopniu zachowania budowy komórkowej. Światła komórek najczęściej są wypełnione rezynitem, minerałami ilastymi lub korpokolinitem.

Macerały grupy inertynitów występują powszechnie w osadach karbonu. Ich zawartość wynosi od 10 do 30% materii organicznej w skale (nie występują jedynie w próbce mułowca ze spągu westfalu) (tab. 13, fig. 35). Reprezentowane są najliczniej przez fuzynit, semifuzynit oraz inertodetrynit tworzący niewielkie okruchy.

Tabela 13

**Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w utworach karbonu**  
 Microscopical analysis of the organic matter dispersed in the Carboniferous sediments

| Głębokość pobrania próbki [m] | Stratygrafia | Litologia | Witrynit | Inertynit | Liptynit | $R_O$ [%]   | Zakres * pomiarów | $R_{red}$ [%] |
|-------------------------------|--------------|-----------|----------|-----------|----------|-------------|-------------------|---------------|
| 681,0                         | Cw           | psc       | 70       | 20        | 10       | <b>0,65</b> | 0,45–0,82         | 0,79          |
| 695,4                         | Cw           | młc       | 85       | 10        | 5        | <b>0,68</b> | 0,55–0,84         | –             |
| 739,6                         | Cw           | iłc       | 80       | 10        | 10       | <b>0,70</b> | 0,50–0,85         | 0,83          |
| 785,4                         | Cw           | młc       | 95       | 5         | –        | <b>0,70</b> | 0,52–0,84         | –             |
| 824,3                         | Cw           | iłc       | 60       | 20        | 20       | <b>0,72</b> | 0,48–0,83         | –             |
| 873,0                         | Cw           | młc       | 65       | 15        | 20       | <b>0,75</b> | 0,52–0,85         | –             |
| 938,0                         | Cw           | młc       | 95       | –         | 5        | <b>0,73</b> | 0,53–0,88         | 1,04          |
| 1088,6                        | Cn           | iłc       | 60       | 20        | 20       | <b>0,73</b> | 0,52–0,90         | –             |
| 1154,6                        | Cn           | iłc       | 50       | 25        | 25       | <b>0,75</b> | 0,57–0,89         | 0,86          |
| 1352,9                        | Cv           | iłc       | 60       | 30        | 10       | <b>0,76</b> | 0,58–0,94         | –             |
| 1405,9                        | Cv           | młc       | 80       | 15        | 5        | <b>0,78</b> | 0,61–1,00         | –             |
| 1420,2                        | Cv           | psc       | 80       | 20        | –        | <b>0,80</b> | 0,59–1,00         | 0,98          |

Witrynit – suma witrynitów i huminitów;  $R_O$  – średnia refleksyjność witrynitów/huminitów *in situ*; \* – zakres pomiarów współczynnika  $R_O$  na macerałach witrynitów i huminitów *in situ*;  $R_{red}$  – średnia refleksyjność witrynitów redeponowanych; iłc – iłowiec, młc – mułowiec, psc – piaskowiec; Cw – westfal, Cn – namur, Cv – wizen

Witrynit – sum of the vitrinite and huminite;  $R_O$  – random value of the vitrinite and huminite *in situ* reflectivity; \* – range of the reflectivity index of the *in situ* vitrinite and huminite macerals;  $R_{red}$  – random value of the reworked vitrinite; iłc – claystone, młc – mudstone, psc – sandstone; Cw – Westphalian, Cn – Namurian, Cv – Viséan

Tabela 14

**Analiza mikroskopowa materii organicznej rozproszonej w utworach dewonu, syluru i kambru**  
 Microscopical analysis of the organic matter dispersed in the Devonian, Silurian and Cambrian sediments

| Głębokość pobrania próbki [m] | Stratygrafia    | Litologia | WTP |     | Iner. | Lip. [%] | AOM [%] | $R_O$ [%]   | Zakres* pomiarów |
|-------------------------------|-----------------|-----------|-----|-----|-------|----------|---------|-------------|------------------|
|                               |                 |           | SB  | Zoo |       |          |         |             |                  |
| 1781,6                        | D               | młc       | 49  | 29  | 3     | 6        | 13      | <b>0,94</b> | 0,72–1,10        |
| 1955,6                        | D               | młc       | 36  | 48  | 2     | 4        | 10      | <b>0,98</b> | 0,82–1,18        |
| 2173,6                        | Sp              | iłc       | 16  | 36  | –     | 3        | 45      | <b>1,07</b> | 0,90–1,30        |
| 2328,5                        | Sp              | iłc       | 28  | 30  | –     | –        | 42      | <b>1,30</b> | 1,10–1,45        |
| 2698,0                        | Sld             | łpk       | 13  | 16  | 3     | –        | 68      | <b>1,75</b> | 1,50–2,06        |
| 2863,0                        | Sw              | łpk       | 9   | 4   | 3     | –        | 84      | <b>1,76</b> | 1,40–2,12        |
| 3025,3                        | Cm <sub>1</sub> | psc       | 6   | –   | –     | –        | 94      | <b>2,34</b> | 1,80–2,90        |
| 3105,5                        | Cm <sub>1</sub> | iłc       | 5   | –   | –     | –        | 95      | <b>3,10</b> | 2,90–3,21        |
| 3281,1                        | Cm <sub>1</sub> | psc       | 38  | –   | –     | –        | 62      | <b>2,42</b> | 1,83–2,89        |
| 3400,0                        | Cm <sub>1</sub> | iłc       | 80  | –   | –     | –        | 20      | <b>1,98</b> | 1,40–2,30        |
| 3584,0                        | ECm             | iłc       | 59  | –   | –     | –        | 41      | <b>2,66</b> | 1,86–3,35        |
| 3703,0                        | ECm             | iłc       | 65  | –   | –     | –        | 35      | <b>2,75</b> | 1,90–3,25        |

AOM – asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego; WTP – materiał organiczny witrynitopodobny o cechach optycznych witrynitów; SB – stałe bituminy; Zoo – zooklasty (graptolity); Iner – inertynit; Lip – liptynit; łpk – łupek; D – dewon; Sp – sylur przydol; Sld – sylur ludlow; Sw – sylur wenlok; Cm<sub>1</sub> – kambr dolny; ECm – ediakar; inne objaśnienia jak do tabeli 13

AOM – organo-mineral association bitumene type; WTP – vitrinite-like organic matter; SB – solid bitumen; Zoo – zooclasts (graptolithes); Iner. – inertinite; Lip. – liptinite; łpk – shale; D – Devonian; Sp – Silurian Pridoli; Sld – Silurian Ludlow; Sw – Silurian Venlock; Cm<sub>1</sub> – Lower Cambrian; ECm – Ediacaran; for other explanations see table 13

