Wyniki badań materii organicznej z klastycznych i węglonośnych utworów karbonu w otworach Jachówka 2K, Sułkowice 1, Wysoka 3 i Zawoja 1

Paweł Filipiak*, Anna Jurczak-Drabek, Maria Karwasiecka**, Włodzimierz Krieger****

Organic matter in the clastic and coal-bearing Carboniferous deposits of Jachówka 2K, Sułkowice 1, Wysoka 3 and Zawoja 1 boreholes. Prz. Geol., 50: 752–761.

S u m m a r y. The paper presents the results of the investigation of the organic matter from clastic and coal-bearing Carboniferous sediments from four boreholes — Jachówka 2K, Sułkowice 1, Wysoka 3 and Zawoja 1 localized in the south-eastern part of the Upper Silesian Coal Basin (USCB) in Poland. Palynological examination of samples from boreholes allowed to recognize standard miospore zonation from VF of the Visean zone up to SL of the Westphalian. Macerals and microlithotypes of hard coal has been analyzed and the reflectance of vitrinite has been measured. The latter indicates that the stage of thermal maturity of the organic matter in Jachówka 2K and Zawoja 1 is low (between 0.77 and 0.78%);colour of miospores, another indicator of organic matter maturity, in the material studied is from 3 to 5 (according to scale of Batten, 1984,Gaupp & Batten,1985). These results agree with the results of vitrinite reflectance studies and show that the Carboniferous sediments were never exposed to temperatures above 130°C. Lithostratigraphic position of boreholes studied has been achieved with help of standard geophysical logging. The deposits studied represent Carboniferous lithostratigraphical units: Malinowice = Zalas Beds, Paralic Series, Upper Silesian Sandstone Series (?), Mudstone Series (?), Cracow Sandstone Series. This is indicated by lithological, geophysical and paleontological results of the present study, and also by correlation of those data with neighbouring boreholes and by interpretation of thickness and distribution trends observed in this part of the USCB.

Key words: *south-eastern part of the USCB, Carboniferous, boreholes, palynostratigraphy, vitrinite reflectance, organic matter*

W latach 1984–1997 w rejonie południowo-wschodnich granic Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), w ramach prac badawczych i poszukiwawczych górnictwa naftowego, zostało wykonanych wiele otworów, w celu rozpoznania istnienia akumulacji złóż węglowodorów w podłożu fliszu karpackiego. Kilka z nich natrafiło na utwory klastyczne i węglonośne karbonu. Były to m.in. otwory Jachówka 2K, Sułkowice 1, Wysoka 3 i Zawoja 1. Lokalizację otworów przedstawia ryc. 1. Wszystkie otwory były rdzeniowane odcinkowo z różną częstotliwością. W latach 1998–2000 w Oddziale Górnośląskim Państwowego Instytutu Geologicznego prowadzono badania, których celem było opracowanie litologii i stratygrafii klastycznych i węglonośnych skał karbonu w wyżej wymienionych otworach, korzystając z dostępnych rdzeni wiertniczych, diagramów geofizycznych oraz badań laboratoryjnych. Wykonano m.in. badania mikroflorystyczne, badania petrografii węgla i refleksyjności witrynitu oraz interpretację profilowań geofizycznych. Umożliwiło to wykonanie profili osadów karbońskich i wyznaczenie granic serii litostratygraficznych karbonu w poszczególnych otworach.

W artykule przedstawiono głównie wyniki badań dotyczące materii organicznej. Pozostałe wyniki, łącznie z wyznaczeniem zasięgu występowania klastycznych i węglonośnych utworów karbonu oraz ich charakterystyką w tym rejonie zagłębia, można znaleźć w innych opracowaniach (Krieger i in., 2000; Krieger, 2002).

Palinostratygrafia

Próbki do badań palinostratygraficznych zostały pobrane z każdego otworu (ryc. 2). Do maceracji chemicznej przeznaczono po ok. 20 g skał płonnych i 2 g węgli. W pierwszym przypadku zastosowano standardowe metody chemiczne dla skał niewęglowych, w drugim odpowiednie dla próbek węgla (Wood i in., 1996). W rezultacie sporządzono po dwa preparaty mikroskopowe z każdej głębokości pobrania próbek.

Niemal wszystkie próbki dostarczyły pozytywny dobrze zachowany kerogen, bogaty w zespoły miosporowo-pyłkowe oraz towarzyszące im liczne tkanki roślin przewodzące i okrywające. Rzadziej występowały zarodniki grzybów (Jachówka 2K) oraz prazynofity (Sułkowice 1). Jedna próbka z otworu wiertniczego Zawoja 1 (łupek, 5005–5014 m) jest negatywna dla badań biostratygraficznych. Występują w niej jedynie czarne tkanki roślin.

W wyniku przeprowadzonych analiz planimetrycznych rozpoznano występowanie zespołów miosporowo-pyłkowych zakwalifikowanych do następujących zon miosporowych: VF, NC, TK, KV, NJ i SL. Listę oznaczonych gatunków przewodnich i charakterystycznych przedstawiono na ryc. 2, a fotografie niektórych istotnych dla biostratygrafii miospor i ziarn pyłku na ryc. 3.

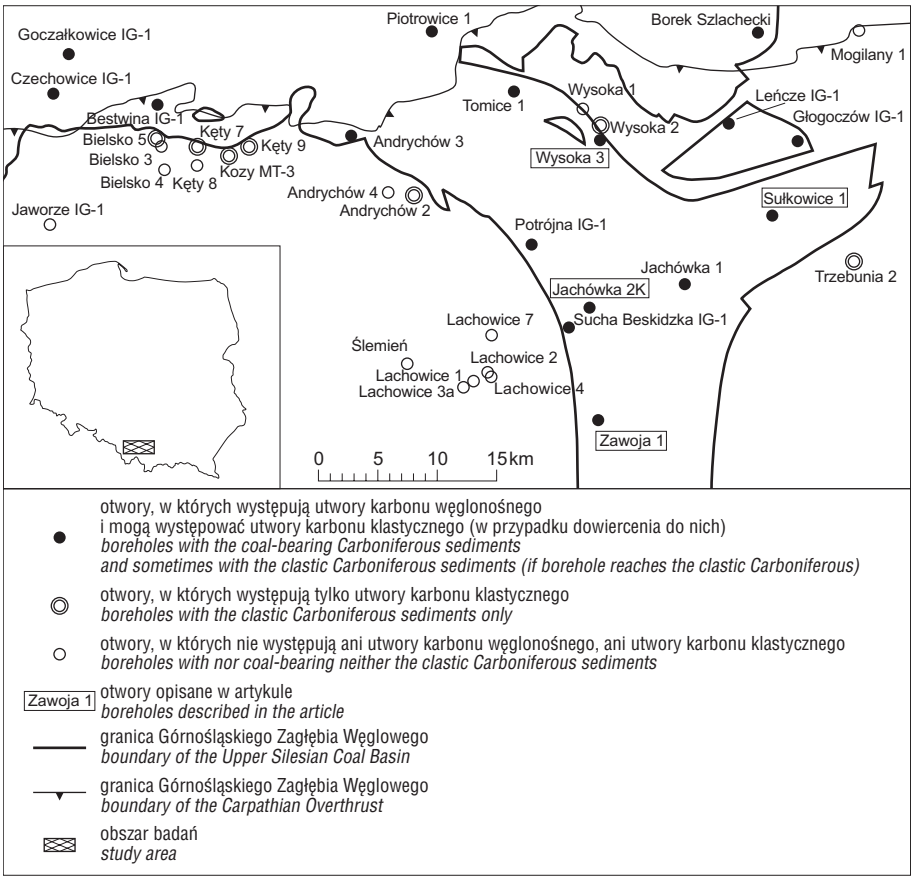
Najstarszy zespół z wizenu górnego pochodzi z otworu wiertniczego Sułkowice 1, z głębokości 3590–3412,3 m (ryc. 2). Zaklasyfikowano go do mikroflorystycznej zony VF (*Tripartites vetustus–Rotaspora fracta*) na podstawie regularnego występowania gatunków przewodnich dla tej zony *Tripartites vetustus* i *Rotaspora fracta* (Clayton i in., 1977).

