

WYNIKI BADAŃ PETROGRAFICZNYCH, MINERALOGICZNYCH, GEOCHEMICZNYCH I CHEMICZNO-TECHNOLOGICZNYCH

Aleksandra KOZŁOWSKA, Bronisława NURKIEWICZ, Joanna RÓŹKOWSKA, Joanna CUDAK

PETROGRAFIA SKAŁ PŁONNYCH KARBONU

Badaniami petrograficznymi objęto materiał skalny z głęb. 395,4–2485,0 m. Wykonano analizy 308 płytek cienkich na mikroskopie polaryzacyjnym. 175 próbek piaskowców i mułowców poddano analizie planimetrycznej przy użyciu stolika integracyjnego typu Eltinox (tab. 20). Wykonano 19 analiz rentgenowskich (tab. 21) na dyfrakto-metrze produkcji japońskiej typu Geiger-flex firmy Rigaku oraz 54 analizy termiczne (tab. 22) na derywatografie wę-gierskim. W profilu badanego otworu od stropu ku spągowi

osady karbonu należą do: górnośląskiej serii piaskowcowej, warstw porębskich, warstw jakłowieckich, warstw gru-szowskich, warstw pietrkowickich i warstw malinowic-kich (tab. 23). Wykorzystano oznaczenia porowatości efek-tywnej i przepuszczalności w 84 próbkach piaskowców wykonane w ramach badań hydrogeologicznych skał kar-bońskich w badanym otworze (tab. 40 – w rozdziale pre-zentującym wyniki tych badań).

CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA

Na podstawie badań petrograficzno-mineralogicznych wyróżniono następujące typy skał: piaskowce, mułowce, ilowce, skały tufogeniczne oraz skały węglanowe.

Piaskowce charakteryzują się strukturą od bardzo drobnoziarnistej do gruboziarnistej, a w części stropowej profilu do bardzo gruboziarnistej (górnoszląska seria piaskowcowa). Według klasyfikacji Pettijohna i in. (1972) reprezentują one głównie arenity sublityczne (fig. 13A) i subarkozowe, rzadziej lityczne oraz waki lityczne (fig. 13B) i subarkozowe. Wyszortowanie materiału ziarnowego jest zróżnicowane od dość dobrze do bardzo słabo wysortowa-nego. Stopień obtoczenia ziaren jest zmienny. Najczęściej występują ziarna subangularne, subowalne, angularne i owalne. Ponadto w części próbek stwierdzono obecność ziaren piroklastycznych. Piaskowce charakteryzują się tek-sturą bezładną, miejscami kierunkową podkreśloną ułoże-niem blaszek łuszczyków, materii organicznej oraz bardzo drobnokrystalicznego syderytu. Szkielet ziarnowy jest zbu-dowany z kwarcu, skaleni, okruchów skał oraz łuszczyków i chlorytów.

Kwarc jest głównym składnikiem piaskowców, a jego zawartość waha się od 40,6 do 78,4% (tab. 20). Skalenie, reprezentujące skalenie potasowe i plagioklasy, występują

w ilościach od 2,4 do 18,7%. Skalenie potasowe to głównie ortoklaz, rzadziej mikroklin. Największy ich udział odno-towano w środkowej i dolnej części profilu. Plagioklasy pojawiają się na głęb. 440,8 m i wraz z głębokością zawar-tość wzrasta. Reprezentują one kwaśne oligoklasy o za-wartości anortytu od 10 do 15%. Powszechnie ziarna ska-leni są rozpuszczane (fig. 13C) oraz widoczne są efekty procesów przeobrażeń: kaolinityzacji (fig. 13D), serycyty-zacji (fig. 13A, D) i chlorytyzacji, a w niektórych partiach profilu również albityzacji ortoklazu (fig. 13E) oraz zastę-powanie przez węglany (fig. 13C, E). Okruchy skał wystę-pują w zmiennych ilościach, od 4,6 do 38,5% i represen-tują głównie: kwarcyty drobno- i średnioziarniste, łupki kwarcytowe i łuszczykowo-kwarcowe oraz fragmenty skał magmowych, głównie wulkanicznych (m.in. szkliwo wul-kaniczne). Łuszczyki są reprezentowane przez biotyt i mu-skowit, w ilości od 1,1 do 20,6%. Muskowit występuje w niewielkich ilościach, w całym profilu otworu, nato-miast biotyt – w zmiennych ilościach (0–18%), w różnych partiach profilu. Biotyt jest minerałem, w różnym stopniu przeobrażonym. Blaszki łuszczyków są często powygina-ne, jako efekt kompaktacji mechanicznej (fig. 13F). Chloryty często mają charakter minerału pobiotytowego. Ich zawar-