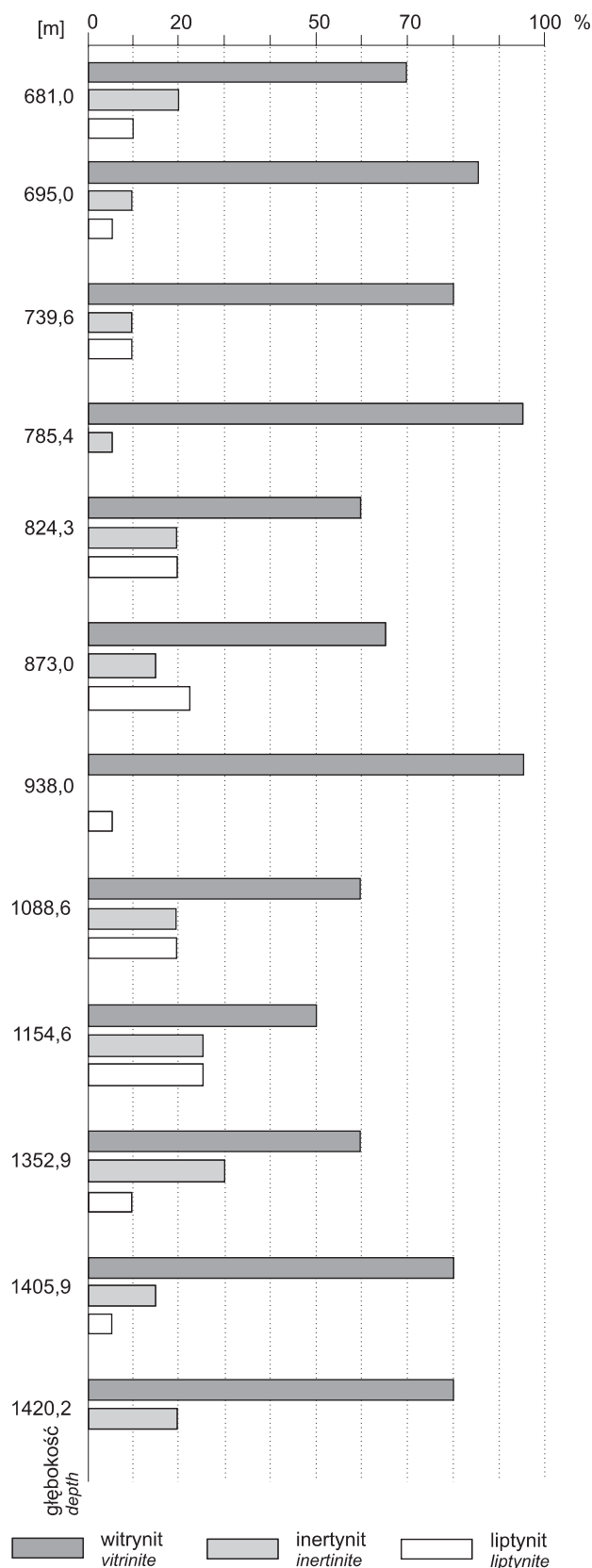


Fig. 35. Skład maceralny materii organicznej w osadach karbonu

Distribution of organic matter content in the Carboniferous sediments

W grupie fuzynitu wyróżnia się postaci cienko- i grubościankowe oraz pirofuzynity. Fuzynity występują zarówno jako macerały *in situ*, jak i redeponowane. Tworzą różnej wielkości okruchy, soczewki i laminy o grubości od kilku do kilkudziesięciu mikrometrów, sporadycznie 50–90  $\mu\text{m}$ . Najczęściej są to pokruszone i sprasowane komórki roślinne. Semifuzynit ma zazwyczaj formę masywną, rzadko z zachowaną strukturą komórkową. Dość licznie zaznacza się obecność sklerotynitu, marginalnie występuje również makrynit oraz drobne skupienia mikrynit (głównie w utworach namuru i wizenu).

Bardzo charakterystyczne dla karbońskiej materii organicznej są macerały liptynit. Stanowią one od 5 do 25% mikrokomponentów organicznych w osadzie. Ich brak zaobserwowano jedynie w próbce mułowca westfalu oraz piaskowca w spągu wizenu. Najliczniej są reprezentowane przez sporynit i kutynit oraz liptodetrynit, fluoryzujące w kolorach od żółtego do pomarańczowobrunatnego. Sporynit jest zbudowany z fragmentów oraz dobrze zachowanych mikro- i makrospor zarówno gładkich, jak i z wyraźną ornamentacją. Tworzy on formy owalne, eliptyczne i robaczkowate silnie spłaszczone. Pokruszone fragmenty spor układają się często w laminy. Obserwuje się również obecność pojedynczych osobników. Barwy fluorescencyjne sporynit w badanych osadach zmieniają się od jasnożółtej po pomarańczowobrunatną. Kutynit występuje najczęściej w formie falistych lamin i wstążek różnej długości; często spotykane są bardzo dobrze zachowane okazy o wyraźnych, charakterystycznych ząbkowanych brzegach. Charakteryzuje się on wyraźnymi barwami fluorescencyjnymi w różnych odmianach koloru żółtego. Znacznie rzadziej spotykany jest rezynit, wypełniający najczęściej wnętrza komórek lub tworzący pojedyncze soczewki, pasemka lub formy drobnodispersyjne. Lokalnie obserwuje się występowanie alginitu i bituminitu.

Analizowane osady karbonu są niezbyt silnie przeobrażone. Wartość wskaźnika  $R_O$  pomierzona na autogenicznym witryniecie zmienia się od 0,47 do 1,00%. Wyliczone wartości średnie wahają się od 0,65%  $R_O$  w stropie westfalu do 0,80% w spągu wizenu (tab. 13; fig. 36, 37). Materiał redeponowany charakteryzują wartości refleksyjne od 0,79 do 0,98%. Powyższe dane świadczą o dojrzałości badanych utworów do generowania ciekłych węglowodorów (Taylor i in., 1998) przy maksymalnej paleotemperaturze diagenety w granicach od 60 do 100°C (Łopatin, 1971; Bostic, 1973; Gaup, Batten, 1985).

## Dewon

Osady dewonu przeanalizowano w 2 próbkach mułowca z głębokości 1781,6 i 1955,6 m. Skład petrograficzny materii organicznej stanowi głównie materiał witrinitopodobny reprezentowany przez stałe bituminy/bitumin (36–49%) oraz zooklasty (głównie graptolity; 29–48%). Występuje on w formie cienkich (2–7 do 20  $\mu\text{m}$ ) żyłek i soczewek. Z materiałem tym współwystępuje asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego (10–13%), stanowiąca mieszaninę składników mineralnych (minerały ilaste) oraz silnie zdyspergowanych nieidentyfikowalnych mikrokomponentów organicznych.

**Fig. 36. Skład maceralny materii organicznej w osadach dewonu, syluru, kambru i ediakaru**

Pozostałe objaśnienia jak na fig. 35

Distribution of organic matter content in the Devonian, Silurian, Cambrian and Ediacaran sediments

For other explanations see Fig. 35

Występuje ona najczęściej w postaci przemazów, gniazdowych skupień oraz soczewkowatych ciał.

W niewielkiej ilości (2–3%) towarzyszy jej detrytus inertynitowy (inertodetrynit) oraz macerały grupy liptynitów (4–6%) reprezentowane przez liptodetrynit oraz alginit, fluorozujące w kolorze żółtym i pomarańczowobrunatnym (tab. 14; fig. 36).

Stopień dojrzałości materii organicznej z utworów dewonu jest nieco wyższy niż organiki karbońskiej. Pomierzone wartości współczynnika refleksyjności zmieniają się w granicach 0,78–1,18%, przy wyliczonych średnich w granicach 0,94–0,98 %  $R_O$  (tab. 14; fig. 37, 38). W skali generowania węglowodorów badane utwory znajdują się w tzw „oknie ropnym”, przy maksymalnych paleotemperaturach oddziałujących na osad rzędu 90–100°C.

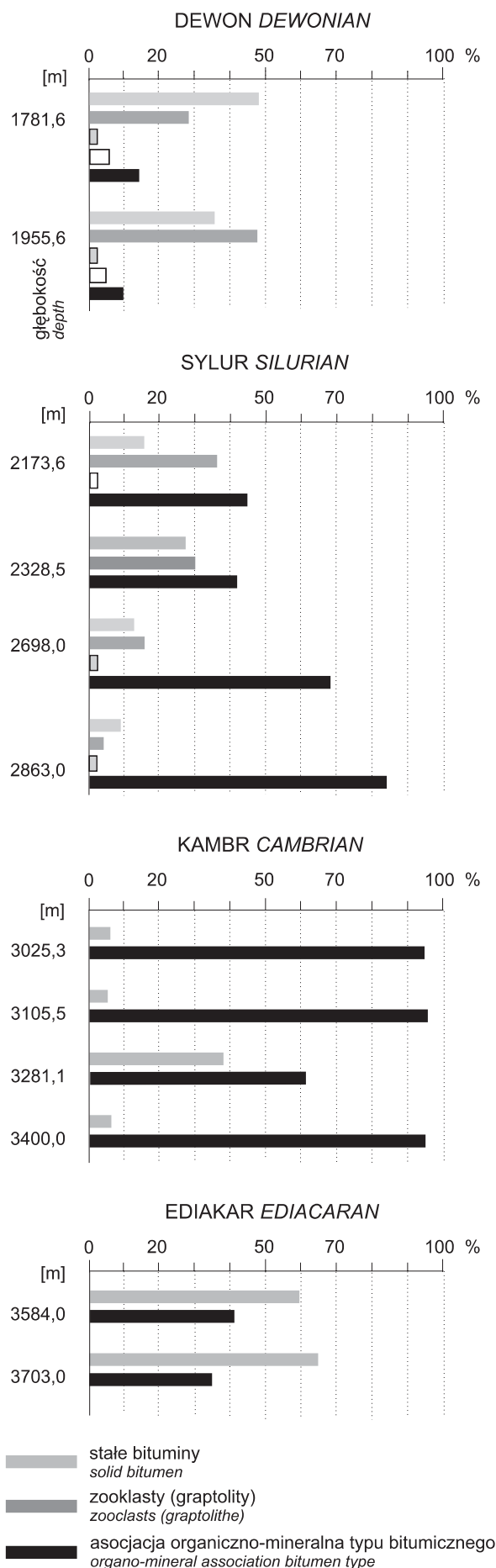
### Sylur

Osady syluru (przydol, ludlow, wenlok) zostały przeanalizowane w 4 próbkach iłwców i łuków ilastych pochodzących z interwału głębokości 2173,6–2863,0 m. Utwory te charakteryzują się zmienną zawartością materii organicznej. Najliczniej jest ona reprezentowana w próbce z osadów wenloku, ku stropowi syluru jej ilość wyraźnie maleje.