Kolejną mikroflorystyczną zonę NC (*Bellispores nitidus–Reticulatisporites carnosus*) obejmującą stratygraficznie granicę wizenu i namuru, rozpoznano w próbce z głębokości 1742 m z otworu wiertniczego Wysoka 3 (ryc. 2). Bardzo podobny taksonomicznie zespół do zony mikroflorystycznej VF jest wzbogacony o występowanie gatunku indeksowego dla zony NC *Bellispores nitidus*. Drugiego przewodniego taksonu *Reticulatisporites carnosus* nie oznaczono.

Do następnej mikroflorystycznej zony TK (*Stenozonotriletes triangulus–Rotaspora knoxi*), występującej bezpośrednio po NC, a należącej stratygraficznie do namuru A, zakwalifikowano wszystkie próbki z otworów wiertniczych Jachówka 2K, Wysoka 3 z głębokości 1659–1663 m

*Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, 41-200 Sosnowiec, ul. Będzińska 60,

**Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Górnośląski, 41-200 Sosnowiec, ul. Królowej Jadwigi 1; wkrieger@pigog.com.pl



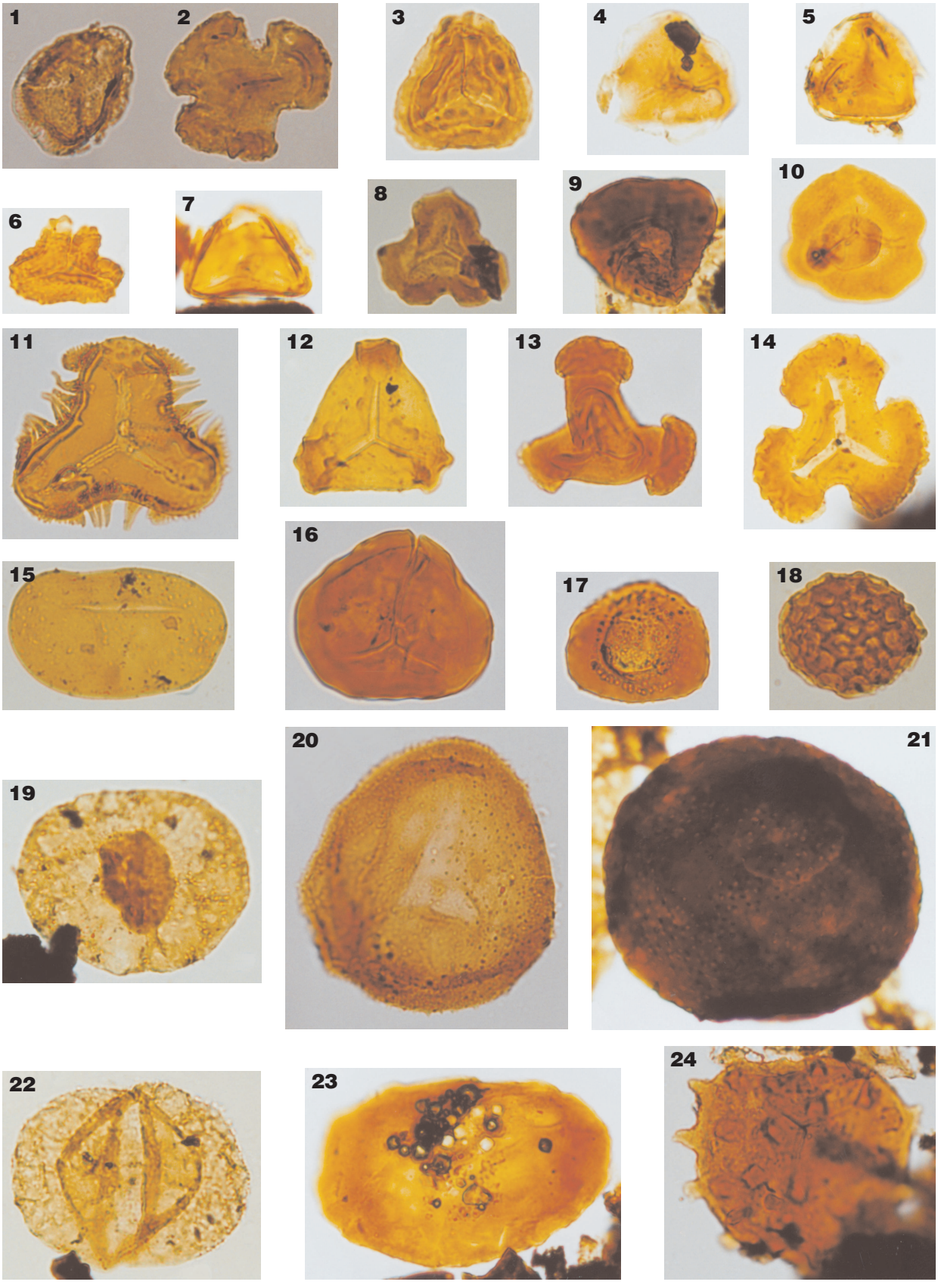
Ryc. 1. Lokalizacja wierceń w południowo-wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego
Fig. 1. Localization of the boreholes in the south-eastern part of the Upper Silesia Coal Basin

Otwory wiertnicze *Boreholes*	Sułkowice 1						Wysoka 3			Jachówka 2K			Zawoja 1				
Zony miosporowe *Miospore zones*	VF				TK		NC	TK	KV	TK			NJ		SL		?
Głębokości [m] *Depths [m]* / Mikroflora *Microflora*	3583-3590	3498-3500	3412,3- 3415,5(II)	3412,3- 3415,5(I)	3348-3349,5	3290-3291,5	1742	1659-1663	1573-1576	3295,3-3300 (II)	3295,3-3300 (I)	3209,4-3215,2	5014-5023 węgiel *coal*	5014-5023 (II) łupek *shale*	5014-5023 (I) łupek *shale*	5005-5014 węgiel *coal*	5005-5014 łupek *shale*
Vestispora fenestrata															●	●	
Westphalensisporites irregularis																●	
Torispora spp.															●		
Raistrickia fulva													●	●			
Cirratriradites saturni													●	●	●	●	
Laevigatosporites spp.									●				●	●	●	●	
Punctatosporites minutus													●	●	●	●	
Florinites mediapudens													●	●	●		
Florinites junior													●	●	●		
Florinites spp.								●	●			●					
Crassispora kosankei								●	●		●	●					
Spencerisporites radiatus										●							
Diatomozonotriletes cervicornutus										●							
Stenozonotriletes triangulus					●			●		●		●					
Bellispores nitidus							●	●				●					
Tripartites trilinguis	●	●		●	●					●		●					
Tripartites vetustus	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
Rotaspora fracta		●		●	●		●										
R. knoxi	●				●		●			●							
Savitrisporites nux	●	●	●	●	●		●	●	●		●	●					
Schulzospora spp.	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●					
Knoxisporites stephanophorus		●		●			●	●			●						
Densosporites variabilis	●	●	●	●		●	●	●	●	●		●					
Cingulizonates bialatus	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
Ahrensisporites duplicatus					●							●					
Lycospora pusilla	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

BRAK MIKROFLORY / LACK OF MICROFLORA

Ryc. 2. Zasięgi stratygraficzne ważnych miospor i ziarn pyłku
Fig. 2. Stratigraphic ranges of some important miospores.

i Sułkowice 1 z głębokości 3349,5–3290 m (ryc. 2). Za podstawę wyznaczenia zony przyjęto występowanie gatunku indeksowego *Stenozonotriletes triangulus*. Drugi takson *R. knoxi* pojawia się stratygraficznie znacznie wcześniej, już w zonie VF. Ponadto w otworze wiertniczym Jachówka 2K oznaczono jeszcze *Tripartites trilinguis*, którego obecność wskazuje na spągową część zony TK (Clayton i in., 1977) oraz odnotowano obecność w otworach wiertniczych Jachówka 2K i Wysoka 3 ważnych taksonów pojawiających się po raz pierwszy w stropowej