Tabela 20

Wyniki analiz planimetrycznych piaskowców karbonu [% obj.]
 Results of modal analyses in the Carboniferous sandstones [vol. %]

Głęb. Depth [m]	Nazwa skały Rock name	Najczęstsze ziarna kwarcu The most frequent quartz grain d_{mf} [mm]	Maksymalne ziarno kwarcu The maximum quartz grain d_{max} [mm]	d_{mf} / d_{max} [mm]	Kwarc Quartz	Skalenie Feldspars			Okruchy skał Rock fragments			Muskowit Muscovite	Chloryt Chlorites	Sporiwo Cement		
						Potasowe Potassium	Plagioklasy Plagioclases	Quartzes Quartzes	Łupki Shales	Magnez Magnetic	Min. ilaste Clay minerals			Dolomit Dolomite	Syderyt Siderite	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
395,70	arenit sublityczny dr	0,20	0,62	3,10	58,5	8,2	0,0	6,6	2,4	2,3	0,0	3,1	0,0	13,8	2,5	2,6
402,05	waka lityczna dr	0,18	0,50	2,80	60,5	6,3	1,1	4,7	4,0	1,3	0,0	2,4	0,0	15,0	0,2	4,5
405,20	arenit lityczny śr	0,35	0,75	2,10	62,2	7,4	0,0	6,8	4,7	2,3	0,0	2,6	0,0	7,2	0,0	0,0
413,90	arenit sublityczny gr	0,70	2,37	3,40	58,8	8,3	0,0	11,2	5,4	2,3	0,0	1,1	0,0	12,9	0,0	0,0
422,40	waka lityczna dr	0,15	0,30	2,00	61,9	8,0	0,0	4,8	2,5	2,3	0,0	2,8	0,0	17,7	0,0	0,0
426,80	waka lityczna gr	0,55	1,12	2,00	53,0	8,1	0,0	8,5	7,2	4,0	0,0	3,3	0,0	15,9	0,0	0,0
430,10	waka lityczna gr	0,55	1,00	1,80	53,9	5,9	0,0	8,2	6,7	4,0	0,0	2,3	0,0	18,0	1,0	0,0
432,80	waka lityczna śr	0,35	0,70	2,00	59,3	7,3	0,0	6,1	4,0	3,3	0,0	1,8	0,0	18,2	0,0	0,0
438,30	waka lityczna dr	0,15	0,40	2,70	61,9	5,3	0,0	6,7	2,6	1,6	0,8	2,8	0,7	17,6	0,0	0,0
440,80	waka lityczna dr	0,18	0,55	3,10	54,9	5,9	2,3	5,8	4,3	2,3	0,9	4,3	0,7	15,0	0,8	2,8
444,80	waka lityczna śr	0,30	0,55	1,80	54,0	7,0	2,1	7,2	4,4	3,2	0,6	3,9	0,5	17,1	0,0	0,0
450,50	waka lityczna śr	0,35	1,41	4,00	56,9	7,6	1,9	7,3	3,6	2,4	0,6	2,9	0,5	16,3	0,0	0,0
453,50	waka lityczna śr	0,35	1,20	3,40	57,0	6,0	2,6	6,5	4,1	4,0	0,0	2,4	0,0	17,4	0,0	0,0
461,70	arenit lityczny bgr	1,12	2,82	2,50	57,8	4,4	1,7	11,7	6,7	7,3	0,0	1,1	0,0	7,8	1,5	0,0
470,20	arenit lityczny gr	0,59	2,37	4,00	57,4	2,8	0,0	11,1	7,8	3,3	0,9	2,4	0,0	13,1	1,2	0,0
472,50	arenit lityczny bgr	1,20	4,00	3,30	53,4	2,8	0,0	16,7	11,3	6,3	0,0	0,8	0,0	8,1	0,0	0,6
475,00	waka lityczna śr	0,30	1,12	3,70	58,9	2,7	1,6	8,6	4,4	3,3	1,7	3,8	0,0	15,0	0,0	0,0
478,20	arenit lityczny gr	0,55	1,12	2,00	53,7	2,7	0,8	12,9	9,1	3,0	0,0	2,1	0,0	14,6	0,0	1,1
482,10	arenit lityczny gr	0,55	1,37	2,50	56,5	3,6	0,0	11,6	7,6	3,3	0,7	1,9	0,0	14,8	0,0	0,0
485,60	arenit lityczny gr	0,55	1,41	2,60	60,0	2,4	0,0	11,4	6,7	2,4	0,0	2,2	0,0	14,9	0,0	0,0
488,70	arenit lityczny gr	0,50	1,00	2,00	60,2	2,4	0,0	11,5	6,2	2,5	0,5	1,8	0,0	14,9	0,0	0,0
503,25	waka lityczna gr	0,55	1,10	1,80	54,9	4,0	0,0	11,5	6,5	3,2	0,0	2,1	0,0	17,8	0,0	0,0
508,30	waka lityczna dr	0,20	0,70	3,50	59,0	4,1	0,0	8,8	6,6	2,7	0,6	1,9	0,0	16,3	0,0	0,0
516,30	arenit sublityczny gr	0,55	1,85	3,40	58,8	3,7	0,0	9,6	6,9	3,3	2,4	2,5	0,0	12,8	0,0	0,0
519,80	arenit sublityczny gr	0,50	1,12	2,24	62,0	3,6	0,0	8,7	6,8	3,8	1,1	1,8	0,0	12,2	0,0	0,0
527,80	arenit sublityczny gr	0,70	2,37	4,74	62,5	2,8	0,0	11,0	6,9	3,4	0,0	1,9	0,0	11,5	0,0	0,0
532,20	arenit sublityczny śr	0,50	1,37	2,74	60,5	3,8	0,0	9,7	7,2	4,9	0,0	1,8	0,0	12,1	0,0	0,0