Podstawowym składnikiem organicznym analizowanych utworów syluru jest asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego (AOM), której zawartość wzrasta od stropu badanych osadów (przydol – 42%) ku spągowi (wenlok – 84%) (tab. 14; fig. 36). W osadach przydołu oraz ludlowu występuje ona najczęściej w postaci lamin oraz soczewkowatych i gniazdowych skupień. Towarzyszy jej wzrastająca ku stropowi syluru ilość stałych bituminów i zooklastów oraz nieliczne (około 3%) maceraty grupy inertynitu.

W utworach wenloku AOM stanowi podstawową masę skalną, w której tkwią drobne (2–5  $\mu\text{m}$ ) ziarna, cienkie żyłki i laminy stałych bituminów oraz różnej wielkości (od kilku do kilkuset  $\mu\text{m}$ ) fragmenty zooklastów (graptolity).

W najslabiej przeobrażonych warstwach przystropowych (przydol) występuje niewielka ilość macerałów liptynitów (3%), reprezentowanych przez alginit oraz liptodetrynit, fluorozujące w kolorze żółtym i żółtopomarańczowym (tab. 14; fig. 36). W większości próbek obserwuje się niezbyt liczne impregnacje bitumiczne fluorozujące w kolorze brunatnym.



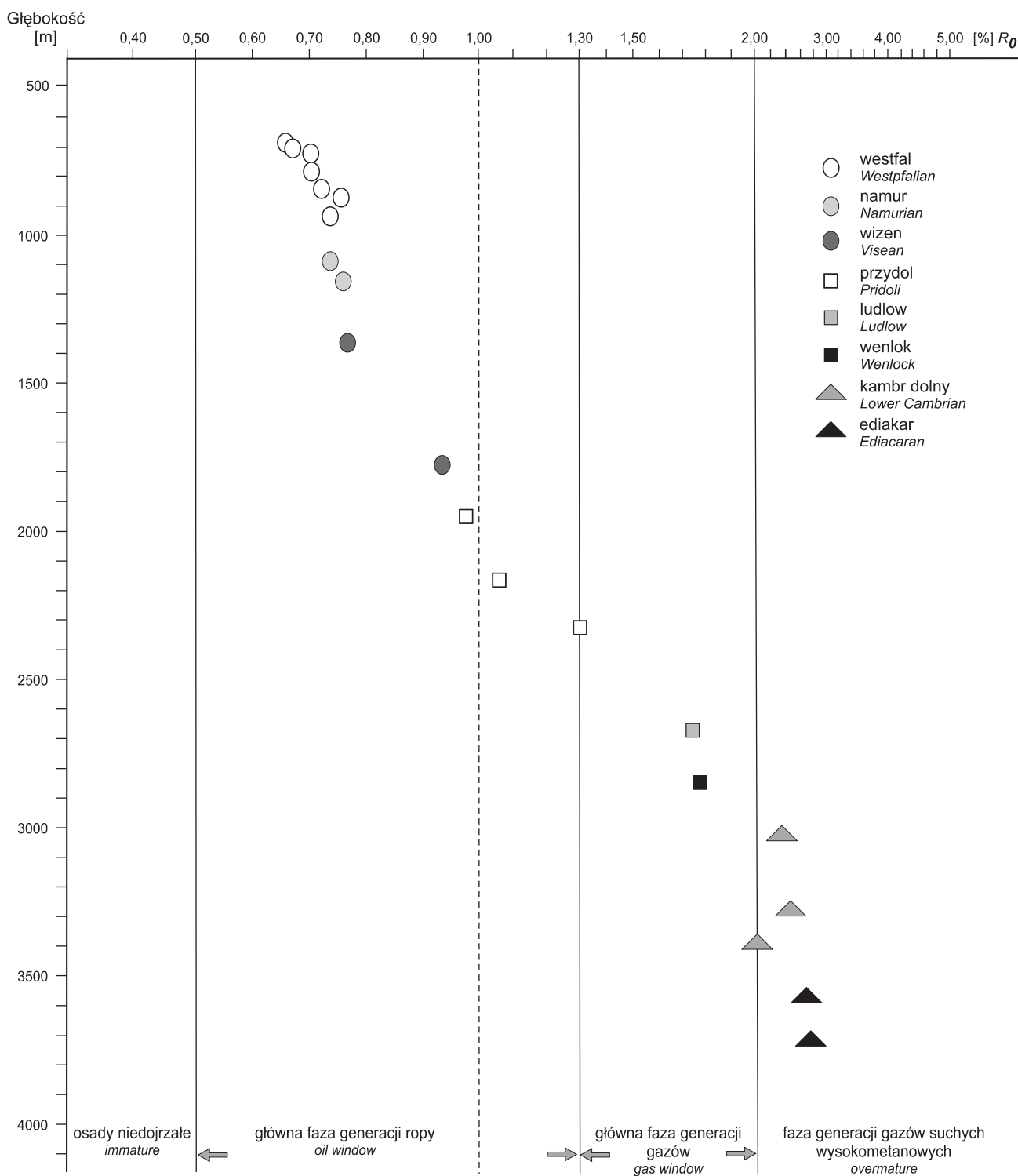
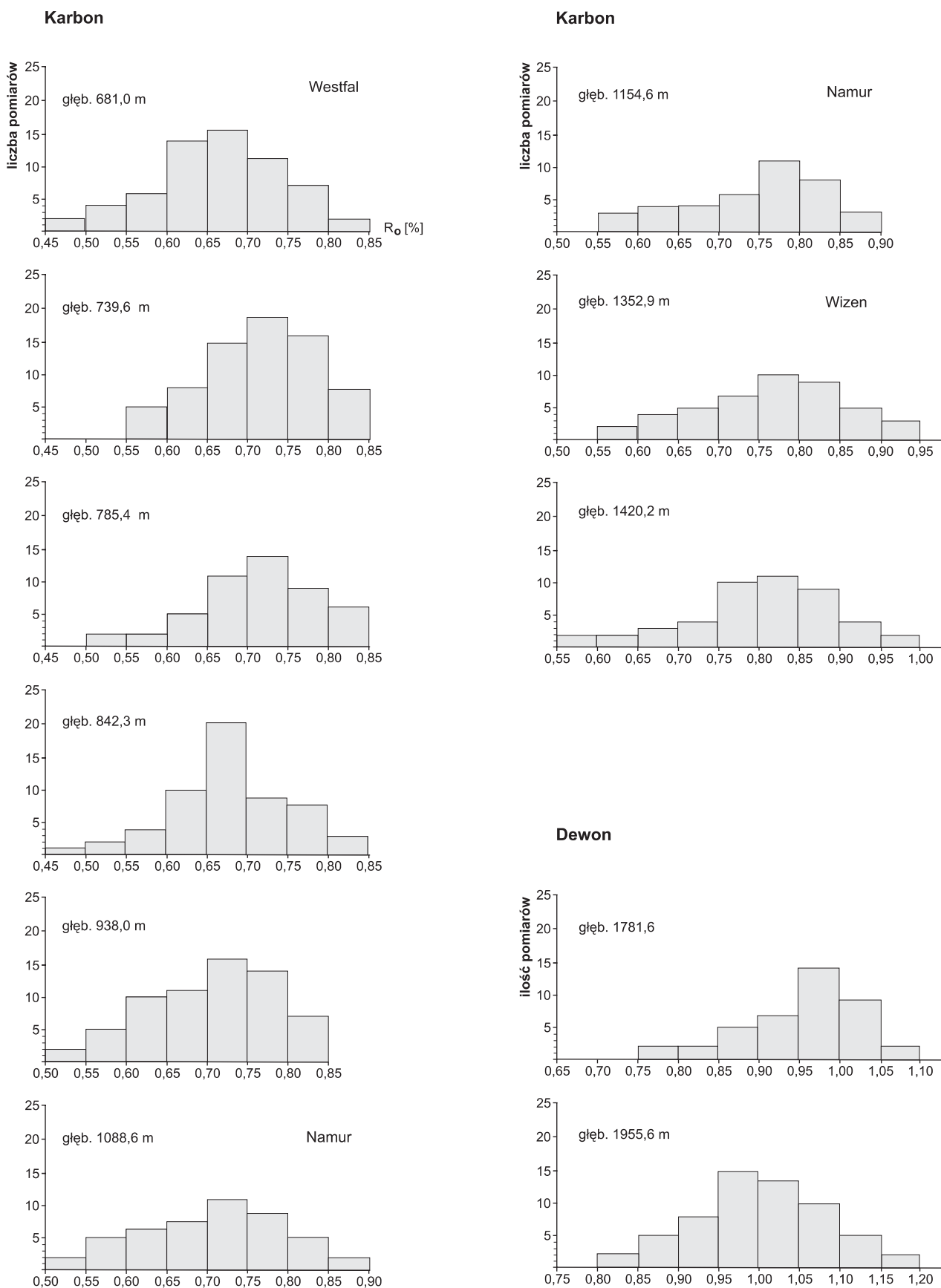


Fig. 37. Zmienność stopnia dojrzałości materii organicznej

Values of vitrinite reflectance index *versus* depth

Stopień przeobrażenia materii organicznej występującej w osadach syluru ulega znacznym wahaniom związanym z głębokością ich pograżenia. Skrajne średnie wartości współczynnika  $R_0$  zmieniają się od 1,07% (2173,6 m – przydol) do 1,76% (2863,0 m – wenlok) przy rozrzucie pomiarów 0,90–2,12% (tab. 14; fig. 37, 38). Tak duży zakres pomia-

rów pomiędzy stropem i spągkiem badanych osadów jest związany ze zjawiskiem anizotropii, szczególnie wyranie zaznaczającym się w silniej przeobrażonych warstwach spagowych. W skali generowania węglowodorów utwory stropu syluru znajdują się w tzw „oknie ropnym”, przy maksymalnych paleotemperaturach oddziaływujących na osad rzędu



**Fig. 38. Reflektogramy wityrynitów i materiału wityrynitopodobnego z utworów karbonu i dewonu**

Reflectograms of vitrinite-like material from the Carboniferous and Devonian sediments

100–150°C, natomiast dojrzałość termiczna osadów ludlowu i wenloku odpowiada głównej fazie generowania gazów i maksymalnym paleotemperaturom około 180°C.