Tab. 1. Wyniki badań macerałów i materii mineralnej z otworu Zawoja 1
Table 1. Results of the studies of macerals and mineral matter from Zawoja 1 borehole

Interwał głębokościowy [m]	Grupa witrynitu [%]			Grupa liptynitu [%]				Grupa inertynitu [%]							Materia mineralna [%]					R_0 [%]
	Kolotelinit	Telinit	Suma	Sporynit	Kutynit	Rezynit	Suma	Fuzynit	Semifuzynit	Mikrynit	Makrynit	Sklerotynit	Inertodetrynit	Suma	Ił	Węglany	Piryt	Kwarc	Suma	
5005–5014	35,0	8,2	43,2	25,6	4,0	1,8	31,4	5,2	5,6	1,0	1,4	0,6	6,4	20,2	2,4	—	2,8	—	5,2	0,78
5014–5023	20,8	6,2	27,0	40,4	0,6	1,4	42,4	9,8	5,8	1,8	2,8	1,2	8,6	30,0	0,6	—	—	—	0,6	0,78

Tab. 2. Wyniki badań mikrolitotypów, karbominerytu i materii mineralnej z otworu Zawoja 1
Table 2. Results of the studies of microlithotypes, carbominerite and mineral matter from Zawoja 1 borehole

Interwał głębokościowy [m]	Monomaceralne						Bimaceralne			Trimaceralne			Karbomineryt				Materia mineralna			
	Witryt	Liptyt	Semifuzyt	Fuzyt	Sklerotyt	Inertodetryt	Duryt	Klaryt	Witrynertyt	Duroklaryt	Klaroduryt	Witrynertoliptyt	Karbargilit	Karbankeryt	Karbopiryt	Karbopolimineryt	Iłowiec	Węglany	Piryt	Kwarc
5005–5014	35,8	3,4	1,2	0,4	—	—	17,0	15,6	—	17,6	2,4	2,4	1,2	—	2,0	—	1,0	—	—	—
5014–5023	12,0	3,2	5,0	1,6	—	—	31,6	9,2	1,8	20,2	4,8	8,6	1,6	—	—	—	0,4	—	—	—

części poprzedniej mikroflorystycznej zony NC *Crassispora kosankei* i gatunki z rodzaju *Folrinites*. Ze starszych istotnych taksonów w obu otworach odnotowano rodzaj T*ripartites* a w Jachówce dodatkowo *Rotaspora*.

Oznaczony zespół miospor w otworze wiertniczym Wysoka 3, z głębokości 1573–1576 m, wskazuje na występowanie tu zony mikroflorystycznej KV (*Crassispora kosankei–Grumosisporites varioreticulatus*) z namuru B. Przemawia za tym podwyższona frekwencja gatunku indeksowego *Crassispora kosankei*, co jest zgodne z jego liczebnym występowaniem w Europie Zachodniej (Clayton i in., 1977*)* oraz licznych gatunków z rodzaju *Florinites*. Ponadto odnotowano wystąpienie po raz pierwszy gatunków pojawiających się w tej zonie *Raistrickia fulva* oraz pojedynczych *Laevigatosporites* sp. Inne istotne gatunki to *Ahrensisporites guerickei* i *Pustulatisporites papillosus*. Na uwagę zasługuje obecność jeszcze w tej zonie nielicznych, prawdopodobnie redeponowanych miospor z rodzaju *Tripartites*, które kończą swe występowanie w Europie Zachodniej w starszej zonie TK (Clayton i in., 1977).

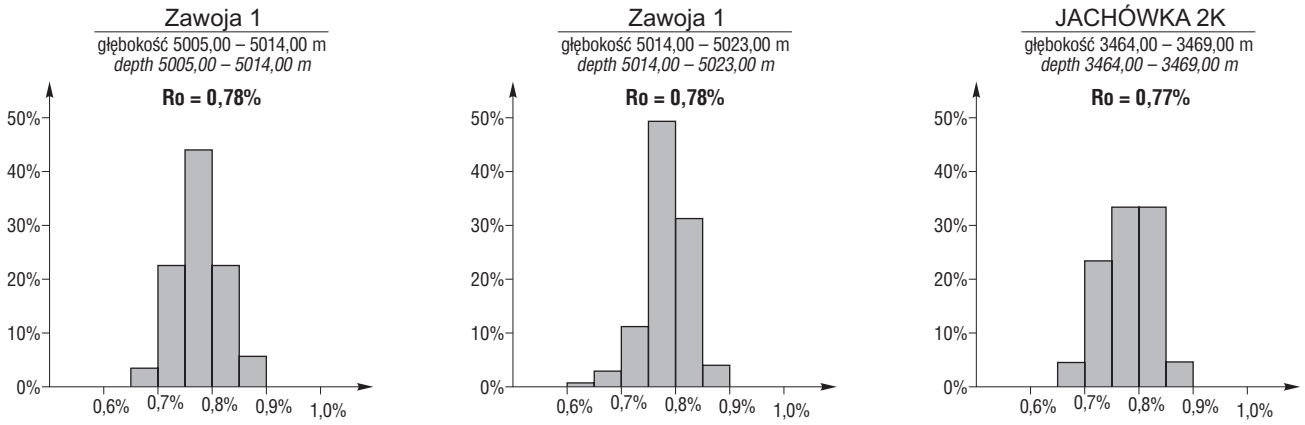
Zespoły miosporowo-pyłkowe, występujące w próbkach z otworu wiertniczego Zawoja 1, wskazują na występowanie utworów wieku westfalskiego (ryc. 2). Pomimo tego, iż próbki pochodzą z bardzo zbliżonych do siebie głębokości, zespoły miosporowo-pyłkowe wykazują istotne różnice taksonomiczne. Dwie próbki (węglowa i łupkowa) pochodzące ze spągu interwału 5014–5023 m zawierały zespoły mikroflory, charakterystyczne dla zony mikroflorystycznej z westfalu B–NJ (*Microreticulatisporites nobilis–Florinites junior*). Spośród taksonów indeksowych oznaczono tylko *Florinites junior*, ponadto odnotowano podwyższoną frekwencję gatunków z rodzajów *Laevigatosporites* i *Punctatosporites* oraz pojedyncze dwuworkowe ziarna pyłku. Z kolei w dwóch próbkach ze stropowej części tego interwału (5014–5023 m łupek i 5005–5014 m, węgiel) odnotowano charakterystyczne zespoły sporowo-pyłkowe dla zony mikroflorystycznej SL (*Torispora securis–Torispora laevigata*) z westfalu C. Pojawiają się tu po raz pierwszy gatunki z rodzaju *Torispora* (Clayton i in., 1977), odnotowano także *Vestispora fenestrata* oraz *Westphalensisporites irregularis*.

Badania refleksyjności witrynitu i petrografia węgla

Z otworu wiertniczego Zawoja 1 pobrano dwie próbki węgla z głębokości 5005–5014 m i 5014–5023 m. Był to

←

Ryc. 3. Niektóre istotne miospory wykorzystane w biostratygrafii. Powiększenie x500
Fig. 3. Some stratigraphically important miospores of the material studied. Magnification x500: 1 — *Lycospora pusilla*, Sułkowice 1, 3583–3590 m; 2 — *Tripartites vetustus*, Sułkowice 1, 3583–3590 m; 3 — *Savitrisporites nux*, Sułkowice 1, 3583–3590 m; 4 — *Rotaspora fracta*, Sułkowice 1, 3348–3349,5 m; 5 — *Rotaspora knoxi*, Sułkowice 1, 3348–3349,5 m; 6 — *Bellispores nitidus*, Wysoka 3, 1742 m; 7 — *Rotaspora knoxi*, Wysoka 3, 1742 m; 8 — *Westphalensisporites irregularis*, Zawoja 1, 5014–5023 m (I); 9 — *Torispora laevigata*, Zawoja 1, 5014–5023 m (I); 10 — *Knoxisporites stephanophorus*, Wysoka 3, 1742 m; 11 — *Diatomozonotriletes cervicornutus*, Jachówka 2K, 3295,3–3300 m (II); 12 – *Ahrensisporites guerickei* var *ornatus*, Zawoja 1, 5014–5023 m (I); 13 — *Triquitrites trivalvis*, Jachówka 2K, 3295,3–3300 m (II); 14 — *Tripartites vetustus*, Jachówka 2K, 3295,3–3300 m (II); 15 — *Laevigatosporites vulgaris*, Zawoja 1, 5014–5023 m (II); 16 — *Stenozonotriletes triangulus*, Jachówka 2K, 3295,3–3300 m (II); 17 — *Densosporites variabilis*, Jachówka 2K, 3295,3–3300 m (II); 18 — *Dictyotriletes reticulocingulum*, Zawoja 1, 5014–5023 m (I); 19 — *Florinites junior*, Zawoja 1, 5014–5023 m (II); 20 — *Crassispora kosankei*, Jachówka 2K, 3295,3–3300 m (II); 21 — *Vestispora fenestrata*, Zawoja 1, 5014–5023 m (I); 22 — *Quasillinites diversiformis*, Zawoja 1, 5014–5023 m (I); 23 — *Schulzospora ocellata*, Wysoka 3, 1742 m; 24 — *Raistrickia nigra*, Sułkowice 1, 3583–3590 m