Tabela 20 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
537,80	waka lityczna śr	0,25	0,55	2,20	56,6	5,0	0,0	8,3	5,7	2,6	0,5	2,4	0,0	18,9	0,0	0,0
545,50	waka lityczna śr	0,50	1,41	2,82	56,9	4,9	0,0	8,5	5,6	2,6	0,5	2,2	0,0	18,8	0,0	0,0
553,40	arenit sublityczny śr	0,50	2,37	4,74	60,4	3,4	0,0	9,4	6,2	2,4	1,3	1,9	0,0	14,9	0,0	0,0
556,30	waka lityczna śr	0,45	1,37	3,00	59,1	4,4	0,0	8,8	7,3	1,8	0,0	1,8	0,0	16,8	0,0	0,0
583,80	arenit sublityczny bdr	0,10	0,30	3,00	65,7	6,4	2,8	4,0	3,2	1,6	1,2	2,8	0,9	8,5	2,0	0,9
586,30	arenit sublityczny bdr	0,18	0,25	1,40	55,3	3,0	0,9	3,8	2,8	0,6	1,6	2,2	2,2	2,0	12,1	13,5
598,50	waka subarkozowa śr	0,25	0,75	3,00	65,0	4,8	0,9	3,2	1,8	0,7	2,3	3,4	1,0	15,6	1,3	0,0
608,20	arenit sublityczny gr	0,55	1,37	2,50	68,4	7,2	1,8	6,4	3,5	2,8	0,0	1,6	0,0	6,3	0,5	1,5
615,10	arenit sublityczny dr	0,12	0,30	2,50	56,0	8,3	2,8	2,9	3,1	1,2	0,9	4,5	1,0	13,5	0,0	5,8
630,70	waka subarkozowa	0,30	0,35	1,20	55,1	9,3	3,2	3,1	2,3	0,7	3,5	3,5	1,6	15,0	1,5	1,2
640,10	arenit sublityczny gr	0,55	1,58	3,10	62,3	6,3	3,6	5,4	3,7	2,8	0,7	1,7	0,7	11,0	1,8	0,0
647,60	arenit sublityczny śr	0,30	0,75	2,50	61,2	7,1	3,3	4,3	4,1	3,4	1,5	1,0	0,0	12,1	1,1	0,9
654,30	arenit sublityczny gr	0,87	2,00	2,30	68,6	4,5	1,9	9,7	3,0	3,7	0,0	0,9	0,0	6,5	1,2	0,0
658,85	arenit sublityczny śr	0,20	0,86	4,25	60,9	5,4	2,7	5,6	2,2	2,6	2,4	2,8	1,7	10,5	2,0	1,2
661,00	arenit sublityczny śr	0,45	1,00	2,20	63,3	5,0	0,0	6,0	2,6	0,9	0,0	2,5	0,0	1,6	0,0	18,1
667,10	waka subarkozowa dr	0,15	0,45	3,00	54,8	6,2	3,6	4,2	1,0	0,0	7,8	3,4	1,3	15,6	0,0	2,1
714,70	arenit subarkozowy dr	0,20	0,67	3,35	54,7	7,8	4,5	3,4	2,7	2,7	5,9	2,8	1,7	12,0	0,0	1,8
728,40	arenit sublityczny śr	0,30	0,87	2,90	64,5	6,1	2,8	5,4	2,0	3,5	1,6	1,1	0,0	10,2	2,8	0,0