### Kambr–ediakar

Osady dolnego kambru, przeanalizowane w 3 próbkach iłowców i piaskowców o spoiwie ilastym z interwału głębokości 3025,3–3400,0 m, zawierają skąpą materię organiczną reprezentowaną przez silnie zdyspergowane, drobne (2–6 µm) ziarna materiału wityrynitopodobnego (stałe bituminy/bitumin) tworzące wraz z materiałem ilastym asocjację organiczno-mineralną typu bitumicznego, stanowiącą od 20 (warstwy spągowe) do 95% (warstwy stropowe) materii organicznej w skale (tab. 14; fig. 36). W iłowcach występuje ona w postaci smużystych i gniazdowych skupień lub jest bezładnie rozproszona, stanowiąc często podstawową masę skalną. W piaskowcach wypełnia pory w skale lub otacza ziarna kwarcu, tworząc rodzaj spoiwa kontaktowego. Z asocjacją organiczno-mineralną typu bitumicznego współwystępuje zazwyczaj homogeniczny bitumin w ilości 5–80% składu materii organicznej. Ma on najczęściej postać drobnych ziaren, soczewkowatych skupień lub żyłek o grubości 2–5 µm.

Utwory ediakaru przeanalizowane w 2 próbkach iłowców z głębokości 3584,0 (ubogie w materię organiczną) i 3703,0 m (wzbogacone w materię organiczną) zawierają analogiczny pod względem jakościowym materiał organiczny. Jego głównym komponentem są składniki wityrynitopodobne (odpowiednio 59 i 65%) oraz asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego (41 i 35%) (tab. 14; fig. 36). Forma występowa-

nia obu komponentów jest podobna do obserwowanej w osadach kambru dolnego (różnej wielkości ziarna, 3–8 µm), cienkie żyłki i pasemka bituminu osiągające rozmiary 20–50 µm (próbka z głęb. 3703,0 m) oraz soczewkowate i gniazdowe skupienia asocjacji organiczno-mineralnej.

Materia organiczna w utworach ediakaru, podobnie jak dolnego kambru, jest generalnie niezbyt dobrze zachowana, gdyż jej struktura została zmieniona przez metamorfizm. Pierwotne składniki liptynitowe (glony) nie występują w badanych osadach ze względu na wysoki stopień ich dojrzałości termicznej. Powszechnie są natomiast impregnacje bitumiczne, bardzo słabo zaznaczające się w świetle białym, łatwo wyróżnialne w świetle niebieskim, w którym fluoryzują z różną intensywnością w barwach od żółtopomarańczowej po ciemnobrunatną.

Stopień dojrzałości utworów dolnego kambru oraz ediakaru jest bardzo wysoki, wskazując na tzw. przejrzalą fazę generowania węglowodorów z ewentualną możliwością generowania gazów suchych wysokometanowych. Materia organiczna wykazuje silne właściwości anizotropii co powoduje, że wartości pomiarów współczynnika refleksyjności zmieniają się w bardzo szerokim zakresie od 1,40 ( $R_O$  minimalne) – 3,21% ( $R_O$  maksymalne) w osadach dolnego kambru oraz od 1,86 do 3,35% w utworach ediakaru (tab. 14; fig. 39). Średnia refleksyjność zmienia się od 1,98 do 3,10% (kambr dolny), niewykazując ścisłego związku z głębokością pograżenia osadów (tab. 14; fig. 37).

Przedstawione średnie wartości refleksyjne wskazują na wysokie paleotemperature diagenety utworów kambru/ediakaru w badanym profilu osadów, rzędu 180–250°C.

Ewa KLIMUSZKO

## GEOCHEMIA UTWORÓW SYLURU I KARBONU

### WSTĘP

Podstawowe badania geochemiczne materii organicznej w otworze wiertniczym Busówno IG 1 były przeprowadzone tylko dla utworów syluru i karbonu.

Badania biomarkerów określające typ genetyczny, stopień przeobrażenia i środowisko depozycji materii organicznej w rozszerzonym zakresie były przeprowadzone jedynie dla związków wydzielonych z utworów syluru.

### ILOŚĆ OZNACZONEJ MATERII ORGANICZNEJ

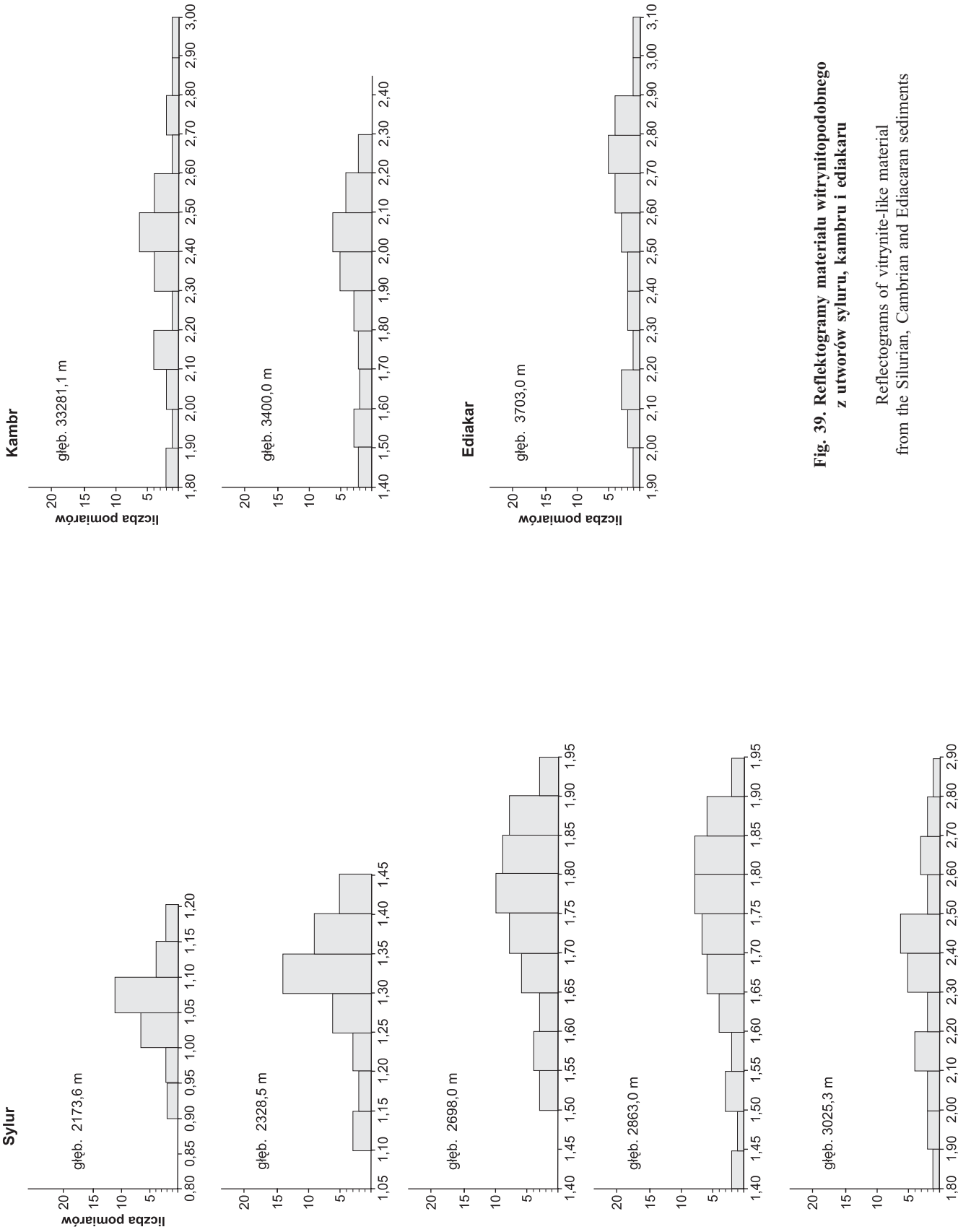
Kompleks utworów karbonu zawiera bardzo zróżnicowaną ilość węgla organicznego. Szczególnie dotyczy to utworów górnego karbonu (westfal), w którym zawartość węgla organicznego waha się od 0,54 do 9,50 % (tab. 15, fig. 40). Przebadane utwory karbonu są słabymi skałami macierzystymi do generowania węglowodorów.