Ryc. 4. Refleksyjność witrynitu z otworów Zawoja 1 i Jachówka 2K

Fig. 4. Reflectance of vitrinite from Zawoja 1 and Jachówka 2K boreholes

węgiel kamienny rozdrobniony, wykonano z niego dwa preparaty ziarnowe wg PN–92/G–04563, na których przeprowadzono analizę macerałów i mikrolitotypów oraz dokonano pomiaru współczynnika zdolności odbicia światła (refleksyjności).

Analizę ilościową na zawartość macerałów i materii mineralnej przeprowadzono zgodnie z PN–04529, przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego „POLAM" w świetle odbitym pod imersją olejową przy powiększeniu ok. 450x.

Obliczeń dokonano przez oznaczenie 500 punktów wyznaczonych na przecięciu krzyża nitkowego w okularze. Przy identyfikacji macerałów stosowano się do zaleceń ICCP z 1971 r. Wyniki analiz zestawiono w tab. 1.

W próbce z głębokości 5005–5014 m najliczniej występują macerały z grupy witrynitu — 43,2%, a spośród macerałów tej grupy dominuje kolotelinit — 35,0%. Znaczny udział procentowy zajmują macerały grupy liptynitu — 31,4%. Najczęściej są to bardzo dobrze zachowane mega- i mikrospory o odcieniu brązowym. Pozostałe macerały z grupy liptynitu występują w ilościach podrzędnych. Macerały grupy inertynitu stanowią 20,2% składu całej próbki. W grupie tej jedynie fuzynit i semifuzynit występują w ilości odpowiednio 5,2 oraz 5,6%, a inertodetrynit 6,4%. Pozostałe macerały są maceralami akcesorycznymi. Jako domieszki mineralne stwierdzono 2,4 iłu i 2,8% pirytu.

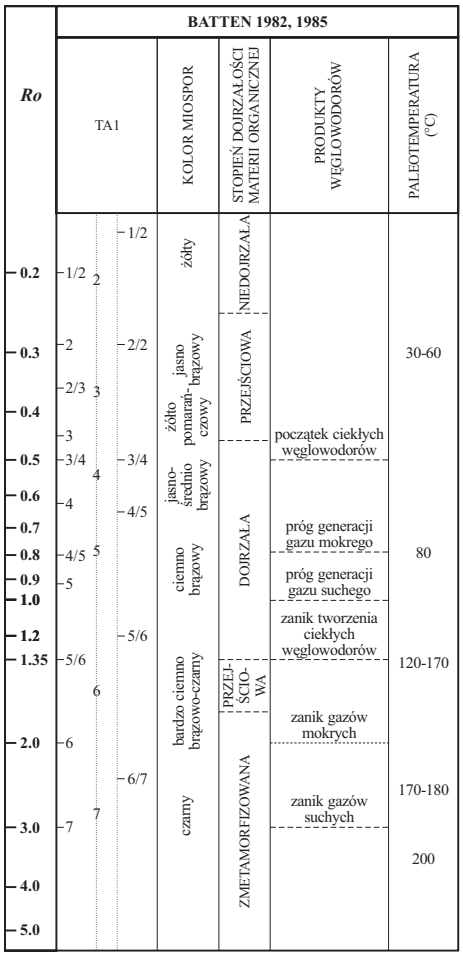
W próbce drugiej, z otworu Zawoja 1 (z głębokości 5014–5023 m) najliczniejsze są macerały z grupy liptynitu — 42,4%. W większości przypadków są to dobrze zachowane mikrospory. Drugie miejsce pod względem ilości występowania zajmują macerały z grupy inertynitu — 30,0%. W tej grupie dominuje pustokomórkowy fuzynit — 9,8% i inertodetrynit — 8,6%. Pozostałe macerały stwierdzono w ilościach podrzędnych. Dopiero na trzecim miejscu pod względem ilości są macerały z grupy witrynitu — 27,0%, co jest pewnym ewenementem. Materię mineralną reprezentuje tylko 0,6% iłu.

Dla obydwu próbek węgla przeprowadzono również analizę mikrolitotypową. Wyniki analiz zawarto w tab. 2.

W próbce z głębokości 5005–5014 m najczęściej występują odrębne ziarna witrytu, które stanowią 35,8% składu. Poza tym znaczące zawartości stanowią: duroklaryt — 17,6%, duryt — 17,0% i klaryt — 15,6%. Pozostałe składniki zostały stwierdzone w podrzędnych ilościach.

Skład mikrolitotypowy węgla próbki z głębokości 5014–5023 m jest odmienny od opisanego wyżej. Najczęściej występującym mikrolitotypem jest duryt — 36,6% oraz duroklaryt — 20,2%. Udział witrytu osiąga 12,0% udziału, a pozostałe składniki nie przekraczają 10%.

Na tych samych próbkach z otworu Zawoja 1, na których przeprowadzono analizę macerałów i mikrolitotypów, dokonano pomiaru współczynnika średniej zdolności odbi-