736,20	arenit sublityczny śr	0,25	0,67	2,68	63,3	6,4	4,0	6,7	3,1	1,4	1,7	1,8	0,0	9,1	1,5	1,0
751,50	arenit sublityczny śr	0,25	0,87	3,48	58,1	5,3	3,4	5,9	3,7	2,0	1,5	1,2	0,0	1,6	17,3	0,0
756,20	arenit subarkozowy śr	0,25	0,87	3,48	61,9	7,2	3,2	4,0	3,1	1,9	4,5	1,8	1,0	9,5	1,9	0,0
779,70	arenit subarkozowy dr	0,12	0,45	3,75	69,4	5,1	3,7	2,7	2,2	0,7	1,6	1,8	0,0	7,2	2,0	3,6
807,20	arenit subarkozowy dr	0,12	0,25	2,10	70,5	5,2	3,8	2,7	2,1	0,8	0,9	1,3	0,0	7,5	1,6	3,6
818,30	arenit sublityczny śr	0,25	0,75	3,00	55,1	6,0	3,5	4,3	1,6	1,6	13,1	2,2	0,0	12,6	0,0	0,0
827,30	arenit subarkozowy śr	0,30	1,68	5,60	63,3	5,6	3,4	7,7	2,9	3,6	1,3	1,6	0,0	8,5	2,1	0,0
833,70	arenit sublityczny śr	0,25	0,67	2,68	61,1	5,5	2,8	3,6	3,9	2,2	1,3	4,2	0,0	12,1	2,1	1,2
840,70	arenit sublityczny śr	0,45	1,68	3,70	61,9	5,4	3,3	5,6	3,8	3,5	1,3	1,6	0,0	10,5	3,1	0,0
859,80	arenit sublityczny dr	0,15	0,45	3,00	51,4	3,0	3,0	2,4	1,0	3,4	18,0	2,6	0,0	11,2	1,9	2,1
862,90	arenit subarkozowy bdr	0,10	0,40	4,00	60,7	6,2	3,2	2,5	2,2	3,2	5,2	3,4	1,9	8,2	2,5	0,8
893,50	arenit subarkozowy bdr	0,08	0,25	3,10	50,6	3,8	2,2	1,3	1,8	1,5	5,3	6,0	0,0	2,5	0,0	25,0
922,70	arenit subarkozowy dr	0,12	0,35	2,90	62,6	7,3	3,3	3,3	2,7	0,0	2,8	2,6	1,9	5,5	8,0	0,0
954,00	arenit subarkozowy śr	0,25	0,55	2,20	60,2	6,2	5,2	4,2	3,6	1,3	1,8	2,4	1,0	11,1	3,0	0,0
958,50	arenit subarkozowy śr	0,25	0,75	3,00	60,5	9,2	2,6	5,6	3,2	2,8	4,1	2,3	0,0	7,9	1,8	0,0
991,80	arenit sublityczny śr	0,45	0,87	1,90	54,9	7,0	4,1	8,4	2,4	3,5	2,8	2,2	0,0	13,8	0,9	0,0
1000,70	arenit sublityczny bdr	0,08	0,25	3,10	60,7	7,0	0,0	4,1	2,4	0,0	5,4	3,8	1,8	12,0	0,0	2,8
1011,95	arenit sublityczny dr	0,18	0,40	2,20	57,2	6,4	2,6	4,2	4,0	2,6	1,5	2,1	1,5	2,1	15,8	0,0
1040,80	arenit sublityczny śr	0,30	0,90	3,00	64,9	5,4	3,5	7,2	4,8	3,6	0,9	1,8	0,0	7,3	0,6	0,0