Wyższa ilość węgla organicznego, powyżej 1%, występuje w centralnej części profilu górnego karbonu i w stropie profilu utworów dolnego karbonu, w wizenie (tab. 15, fig. 40).

Ilość bituminów wydzielonych z tych skał jest również bardzo zróżnicowana. Uwzględniając niepełne dane można

jednak zauważyć, że podwyższona ilość składników labilnych została wydzielona jedynie w środkowej części profilu utworów górnego karbonu (tab. 15). Podwyższona ilość bituminów występuje w partii utworów zawierających niewysoką ilość węgla organicznego. Bituminy te wykazują wysoką wartość współczynnika migracji, co pozwala sądzić, że są epigenetyczne (Gondek, 1980).

Bituminy pochodzące z utworów górnego karbonu zawierają niewielki procent węglowodorów, natomiast znaczny jest w nich udział żywic i asfaltenów (fig. 41). Procentowy udział węglowodorów nasyconych i aromatycznych jest zmienny (tab. 15).



**Fig. 39. Reflektogramy materiału wityrynitopodobnego z utworów syluru, kambry i ediakaru**

Reflectograms of vitrinite-like material from the Silurian, Cambrian and Ediacaran sediments



Tabela 15

**Dane geochemiczne**  
Geochemical data

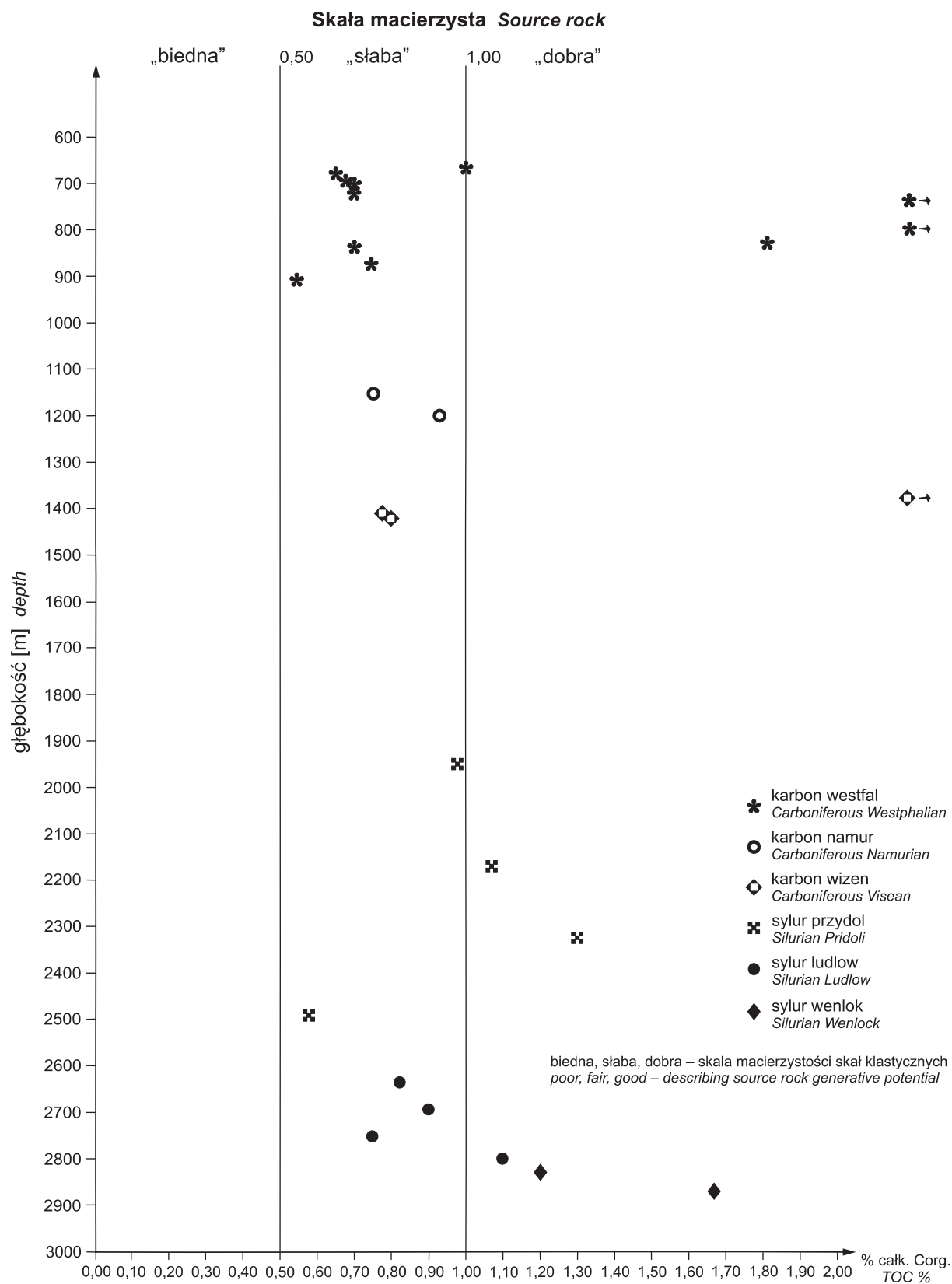
| Głębokość pobrania próbki [m] | Stratygrafia | Litologia | Zawartość bituminów [%] | Zawartość Corg. [%] | Zawartość węglowodorów w bituminach [%] | Zawartość węglowodorów w skałe [%] | Zawartość węglowodorów nasyconych w węglowodorach [%] | Zawartość węglodorów arom. w węglow. [%] | Zawartość żywic i asfaltarów [%] | Współczynnik migracji |
|-------------------------------|--------------|-----------|-------------------------|---------------------|---|------------------------------------|---|--|----------------------------------|-----------------------|
| 667,6                         | Cw           | MLC       | –                       | 1,00                | –                                       | –                                  | –   | –  | –                                | –                     |
| 681,0                         |              | PSC       | 0,020                   | 0,65                | 19,0                                    | 0,004                              | 7,0   | 12,0                                     | 81,0                             | 0,006                 |
| 695,4                         |              | MLC       | 0,150                   | 0,68                | 29,0                                    | 0,043                              | 17,0  | 12,0                                     | 71,0                             | 0,063                 |
| 738,2                         |              | ILC       | –                       | 6,70                | –                                       | –                                  | –   | –  | –                                | –                     |
| 739,6                         |              | ILC       | 0,267                   | 0,70                | 31,0                                    | 0,083                              | 18,0  | 13,0                                     | 69,0                             | 0,118                 |
| 764,2                         |              | ILC       | 0,077                   | –                   | 44,0                                    | –                                  | 23,0  | 21,0                                     | 56,0                             | –                     |
| 785,4                         |              | MLC       | 0,162                   | 0,70                | 17,0                                    | 0,027                              | 9,0   | 8,0                                      | 83,0                             | 0,038                 |
| 799,8                         |              | MLC       | –                       | 9,50                | –                                       | –                                  | –   | –  | –                                | –                     |
| 839,2                         |              | MLC       | –                       | 1,81                | –                                       | –                                  | –   | –  | –                                | –                     |
| 842,3                         |              | ILC       | 0,039                   | 0,72                | –                                       | –                                  | –   | –  | –                                | –                     |
| 873,0                         |              | MLC       | 0,053                   | 0,75                | 41,0                                    | 0,022                              | 19,0  | 22,0                                     | 59,0                             | 0,029                 |
| 904,9                         |              | ILC       | –                       | 0,54                | –                                       | –                                  | –   | –  | –                                | –                     |
| 1154,6                        |              | Cn        | ILC                     | 0,006               | 0,75                                    | –                                  | –   | –  | –                                | –                     |
| 1280,2                        | ILC          |           | –                       | 0,93                | –                                       | –                                  | –   | –  | –                                | –                     |
| 1372,8                        | Cv           | ILC       | –                       | 2,80                | –                                       | –                                  | –   | –  | –                                | –                     |
| 1405,9                        |              | MLC       | 0,016                   | 0,78                | 60,0                                    | 0,010                              | 19,0  | 41,0                                     | 40,0                             | 0,013                 |
| 1420,2                        |              | PSC       | 0,018                   | 0,80                | –                                       | –                                  | –   | –  | –                                | –                     |
| 1949,8                        | D            | MLC       | 0,011                   | 0,34                | –                                       | –                                  | –   | –  | –                                | –                     |
| 2170,3                        | Sp           | MLC       | 0,027                   | 0,34                | 76,4                                    | 0,008                              | 63,5  | 12,9                                     | 23,6                             | 0,023                 |
| 2323,8                        |              | MLC       | 0,022                   | 0,42                | 77,8                                    | 0,017                              | 67,0  | 10,8                                     | 22,2                             | 0,040                 |
| 2491,5                        |              | MLC       | 0,020                   | 0,58                | 72,8                                    | 0,014                              | 60,9  | 11,9                                     | 27,2                             | 0,024                 |
| 2636,8                        | Sld          | ILC       | 0,018                   | 0,82                | 43,0                                    | 0,007                              | 35,6  | 7,4                                      | 57,0                             | 0,008                 |
| 2693,3                        |              | ILC       | 0,011                   | 0,90                | 65,7                                    | 0,007                              | 50,6  | 14,6                                     | 34,8                             | 0,008                 |
| 2752,3                        |              | ILC       | 0,011                   | 0,75                | 40,9                                    | 0,004                              | 30,7  | 10,2                                     | 59,1                             | 0,005                 |
| 2799,5                        |              | ILC       | 0,013                   | 1,02                | 41,7                                    | 0,005                              | 29,2  | 12,5                                     | 58,3                             | 0,005                 |
| 2830,5                        | Sw           | ILC       | 0,013                   | 1,20                | 26,0                                    | 0,003                              | 10,4  | 15,6                                     | 74,0                             | 0,003                 |
| 2872,5                        |              | ILC       | 0,012                   | 1,67                | 27,0                                    | 0,003                              | 18,0  | 9,0                                      | 73,0                             | 0,002                 |