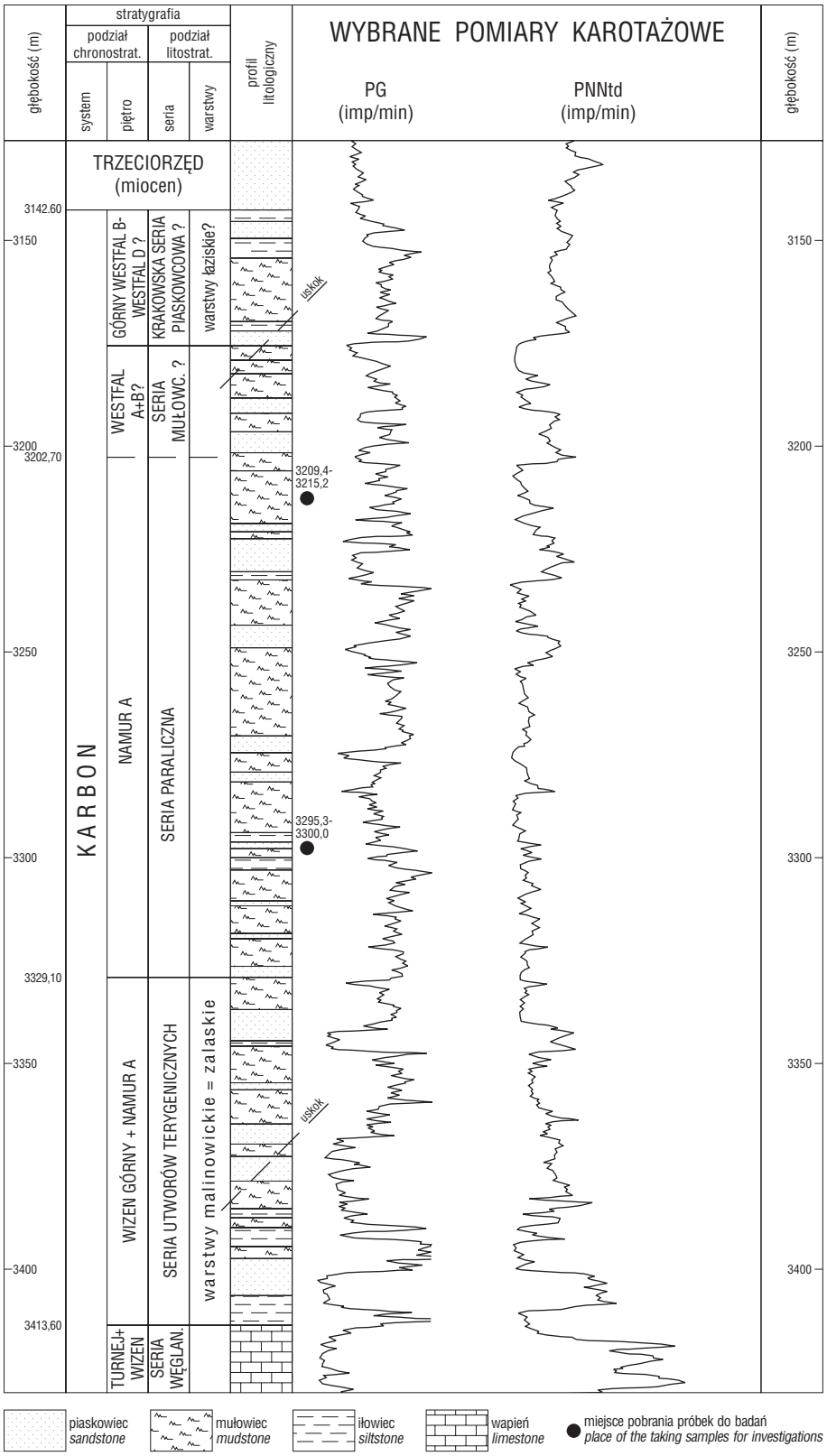


Ryc. 5. Korelacja wskaźników dojrzałości materii organicznej w skałach osadowych (Batten, 1982; Gaupp & Batten, 1985 [W:] Waksmundzka, 1995)

Fig. 5. Correlation of organic matter maturity indicators in sedimentary rocks (Batten, 1982; Gaupp & Batten, 1985 [In:] Waksmundzka, 1995)

cia światła R_0. Wyniki pomiaru zawarto w tab. 1. Pomiaru tego dokonywano na kolotelinicie zgodnie z normą PN–92/G–04524, przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego firmy Zeiss–Opton, model Photomikroskop III, w świetle odbitym. Pomiar był prowadzony w imersji (olej cedrowy o współczynniku załamania światła n = 1,555) w temperaturze 22°C. W czasie pomiaru stosowano następujące stałe parametry:

- ❏ długość fali λ = 546 μm.
- ❏ powierzchnia pomiaru = 1 mm^2
- ❏ wzorzec nr 3 – R = 0,94%
- ❏ powiększenie mikroskopu — 600 razy.



Ryc. 6a. Profil utworów karbonu w otworze wiertniczym Jachówka 2K (głębokości zredukowane)

Fig. 6a. Profile of the Carboniferous deposits in Jachówka 2K borehole (depth reduced)

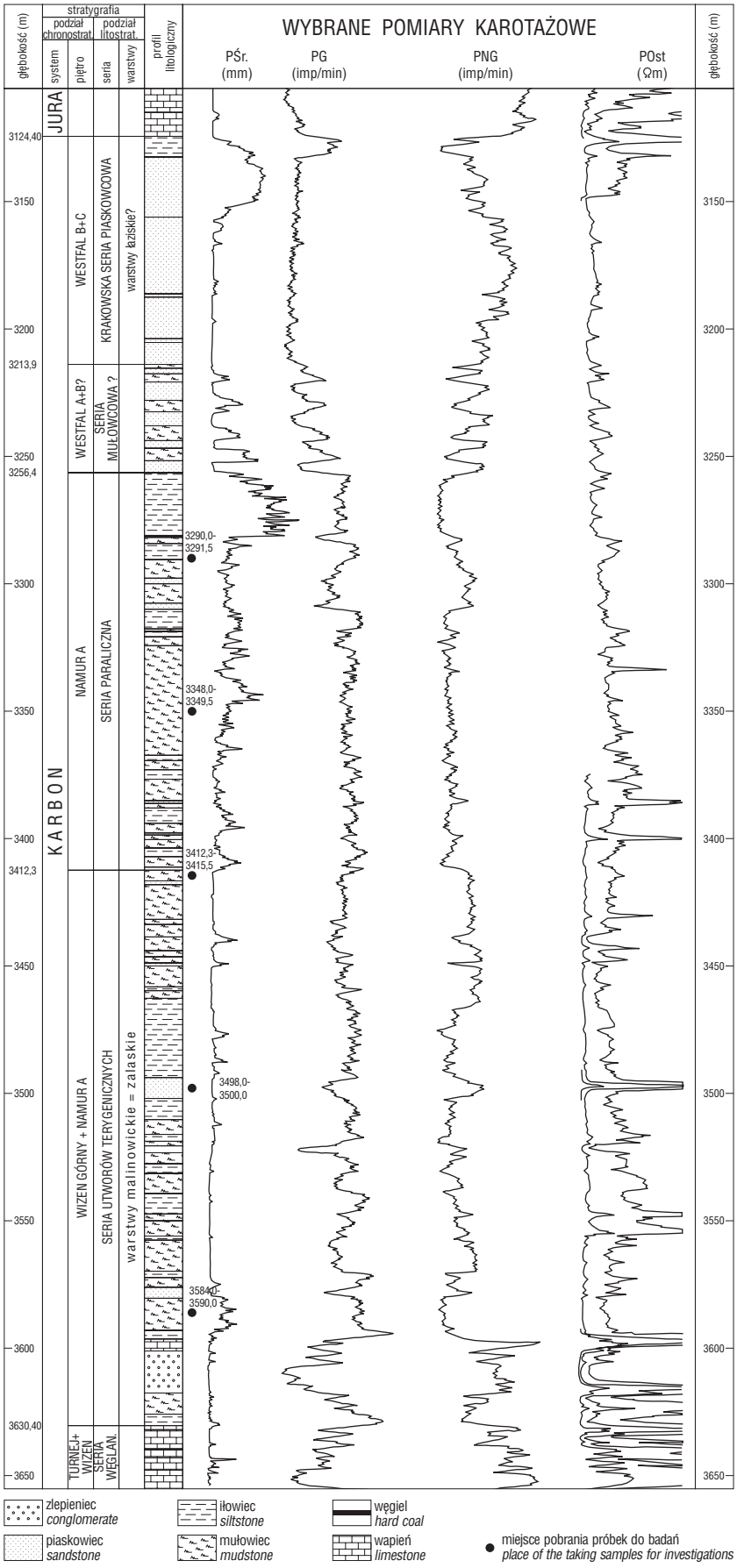
Średnia zdolność odbicia światła R_0, dla węgla w próbce z głębokości 5005–5014 m wynosi 0,78% i tyle samo dla próbki z głębokości 5014–5023 m.

W celu przedstawienia rozkładu wartości zdolności odbicia światła w węglu, z poszczególnych próbek, dla każdej z nich sporządzono reflektogramy (ryc. 4).

Skrajne wartości pomiarów zdolności odbicia światła obejmują przedział od 0,60 do 0,90%. Obydwa reflektogramy wykazują zdecydowane maksimum przypadające ok. wartości średniej refleksyjności (R_0) badanego węgla. Wskazuje to, że węgiel przeznaczony do badań jest jednorodny pod względem zmetamorfizowania.

Badane węgle, pomimo znacznej głębokości występowania (ponad 5000 m), charakteryzują się stosunkowo niską zdolnością odbicia światła witrynitu.