1048,30	arenit sublityczny śr	0,45	1,20	2,60	65,4	6,5	3,1	6,5	1,6	3,8	0,9	1,8	0,0	8,2	2,2	0,0
1049,70	arenit sublityczny gr	0,75	2,50	3,30	63,9	5,7	2,1	9,6	4,8	2,8	1,7	1,1	0,0	8,3	0,0	0,0
1054,30	arenit sublityczny śr	0,25	0,75	3,00	53,5	7,1	6,3	7,1	4,4	3,2	1,3	2,6	1,9	8,8	3,8	0,0
1073,90	arenit subarkozowy śr	0,25	0,55	2,20	54,2	8,2	7,6	7,3	3,6	2,8	1,9	2,5	1,3	7,1	3,5	0,0
1090,40	arenit subarkozowy dr	0,12	0,30	2,50	58,1	7,4	4,1	4,6	1,9	1,4	5,3	3,8	2,6	8,2	1,8	0,8
1101,30	arenit subarkozowy dr	0,18	0,30	1,60	51,0	8,3	6,0	3,8	1,7	2,4	4,9	2,9	2,1	6,5	7,8	2,6
1111,80	arenit sublityczny dr	0,20	0,50	2,50	44,6	7,5	6,5	7,3	4,4	4,0	4,8	2,4	1,8	12,8	2,6	1,3
1204,30	arenit subarkozowy dr	0,12	0,35	2,90	61,9	5,6	1,7	3,7	1,5	1,7	1,7	3,2	1,0	0,0	12,2	5,8
1213,50	arenit sublityczny bdr	0,10	0,30	3,00	59,3	7,3	0,0	3,7	1,5	1,8	3,3	3,9	0,9	0,0	12,5	5,8
1219,10	arenit subarkozowy bdr	0,10	0,25	2,50	54,6	7,6	3,8	4,9	3,1	1,8	3,4	3,1	0,0	6,0	3,5	8,2
1268,70	arenit sublityczny gr	0,50	1,00	2,00	78,4	6,2	0,0	7,4	1,4	0,8	0,0	0,0	0,0	5,8	0,0	0,0
1272,00	arenit subarkozowy dr	0,20	0,75	3,75	59,2	7,9	5,9	6,0	2,5	2,5	2,3	1,4	0,0	6,1	6,2	0,0
1274,30	arenit subarkozowy bdr	0,10	0,30	3,00	62,2	5,8	2,8	4,4	2,2	0,7	5,8	2,3	1,8	9,1	1,9	1,0
1297,50	arenit subarkozowy bdr	0,08	0,20	2,50	62,5	6,5	2,1	3,5	2,1	0,9	3,0	1,9	1,9	7,5	3,0	5,1
1326,70	arenit subarkozowy dr	0,18	0,45	2,50	58,6	7,8	3,3	5,4	1,3	2,5	3,7	2,7	1,7	11,5	1,5	0,0
1336,25	arenit sublityczny śr	0,30	0,75	2,50	59,5	6,1	3,0	5,1	2,2	3,4	2,6	1,3	1,8	11,5	3,5	0,0
1343,55	arenit sublityczny śr	0,27	0,75	2,70	57,8	5,4	3,6	5,1	2,2	2,8	6,2	2,8	0,0	14,1	0,0	0,0
1350,20	arenit sublityczny dr	0,15	0,75	5,00	61,3	6,4	2,8	3,7	2,7	2,9	4,7	3,2	0,9	11,4	0,0	0,0
1353,85	arenit sublityczny śr	0,25	0,45	1,80	56,8	5,3	3,8	5,3	2,6	3,0	3,9	2,6	1,8	14,2	0,7	0,0
1358,80	arenit sublityczny dr	0,15	0,45	3,00	57,8	6,1	3,4	3,9	2,6	2,4	4,1	1,7	2,2	12,3	3,5	0,0