**Litologia:** PSC – piaskowiec, MLC – mułowiec, ILC – iłowiec;

lithology: PSC – sandstone, MLC – mudstone, ILC – claystone

**Stratygrafia:** Cw – karbon westfal, Cv – karbon wizen, Sp – sylur przydol, Sld – sylur ludlow, Sw – sylur wenlok;

stratigraphy: Cw – Carboniferous Westphalian, Cv – Carboniferous Visean, Sp – Silurian Pridoli, Sld – Silurian Ludlow, Sw – Silurian Wenlock



**Fig. 40. Zawartość procentowa węgla organicznego w utworach paleozoiku w zależności od głębokości**

Ocena macierzystości skał wg Petersa (1986)

TOC (%) content versus depth in the Palaeozoic sediments in the Busówno IG 1 borehole

Assessment of quality source rocks after Peters (1986)

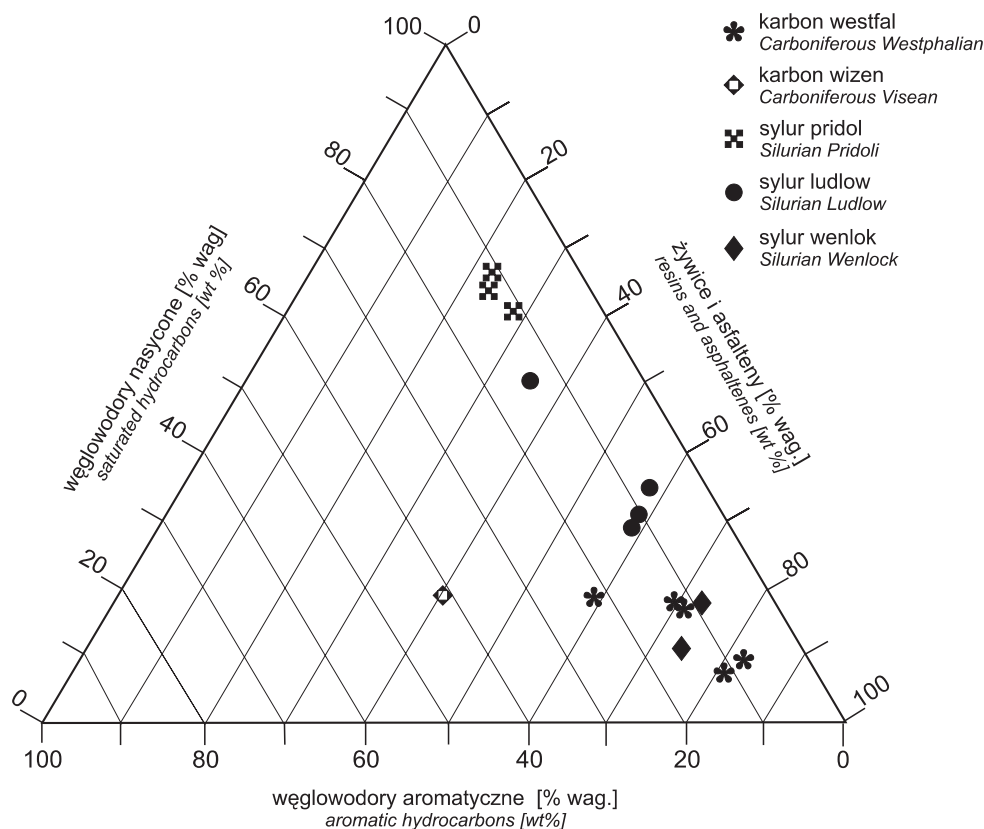


Fig. 41. Diagram trójkątny składu grupowego bituminów z utworów paleozoiku

Triangular diagram showing proportions of the fractions of saturated hydrocarbons, aromatic hydrocarbons and asphaltenes or resins in the bitumens extracted from the Paleozoic sediments

Zawartość węgla organicznego w profilu utworów syluru zmienia się wraz z głębokością. Podwyższona zawartość węgla organicznego (1,20–1,67%) została stwierdzona w ilastych utworach wenloku i spągu utworów ludlowu. Utwory te wykazują cechy „dobrych skał macierzystych” (tab. 15, fig. 40). W kierunku stropu kompleksu sylurskiego zawartość węgla organicznego w osadach systematycznie zmniejsza się.

Zawartość bituminów w utworach syluru jest mała (tab. 15). Udział węglowodorów w bituminach zmienia się od 26% w spągu do 77,8% w stropie osadów (tab. 15). Stosunkowo duża ilość bituminów i mała zawartość węgla organicznego, znaczny udział węglowodorów a niewielki produktów ciężkich (żywic i asfaltenu) w bituminach, jak również procentowa przewaga frakcji węglowodorów nasyconych nad węglowodorami aromatycznymi (fig. 41) sugeruje, że bituminy w utworach górnego syluru (przydol) są epigenetyczne (Gondek, 1980).

#### ŚRODOWISKO DEPOZYCJI MATERII ORGANICZNEJ JEJ TYP GENETYCZNY I STOPIEŃ DOJRZAŁOŚCI

Dystrybucja n-alkanów wydzielonych z materii organicznej występującej w utworach górnego karbonu wykazała jej zróżnicowany skład w pionowym profilu. W spągu i centralnej części tego kompleksu skalnego w materii organicznej współwystępują związki pochodzenia sapropelowego i humusowego o czym świadczy znaczna ilość związków zawierających 17 i 29 węgli w cząsteczce. W stropowej części utworów materia organiczna ma skład humusowy, co wynika z obecności głównie związków zawierających 27 i 25 węgli w cząsteczce. Współczynniki CPI, których wartości wynoszą znacznie powyżej jedności, wskazując na niewielki stopień przeobrażenia materii organicznej występującej w tych utworach (tab. 16).

Środowisko sedimentacji materii organicznej jest zmienne w pionowym profilu utworów westfalu. Stosunek ilości węglowodorów izoprenoidowych pristanu do fitanu (Pr/Ph) w spągu i stropie tych utworów wskazuje, że materia organiczna tworzyła się w warunkach redukcyjnych. Wartość wskaźnika Pr/Ph wyliczona dla centralnej części utworów westfalu sugeruje, że w basenie sedimentacyjnym panowały utleniające warunki środowiska (tab. 16).

Rozkład zawartości n-alkanów pochodzących z materii organicznej rozproszonej w utworach wizenu wskazuje, że jej źródłem są głównie bakterie i w mniejszym stopniu algi, a udział materii pochodzenia humusowego jest niewielki.