Z otworu Jachówka 2K dysponowano dwoma próbkami, które poddano badaniom petrograficznym węgla. Pierwsza z nich pochodzi z głębokości 3295,3–3300 m (głębokość zredukowana). Jest to iłowiec, z jednym pasemkiem węgla błyszczącego pośrodku. Próbkę poddano procesowi polerowania i uzyskano z niej zgład kawałkowy. Jest to pasmo czystego kolotelinitu, barwy szarej o bardzo gładkiej powierzchni. Stwierdzono w nim pojedyncze duże szczeliny wypełnione węglanami bądź pirytem. Z uwagi na to, że występuje w tym pasemku tylko jeden macerał, nie można było przeprowadzić analizy ilościowej. Natomiast ze względów technicznych nie dokonano pomiarów współczynnika zdolności odbicia światła. Sądząc jednak po stopniu szarości opisywanego kolotelinitu można stwierdzić, że węgiel przeznaczony do badań z omawianej próbki jest nisko uwęglony.



Ryc. 6b. Profil utworów karbonu w otworze wiertniczym Sułkowice 1
Fig. 6b. Profile of the Carboniferous deposits in Sułkowice 1 borehole

❏ Druga próbka z otworu Jachówka 2K pochodzi również z głębokości 3295,3–3300 m (głębokość zredukowana). Z obserwacji makroskopowych wynikało, że jest to iłowiec węglisty, barwy czarnej, o zbitej strukturze. Z próbki tej sporządzono zgład kawałkowy z jednostronnie wypolerowaną powierzchnią. W czasie obserwacji mikroskopowych, zachowując wszystkie parametry jak w przypadku próbek z otworu Zawoja 1, okazało się, że nie można przeprowadzić prawidłowo analizy ilościowej. W celu zorientowania się, jaki procent składników węglowych występuje w omawianej próbce przeprowadzono analizę jakościową. Nie obliczano punktów przecięcia krzyża nitkowego, który przypadał na substancji mineralnej. Natomiast udział składników węglowych przedstawia się następująco:

❏ macerały z grupy witrynitu — 42,6%,

❏ macerały z grupy liptynitu — 33,6%,

❏ macerały z grupy inertynitu — 23,8%.

Spośród macerałów grupy witrynitu są to przede wszystkim drobne fragmenty kolotelinitu. Występują w towarzystwie innych macerałów, bądź też jako samodzielne fragmenty rozsiane w cieście skalnym. Macerały grupy liptynitu są reprezentowane jedynie przez sporynit. Są to głównie mikrospory z rodzaju *Densosporites*, dobrze zachowane, przesycone substancją mineralną, posiadające owalne zamknięte formy barwy brązowej. Sporadycznie występują megaspory, albo ich fragmenty barwy brązowej, proste, nie zamknięte, z widocznym szwem zrostowym. Spory występują w towarzystwie innych składników węgla, bądź też pojedyncze dobrze zachowane formy tkwią w masie mineralnej.

W przeprowadzonej analizie najniższy udział procentowy w ilości 23,8% zajmują macerały grupy inertynitu. Spośród macerałów tej grupy wyróżniono: fuzynit — 13,6%, semifuzynit — 7,0% oraz sklerotynit — 3,2%.

Fuzynit charakteryzuje się dobrze zachowaną strukturą komórkową. Podobne formy zachowuje bardziej szary semifuzynit. Występują też dobrze zachowane pojedyncze sklerocje, które wyróżniają się wypukłym reliefem.

Na próbce kawałkowej z otworu Jachówka 2K z głębokości 3464–3469 m (głębokość zredukowana 3295,3–3300 m), dokonano pomiaru współczynnika zdolności odbicia światła R_o, który wynosi 0,77%. Reflektogram dla tej próbki

przedstawia ryc. 4. Podczas prowadzonych pomiarów przestrzegano wszystkich zasad, jak w przypadku opisywanych pomiarów na próbkach z otworu Zawoja 1.

Badane węgle zarówno z otworu Zawoja 1, jak i Jachówka 2K, pomimo znacznej głębokości występowania, charakteryzują się stosunkowo niską zdolnością odbicia światła witrynitu. Na podstawie tych wartości można wnioskować, że badane węgle należy zaliczyć do węgli płomiennych typu 31.

Ocena dojrzałości termicznej materii organicznej w utworach karbonu

Analiza dojrzałości termicznej utworów fitogenicznych ma duże znaczenie w ocenie potencjalnych możliwości występowania węglowodorów w utworach paleozoicznych występujących w podłożu Karpat Zachodnich. Z punktu widzenia warunków paleotermicznych istotna jest ocena, czy utwory osiągnęły stadium właściwe dla generacji węglowodorów i w jakim okresie geologicznym osiągnęły stwierdzony poziom dojrzałości. Rozwiązanie powyższych problemów pozwala prognozować nie tylko warunki generacji i ekspulsji węglowodorów, ale także ocenić drogi ich migracji i szanse akumulacji w złożu.

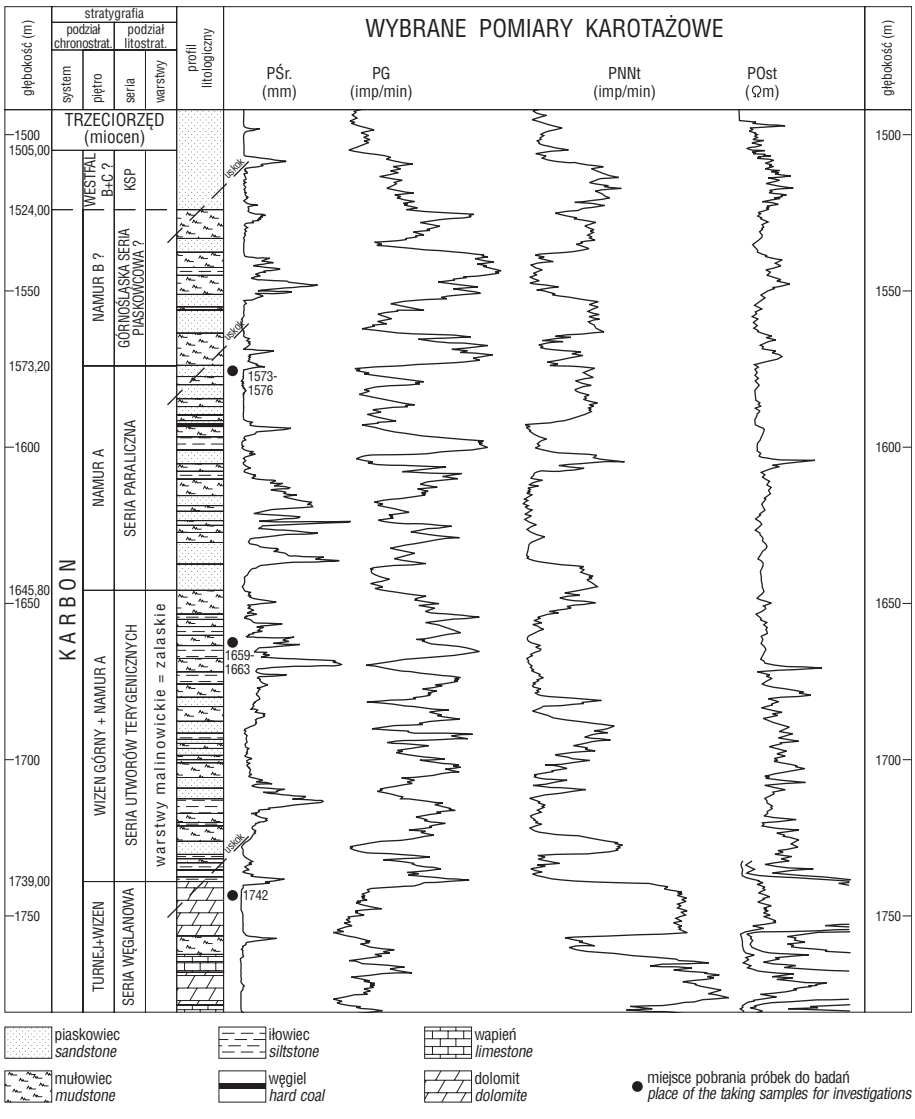
Wieloletnie doświadczenia petrografów węgla i geochemików organicznych wskazują, że wskaźnik refleksyjności witrynitu R_0 jest dobrym markerem maksymalnych temperatur, w jakich znalazły się dane utwory w historii geologicznej (Bostick & Foster, 1975; Robert, 1985; Barker, 1991).

Wiadomo, że zdolność odbicia światła przez witrynit wzrasta wraz ze stopniem dojrzałości termicznej skał macierzystych. Pomiary współczynnika refleksyjności witrynitu zostały wykonane w dwóch otworach: Jachówka 2K i Zawoja 1. W otworze Jachówka 2K, w próbce z głębokości 3295,3–3300 m, współczynnik ten wynosi 0,77%, a w otworze Zawoja 1, w próbkach z głębokości 5005–5014 m i 5014–5023 m, wynosi 0,78%.

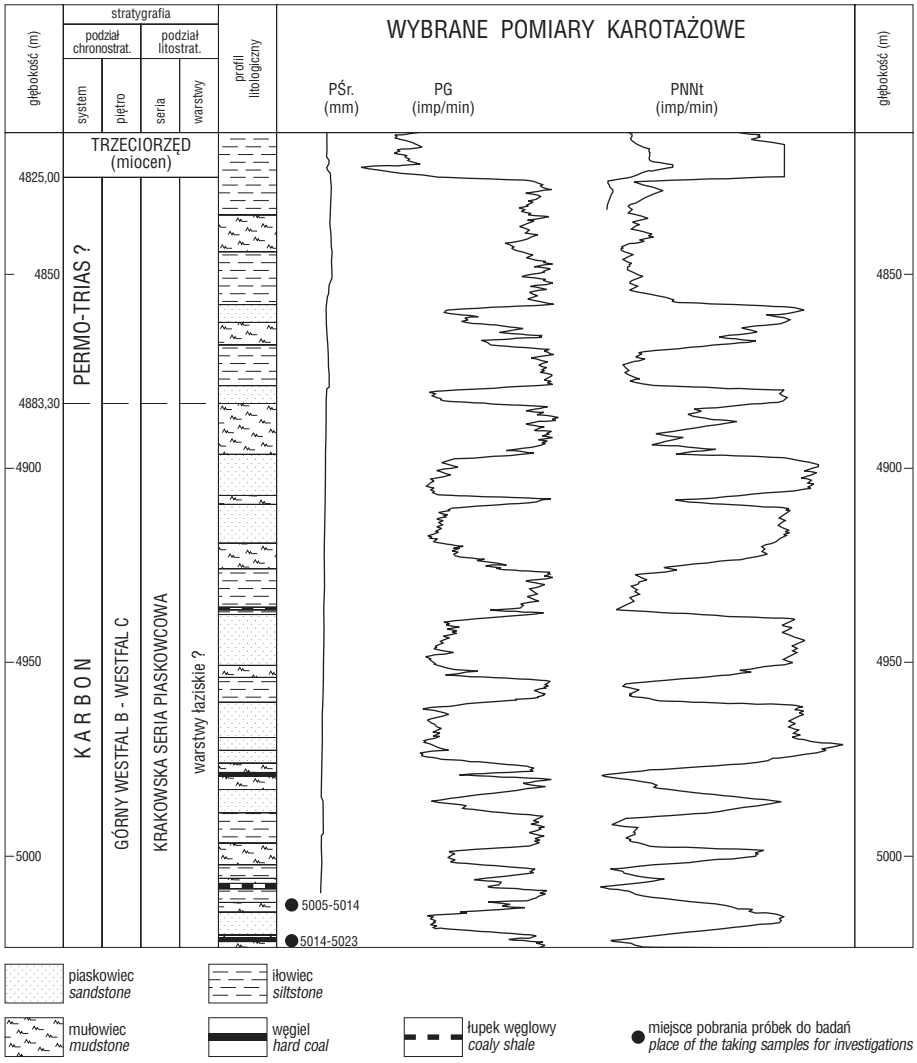
Pomiary refleksyjności witrynitu były wykonane również w dwóch innych otworach wiertniczych leżących w południowo-wschodniej części Zagłębia — w Suchej Beskidzkiej IG–1 i Jachówce 1 (Krieger i in., 1997). W otworze Jachówka 1 trzy próbki z głębokości 3374–3377 m miały refleksyjność 0,65–0,71%, a dwie próbki z głębokości 3494–3497 m refleksyjność 0,73–0,76%. W otworze Sucha Beskidzka IG–1 w próbce z głębokości 3225,5 m refleksyjność wyniosła 0,73–0,74%.

Przy ocenie stopnia dojrzałości termicznej organicznej materii (OM) jako uzupełniającą stosuje się metodę palinologiczną, polegającą na określeniu barwy palinomorf. Palinomorfy wykazują zmienne zabarwienie egzyny, w zależności od historii termicznej. Analiza zmienności barwy palinomorf daje możliwość określenia termicznej dojrzałości osadów i umożliwia przybliżoną korelację ze współczynnikiem refleksyjności witrynitu (ryc. 5). Zmienność zabarwienia palinomorf, o różnej historii termicznej jest duża i obejmuje barwy od jasnożółtej aż do czarnej. Istnieje kilka skal liczbowych, korelujących barwy palinomorf ze skalą wartości refleksyjności witrynitu, skalą paleotemperatur, klasyfikacją węgli i wykresem generacji węglowodorów (Batten, 1984, 1996; Batten, 1982; Gaupp & Batten, 1985; Waksmundzka, 1995). W przeprowadzonych badaniach przyjęto siedmiostopniową skalę barw zaproponowaną przez Battena (1984). Do obserwacji zabarwienia palinomorf w celu określenia stopnia dojrzałości termicznej najlepiej nadają się spory oraz ziarna pyłków.

W badanych otworach Jachówka 2K, Sułkowice 1, Wysoka 3 i Zawoja 1 palinomorfy z utworów karbonu wykazują barwę żółtopomarańczową, jasnobrązową lub ciemnobrązową (ryc. 3), co odpowiada wartości TAI



Ryc. 6c. Profil utworów karbonu w otworze wiertniczym Wysoka 3
Fig. 6c. Profile of the Carboniferous deposits in Wysoka 3 borehole



Ryc. 6d. Profil utworów karbonu w otworze wiertniczym Zawoja 1
Fig. 6d. Profile of the Carboniferous deposits in Zawoja 1 borehole

(*Thermal Alternation Index*) 3–5 i określa dojrzałą materię organiczną. W otworach Jachówka 2K i Zawoja 1, gdzie przeprowadzono pomiary refleksyjności witrynitu, wskaźnik TAI dobrze koreluje się z tymi pomiarami.

W otworze Jachówka 1, gdzie w utworach karbonu przeprowadzono pomiary współczynnika refleksyjności witrynitu (Krieger i in., 1997), otrzymano wyniki od 0,65% do 0,76%. Palinomorfy karbońskie mają barwę żółtopomarańczową, jasnobrązową lub ciemnobrązową, co odpowiada wskaźnikowi TAI 3–5 w skali Battena i również dobrze korelują się z wartościami refleksyjności witrynitu.

Obserwowana dojrzałość organicznej materii w utworach klastycznych karbonu w południowo-wschodniej części GZW, wyrażona współczynnikiem refleksyjności witrynitu i wskaźnikiem TAI wskazuje, że utwory te znajdują się w początkowej fazie generacji węglowodorów. Pomierzone w otworach Jachówka 1, Jachówka 2K, Sucha Beskidzka IG–1 i Zawoja 1 wartości współczynnika refleksyjności witrynitu wynoszą 0,65–0,78% i dotyczą próbek pobranych z przedziału głębokości 3374–5023 m. Relatywnie niskie wartości tego współczynnika potwierdzają ogólny trend obniżenia dojrzałości termicznej osadów, w kierunku na południowy wschód, w granicach górnośląskiego basenu węglonośnego.

Równocześnie ta część GZW charakteryzuje się niskim gradientem uwęglenia (R_0<0,20%/km), co pozwala przypuszczać, że zarówno utwory karbonu jak i starszego paleozoiku są perspektywiczne dla poszukiwań węglowodorów (Karwasiecka, 1996, 1999).