Tabela 16

## Wskaźniki geochemiczne dla bituminów z paleozoicznych skał macierzystych

## Geochemical indices for bitumens from the Palaeozoic source rocks

| Stratygrafia | Głęb. pobr. próbki [m] | Pr/Ph | Pr/n-C <sub>17</sub> | Ph/n-C <sub>18</sub> | CPI <sub>Tot</sub> | CPI <sub>17-23</sub> | CPI <sub>25-31</sub> | n-C <sub>max</sub>                |
|--------------|------------------------|-------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Cw           | 695,4                  | 0,58  | n.oz.                | n.oz.                | 1,29               | 1,18                 | 1,44                 | C <sub>27</sub> , C <sub>25</sub> |
|              | 764,2                  | 2,44  | n.oz.                | n.oz.                | 1,29               | 1,28                 | 1,32                 | C <sub>17</sub> , C <sub>29</sub> |
|              | 873,0                  | 0,85  | n.oz.                | n.oz.                | 1,13               | 1,19                 | 1,10                 | C <sub>29</sub> , C <sub>17</sub> |
| Cv           | 1405,9                 | 1,09  | n.oz.                | n.oz.                | 0,98               | 0,99                 | 0,87                 | C <sub>20</sub>                   |
|              | 1437,0                 | 0,81  | n.oz.                | n.oz.                | 1,00               | 1,00                 | 0,94                 | C <sub>20</sub> , C <sub>19</sub> |
| Spri         | 2170,3                 | 1,53  | 0,49                 | 0,36                 | 1,03               | 1,03                 | 1,02                 | C <sub>17</sub>                   |
|              | 2491,5                 | 1,51  | 0,41                 | 0,31                 | 1,03               | 1,03                 | 1,11                 | C <sub>17</sub>                   |
| Sld          | 2636,8                 | 0,97  | 0,39                 | 0,45                 | 1,03               | 1,02                 | 1,14                 | C <sub>17</sub>                   |
|              | 2693,3                 | 0,69  | 0,36                 | 0,49                 | 1,01               | 0,99                 | 1,10                 | C <sub>18</sub>                   |
|              | 2752,3                 | 0,64  | 0,33                 | 0,47                 | 0,99               | 0,97                 | 1,23                 | C <sub>18</sub>                   |
| Sw           | 2830,5                 | 0,64  | 0,36                 | 0,51                 | 0,99               | 0,97                 | 0,92                 | C <sub>18</sub>                   |
|              | 2872,5                 | 0,66  | 0,37                 | 0,52                 | 0,99               | 0,97                 | 1,11                 | C <sub>18</sub>                   |

**Stratygrafia:** Cw – karbon westfal, Cv – karbon wizen, Spri – sylur przydol, Sld – sylur ludlow, Sw – sylur wenlok

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

**Pr/n-C<sub>17</sub>** – stosunek zawartości węglowodoru izoprenoidowego pristanu (Pr) do n-alkanu C<sub>17</sub> (n-C<sub>17</sub>) w badanej próbce

**Ph/n-C<sub>18</sub>** – stosunek zawartości węglowodoru izoprenoidowego fitanu (Ph) do n-alkanu C<sub>18</sub> (n-C<sub>18</sub>) w badanej próbce

**CPI<sub>(Tot)</sub>** – wartość współczynnika CPI (*Carbon Preference Index*) wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 17 do 31 węgli w cząsteczce wg. Kotarba i in. (1994):

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

**CPI<sub>(17-23)</sub>** – wartość współczynnika CPI wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 17 do 23 węgli w cząsteczce wg. Kotarba i in. (1994):

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

**CPI<sub>(25-31)</sub>** – wartość współczynnika CPI wyliczonego dla n-alkanów zawierających od 25 do 31 węgli w cząsteczce wg. Kotarba i in. (1994):

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

**n-C<sub>max</sub>** – n-alkan, którego zawartość jest największa w całej masie oznaczonych n-alkanów w badanej próbce; **n.oz.** – nie oznaczono

**Stratigraphy:** Cw – Carboniferous Westphalian, Cv – Carboniferous Viséan, Sp – Silurian Pridoli, Sld – Silurian Ludlow, Sw – Silurian Wenlock

**Pr/Ph** – pristane (Pr) and phytane (Ph) ratio; **Pr/n-C<sub>17</sub>** – pristane (Pr) to n-alkane C<sub>17</sub> (n-C<sub>17</sub>) ratio; **Ph/n-C<sub>18</sub>** – phytane (Ph) to n-alkane C<sub>18</sub> (n-C<sub>18</sub>) ratio

**CPI<sub>Tot</sub>** – the value of coefficient CPI (Carbon Preference Index) for the n-alkanes C<sub>17</sub>–C<sub>31</sub> (after Kotarba *et al.*, 1994):

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

**CPI<sub>17-23</sub>** – the value of coefficient CPI for the n-alkanes C<sub>17</sub>–C<sub>23</sub> (after Kotarba *et al.*, 1994):  $CPI_{17-23} = \frac{(C_{17} + C_{19} + C_{21}) + (C_{19} + C_{21} + C_{23})}{2 \cdot (C_{18} + C_{20} + C_{22})}$ ;

**CPI<sub>25-31</sub>** – the value of coefficient CPI for the n-alkanes C<sub>25</sub>–C<sub>31</sub> (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<sub>max</sub>** – n-alkane maximum contents; n.oz. – not examined

Świadczy o tym obecność głównie związków o parzystej liczbie węgli w cząsteczce, pochodzących z rozkładu bakterii (Maliński, Witkowski, 1988), jednocześnie mniejsza ilość związków C<sub>19</sub>, C<sub>21</sub>, C<sub>23</sub> i C<sub>25</sub> pochodząca z rozkładu alg i niewielka ilość C<sub>25</sub> łączona z materią typu humusowego. Wartość współczynników CPI poniżej jedności w stropowej czę-

ści utworów spowodowana jest znaczną ilością związków parzystowęglowych. W spągu utworów wartość CPI<sub>Tot</sub> i CPI<sub>17-23</sub> wynosi 1,00, co sugeruje wysoki stopień przeobrażenia materii organicznej. Jednocześnie wartość ta jest wypadkową stopnia przeobrażenia i składu badanej materii organicznej (tab. 16). Stosunek zawartości węglowodorów izopre-

noidowych pristanu i fitanu wydzielonych z materii organicznej w utworach wizenu jest zmienny. Wartość wskaźnika Pr/Ph powyżej jedności wyliczona dla stropowej partii utworów wizenu, sugeruje, że materia organiczna pochodząca z tych osadów tworzyła się w środowisku utleniającym, natomiast przewaga ilościowa fitanu nad pristanem, występująca w spągu osadów, określa środowisko w basenie sedimentacyjnym w tym okresie jako redukcyjne (Didyk i in., 1978).

Analiza n-alkanów wykazała, że w górnym sylurze (przydol) materia organiczna pochodzi z rozkładu alg morskich (max. C<sub>17</sub>), podobnie jak w stropowej partii utworów ludlowu. W niższych partiach utworów ludlowu, podobnie jak w osadach wenloku, występuje materia organiczna zawierająca znaczną ilość bakterii, o czym świadczy przewaga związków o parzystej liczbie węgla w cząsteczce nad pozostałymi związkami (max. C<sub>18</sub>) (tab. 16).

Stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu i fitanu (Pr/Ph) sugeruje, że materia organiczna w utworach górnego syluru osadzała się w środowisku utleniającym, natomiast materia organiczna pochodząca z osadów ludlowu i wenloku tworzyła się w środowisku redukcyjnym (tab. 16).

Wyniki analizy związków z grupy terpanów wykazały, że materia organiczna występująca w utworach syluru w całym profilu pionowym wykazuje podobny stopień przeobrażenia.

W całym profilu osadów syluru ilość związku 22-, 29-, 30-trisnorhopanu w jego biologicznej formie (T<sub>m</sub>) jest więk-

sza niż ilość przetworzonej formy geologicznej T<sub>s</sub>, co pozwala stwierdzić stosunkowo niewielki stopień przeobrażenia badanej materii organicznej (Peters, Moldowan, 1993). Wskaźnikiem dojrzałości materii organicznej jest również stosunek związków z grupy steranów, wyrażający się ilością diasteranów do ilości steranów regularnych, obecnych w badanych utworach. Diasterany są związkami będącymi trwalszą formą związków niż grupa steranów regularnych, które są związkami mniej trwałymi na działania termiczne i łatwiej ulegają przeobrażeniu w procesie dojrzewania (Peters i in., 1990). Współzależność wskaźników T<sub>s</sub>/(T<sub>s</sub>+T<sub>m</sub>) i ilościowego stosunku związków z grupy diasteranów do związków z grupy steranów regularnych przedstawia wykres skonstruowany wg Zhanga i innych (2000) dla badań materii organicznej (fig. 42). Wartości wskaźników geochemicznych sugerują, średnio zaawansowane przeobrażenie materii organicznej obecnej w utworach syluru w tym otworze (tab. 17).

W grupie triterpanów przeważają związki pentacykliczne nad tricyklicznymi, co potwierdza znaczny udział bakterii, które są materiałem wyjściowym dla związków pentacyklicznych (hopany), jak również świadczy o stosunkowo niewielkim przeobrażeniu materii organicznej (Aquino Neto i in., 1983).