Współcześnie obserwowane temperatury górotworu na stropie karbonu w południowo-wschodniej części GZW wynoszą 100–130°C (Karwasiecka, 1996, 1999). Obserwowane współcześnie temperatury są temperaturami maksymalnymi, w jakich znalazły się utwory paleozoiczne w historii geologicznej tego obszaru. Dojrzałość organicznej materii mierzona wskaźnikiem refleksyjności witrynitu R_o oraz wskaźnikiem TAI, wyrażonym barwą zachowanych palinomorf sugeruje, że badane utwory karbonu od czasu ich depozycji nigdy nie były poddane działaniu temperatury wyższej niż 130°C. Przyjęcie do rozważań alternatywnej wersji modelu paleotemperatur, dla którego maksymalne temperatury zostały osiągnięte przed inwersją laramijską Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, w konsekwencji sprowadza się do założenia erozji utworów karbońskich na poziomie 2,5–3,0 km. Współcześnie obserwowany trend rozkładu miąższości i migracji osi basenu karbońskiego nie upoważnia do postawienia takiej hipotezy. Obserwowany niski gradient uwęglenia nie pozwala natomiast na założenie znacznie wyższego paleostrumienia, który pozwoliłby na zrekompensowanie brakujących miąższości domniemanego nadkładu (Karwasiecka, 1999).

Podsumowując, można przyjąć hipotezę, że obserwowana w osadach karbońskich dojrzałość organicznej materii została osiągnięta współcześnie i jest rezultatem ich

pogrążenia na znaczne głębokości w wyniku przykrycia przez autochtoniczne utwory molasowe miocenu i nasunięcia na nie osadów fliszu karpackiego.

Wyznaczenie profili litologicznych w oparciu o pomiary geofizyki wiertniczej

Interpretację profilu litologicznego utworów karbonu w otworach: Jachówka 2K, Sułkowice 1, Wysoka 3 i Zawoja 1 przeprowadzono na podstawie standardowego kompletu krzywych geofizycznych, wykonanych w skali 1:500. Zasadniczą rolę odegrały wykresy profilowań radiometrycznych PG, PNNt, bądź PNG oraz profilowanie średnicy PŚr. Brak profilowania PGG jako podstawowego profilowania dla wyznaczania pokładów węgla (z uwagi na kontrastowe różnice gęstości) utrudnia wyznaczenie w profilu w sposób jednoznaczny utworów fitogenicznych.

Na podstawie zmiany poziomów wskazań krzywych geofizycznych wyznaczono strop utworów karbonu oraz strop serii węglanowej (ryc. 6a–d). Wartości te w kolejnych otworach wynoszą:

	Strop karbonu, m	Strop utworów węglanowych, m
Jachówka 2K (głębokości zredukowane)	3142,60	3413,60
Sułkowice 1	3124,40	3630,40
Wysoka 3	1505,00	1739,00
Zawoja 1	4883,30	nie dowiercony

Utwory fitogeniczne w utworach karbońskich wyznaczono w otworze Zawoja 1 w następujących interwałach:

- 4935,20–4936,50 m (1,30 m)
- 4978,40–4979,40 m (1,00 m)
- 5007,00–5008,40 m (1,40 m)
- 5027,00–5028,40 m (1,40 m)
- oraz w otworze Wysoka 3 na głębokości 1592,50–1593,40 m (0,90 m).

Dokładna i wiarygodna korelacja profilu wyznaczonego na podstawie profilowania geofizycznego w stosunku do rdzeniowanych odcinków profilu uzyskanych z wiercenia nie jest możliwa. Przyczyną jest niewielki udział odcinków rdzeniowanych oraz brak w tych rdzeniach osadów charakteryzujących się zdecydowanymi anomaliami na krzywych profilowań geofizycznych.

Wykorzystanie tylko interpretacji profilowań geofizycznych do precyzyjnego podziału karbonu na serie litostratygraficzne nie jest możliwe ze względu na podobne wykształcenie litologiczne utworów. Jedynym wyjątkiem jest wyznaczenie spągu krakowskiej serii piaskowcowej, która kontaktuje z wyraźnie różnymi litologicznie utworami leżącymi poniżej (serią mułowcową lub paraliczną). Powoduje to, że granica ta jest dość łatwa do wychwycenia na diagramach geofizyki otworowej. Profile litologiczne utworów karbońskich w poszczególnych otworach zostały wyznaczone głównie na podstawie wyników badań geofizycznych, ale podział na serie litostratygraficzne przeprowadzono na podstawie wyników badań mikroflorystycznych i petrograficznych piaskowców (Markiewicz [W:] Krieger i in., 2000), litologię odcinków rdzeniowanych (Krieger [W:] Krieger i in., 2000) i za pomocą korelacji z otworami z najbliższego sąsiedztwa (Krieger [W:] Krieger i in., 2000). Utwory klastyczne i węglonośne karbonu w otworach Jachówka 2K, Sułkowice 1, Wysoka 3 i Zawoja 1 przedstawia ryc. 6a–d.

Badania przedstawione w tym artykule były możliwe dzięki uprzejmości Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa, Oddziałowi Biura Geologicznego „Geonafta", które udostępniło rdzenie wiertnicze i diagramy geofizyczne z otworów.

Literatura

BARKER C. E. 1991 — Implications for organic studies of evidence for a geologically rapid increase and stabilization of vitrinite reflectance at peak temperature: Cerro Prieto geothermal system, Mexico. Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 75.

BATTEN D. J. 1982 — Palynofacies, paleoenvironments and petroleum. J. Micropaleont., 1: 107–114.

BATTEN D. J. 1984 — Pollen/spore colour standard. Munsell Colour Standard (Matte Finish). Version 2.

BATTEN D. J. 1996 — Palynofacies and petroleum potential. [In:] J. Jansonius D.C. McGregor (Eds.). Palynology: principles and applications. Am. Ass. Stratigr. Palynol. Found., 3: 1065–1084.

BOSTICK N. H. & FOSTER J. N. 1975 — Comparison of vitrinite reflactance in coal seams and in kerogen of sandstones, shales and limestones in the same part of a sedimentary section: 14–25. Coll. Int. Petr. de la matiere organique des sediments. CNRS. Paris.

CLAYTON G. 1996 — Mississippian miospores [W:] Jansonius J. & McGregor D.C. (red.) — Palynology: principles and applications. AASP Foundation, 2: 589–596.

CLAYTON G., COQUEL G., DOUBINGER J., GUEINN K. J., LOBOZIAK S., OWENS B. & STREEL M. 1977 — Carboniferous miospores of western Europe: ilustration & zonation. Meded. Rijsk Geol. Dienst, 29.

GAUPP R. & BATTEN D. J. 1985 — Maturation of organic matter in Cretaceous strata of the Northern Calcerous Alps. N. Jb. Geol. Paläont., 3: 157–175.

KARWASIECKA M. 1996 — Atlas geotermiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Warszawa.

KARWASIECKA M. 1999 — Ewolucja paleogeotermiczna w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. CAG, nr 1906/99.

KRIEGER W. 2002 (w druku) — Nowe dane dotyczące utworów karbonu klastycznego i węglonośnego w południowo-wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Biul. Państw. Inst. Geol.

KRIEGER W., CHROSTOWSKA J., FILIPIAK P., JACHOWICZ S., JURCZAK-DRABEK A., KWARCIŃSKI J., MARKIEWICZ M. & PAZIK T. 1997 — Dokumentacja utworów karbonu z otworu Jachówka 1. CAG, nr 2532/97.

KRIEGER W., FILIPIAK P., JACHOWICZ J., JURCZAK-DRABEK A., KARWASIECKA M. & MARKIEWICZ J. 2000 — Charakterystyka utworów karbonu w południowo-wschodniej podkarpackiej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. CAG, nr 223/2000.

ROBERT P. 1985 — Histoire géothermique et diagenése organique. Bull. Des Centres de Recherches Exploration — Production Elf-Aquitaine.

WAKSUMNDZKA M. 1995 — Wykorzystanie materiału palinologicznego do określenia stopnia metamorfizmu materii organicznej metodą TAI. Prz. Geol., 43: 107–109.

WOOD G., GABRIEL A. M. & LAWSON J.C. 1996 — Palynological techniques — processing and microscopy. [W:] Jansonius J. & McGregor D.C. (ed.) Palynology: principles and applications; AASP Foundation, 1: 29–50.