Wśród badanych związków pentacyklicznych C<sub>30</sub>H (17α21β-hopan) ilościowo dominuje nad C<sub>29</sub>H (17α21β-norhopan-

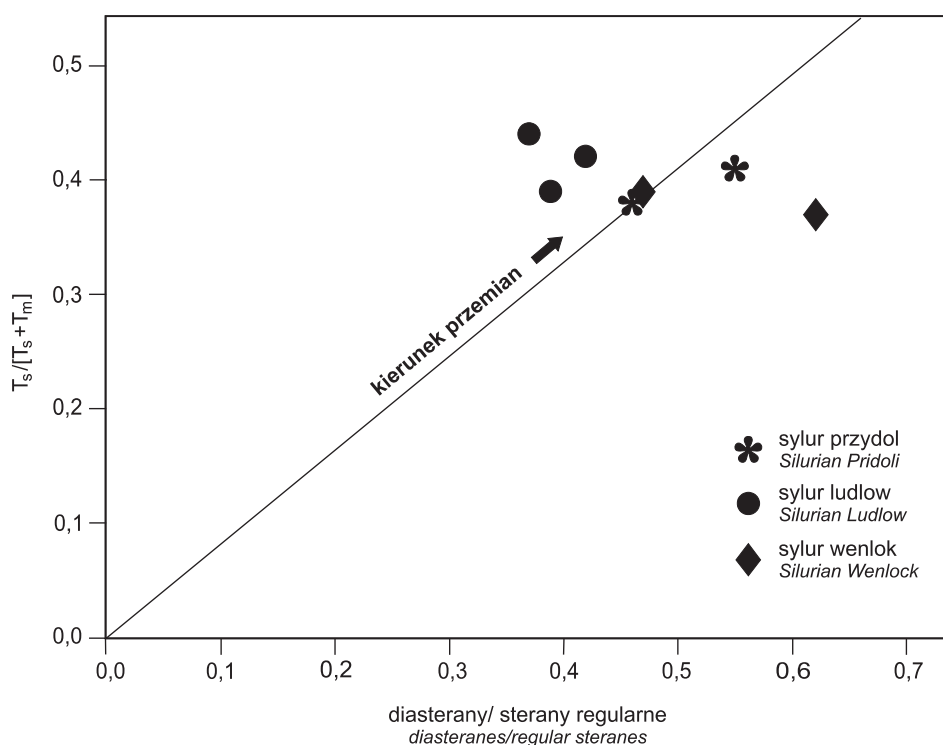


Fig. 42. Wykres zależności pomiędzy wskaźnikiem dojrzałości  $T_s/(T_s + T_m)$  a stosunkiem diasterany/sterany regularne we frakcji węglowodorów nasyconych, wydzielonych z materii organicznej rozproszonej w utworach syluru

Relationship between maturity index  $T_s/(T_s + T_m)$  and diasteranes/regular steranes index of the fraction of saturated hydrocarbons from organic matter in the Silurian sediments

Tabela 17

## Biomarkery grupy triterpanów (m/z 191) oraz steranów (m/z 217) z materii organicznej w utworach syluru

Biomarkers triterpanes group (m/z 191) and steranes (m/z 217) from organic matter in the Silurian sediments

| Głębokość pobrania próbki [m] | Stratygrafia | $T_s / (T_s + T_m)$ | T / (T+P) | $C_{30}H / (C_{30}H + C_{29}H)$ | $C_{30}M / (C_{30}H + C_{30}M)$ | $C_{31}H22S / (22S + 22R)$ | $C_{24}TE / C_{23}T$ | $C_{35}H / (C_{35}H + C_{31}H)$ | Hopany / sterany | Diasterany / sterany reg.<br>$C_{27}D / C_{27}St + C_{27}D$ | $C_{27}S / C_{28}S / C_{29}S$ [%] |
|-------------------------------|--------------|---------------------|-----------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------------|------------------|---|-----------------------------------|
| 2170,3                        | Sp           | 0,41                | 0,28      | 0,57                            | 0,10                            | 0,61                       | 0,32                 | –                               | 5,20             | 0,55  | 29,2/29,4/41,4                    |
| 2491,5                        |              | 0,38                | 0,36      | 0,52                            | 0,11                            | 0,60                       | 0,29                 | –                               | 5,44             | 0,46  | 25,2/9,6/65,2                     |
| 2636,8                        | Sld          | 0,39                | 0,38      | 0,52                            | 0,08                            | 0,58                       | 0,24                 | 0,12                            | 4,21             | 0,39  | 22,9/24,3/52,8                    |
| 2693,3                        |              | 0,44                | 0,23      | 0,60                            | 0,08                            | 0,59                       | 0,24                 | 0,11                            | 4,62             | 0,37  | 19,9/25,9/54,2                    |
| 2752,3                        |              | 0,42                | 0,40      | 0,52                            | 0,08                            | 0,58                       | 0,43                 | 0,12                            | 3,73             | 0,42  | 27,9/23,7/48,4                    |
| 2830,5                        | Sw           | 0,39                | 0,37      | 0,53                            | 0,12                            | 0,58                       | 0,27                 | 0,10                            | 4,78             | 0,47  | 24,3/24,0/51,7                    |
| 2872,5                        |              | 0,37                | 0,36      | 0,52                            | 0,09                            | 0,59                       | 0,26                 | 0,13                            | 5,89             | 0,62  | 19,8/20,4/59,8                    |

$T_s / (T_s + T_m)$  – stosunek zawartości związku 22,29,30-trisnorhopanu-II (Ts) do sumy zawartości związków: 22,29,30-trisnorhopanu-II (Ts) i 22,29,30-trisnorhopanu (Tm)

T/(T+P) – stosunek zawartości związków trycyclicznych do sumy zawartości związków trycyclicznych i związków pentacyclicznych

$C_{30}H / (C_{30}H + C_{29}H)$  – stosunek zawartości związku 17 $\alpha$ 21 $\beta$ (H)-hopanu do sumy zawartości hopanu i zawartości związku 17 $\alpha$ 21 $\beta$ (H)30-norhopanu

$C_{30}M / (C_{30}H + C_{30}M)$  – stosunek zawartości związku 17 $\beta$ 21 $\alpha$ (H)-moretanu do sumy zawartości związku 17 $\alpha$ 21 $\beta$ (H)-hopanu i zawartości związku 17 $\beta$ 21 $\alpha$ (H)-moretanu

$C_{31}H22S / (22S + 22R)$  – stosunek zawartości związku 17 $\alpha$ 21 $\beta$ (H)-homohopanu-epimeru 22S do do sumy zawartości 17 $\alpha$ 21 $\beta$ (H)-homohopanu – epimerów 22S i 22R

$C_{24}TET / C_{23}T$  – stosunek zawartości związku  $C_{24}$  tetracyclicznego do zawartości związku  $C_{23}$  trycyclicznego

$C_{35} / (C_{31} + C_{35})$  – stosunek zawartości związku 17 $\alpha$ 21 $\beta$ (H)-homohopanu (epimer 22S+22R) do sumy zawartości homohopanów  $C_{31}$  i  $C_{35}$

Hopany / sterany – stosunek zawartości związków z grupy hopanów do zawartości związków z grupy steranów regularnych

Diasterany / sterany reg. – stosunek zawartości związków z grupy diasteranów do zawartości związków z grupy steranów regularnych

$C_{27}S / C_{28}S / C_{29}S$  [%] – procentowy udział poszczególnych związków z grupy steranów

**Stratygrafia:** Sp – sylur przydół, Sld – sylur ludłow, Sw – sylur wenlok

mem), co pozwala wnioskować, że materia organiczna osadzała się w facji skał klastycznych. W stropowych partiach utworów wenloku i spągowych partiach utworów ludłowu przewaga związku  $C_{30}H$  nad związkiem  $C_{29}H$  jest niewielka, co sugeruje, że materia organiczna tworzyła się w skałach ilastych ze znacznym udziałem węglanów. Szereg homohopanów  $C_{31}$ – $C_{35}$  o tendencji malejącej potwierdza, że sedymentacja odbywała się w osadach ilastych.

W grupie związków trycyclicznych dominują związki mające od  $C_{19}$  do  $C_{24}$  węgli z maksymalną zawartością  $C_{23}T$ .

Podsumowując przedstawione dane, można stwierdzić, że utwory karbonu, a także utwory syluru nie, zawierają znaczącej ilości węgla organicznego. Szczegółowe badania

materii organicznej obecnej w utworach karbonu wskazują, że tworzyła się ona głównie z rozkładu bakterii z niewielkim udziałem alg i humusu w wizenie, natomiast w utworach westfalu znacznie zwiększa się ilość materii organicznej pochodzącej z rozkładu roślin wyższych, której stopień przeobrażenia jest niewysoki.

Materia organiczna występująca w utworach syluru w spągowych partiach pochodzi z rozkładu bakterii. Natomiast w ich wyższych partiach powstała z rozkładu alg morskich. Materia organiczna w profilu utworów syluru nie jest silnie przeobrażona, a jej stopień przeobrażenia jest w całym badanym profilu zbliżony.