1364,45	arenit subarkozowy bdr	0,10	0,25	2,50	58,3	4,9	2,5	2,4	2,0	2,5	2,0	3,0	1,2	2,2	9,5	9,5
1369,80	arenit subarkozowy bdr	0,10	0,30	3,00	60,5	5,1	2,5	2,6	2,2	2,5	1,9	3,0	1,2	2,0	6,5	10,0
1371,30	arenit sublityczny dr	0,18	0,55	3,00	61,1	5,3	2,2	5,6	1,3	2,8	3,6	1,6	1,7	12,7	2,1	0,0
1382,45	arenit sublityczny śr	0,25	0,55	2,20	61,8	5,6	2,2	5,6	1,4	2,8	3,7	1,6	1,7	10,4	3,2	0,0
1434,20	arenit subarkozowy dr	0,15	0,30	2,00	56,2	6,8	2,1	5,1	3,0	1,3	4,3	2,5	1,3	12,7	1,6	3,1
1487,50	arenit sublityczny śr	0,30	0,75	2,50	61,4	5,1	1,9	7,1	5,7	3,6	1,3	0,9	0,0	10,5	1,6	0,9
1509,05	arenit lityczny gr	0,70	1,90	2,70	47,0	3,8	1,5	28,0	7,9	2,6	0,8	1,4	0,0	6,5	0,5	0,0
1523,00	arenit lityczny śr	0,30	0,90	3,00	60,3	4,0	1,5	25,3	3,1	1,0	0,0	0,8	0,0	4,0	0,0	0,0
1526,00	arenit lityczny śr	0,08	0,20	2,50	56,7	4,7	0,0	26,7	4,6	1,8	0,5	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
1551,20	arenit sublityczny śr	0,30	1,00	3,30	57,9	6,2	3,6	5,8	2,6	3,0	2,5	2,2	0,9	14,6	0,7	0,0
1555,80	arenit sublityczny gr	0,50	0,90	1,80	59,0	6,6	2,1	14,5	3,8	3,9	0,8	0,8	0,0	6,5	2,0	0,0
1560,10	arenit sublityczny śr	0,30	0,70	2,30	50,2	4,1	4,1	6,0	3,9	4,1	2,5	2,8	1,7	2,1	18,5	0,0
1569,50	arenit sublityczny bdr	0,10	0,20	2,00	59,4	6,2	3,0	3,6	3,3	2,2	3,4	3,0	1,3	13,3	1,3	0,0
1586,70	arenit sublityczny dr	0,20	0,70	3,50	58,8	5,7	2,0	3,8	1,6	2,5	1,2	2,4	0,0	0,0	16,8	5,2
1588,50	arenit sublityczny śr	0,30	0,67	2,20	60,9	5,4	4,3	4,4	2,6	3,0	1,7	1,8	0,0	12,6	1,2	2,1
1600,25	arenit sublityczny śr	0,30	0,55	1,80	59,3	6,3	4,0	5,4	3,0	3,6	2,6	2,2	1,3	8,2	4,1	0,0
1602,40	arenit lityczny śr	0,30	0,55	1,80	57,8	6,7	4,3	6,3	4,2	3,1	2,8	2,2	1,3	8,5	2,8	0,0
1607,75	arenit subarkozowy dr	0,10	0,30	3,00	55,4	8,3	3,7	3,2	2,7	1,5	3,8	2,6	1,0	12,3	2,0	3,5
1613,55	arenit subarkozowy śr	0,30	0,90	3,00	57,3	8,0	3,8	5,2	2,6	4,3	2,1	2,1	2,2	11,0	0,0	1,4

Tabela 20 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1618,50	arenit subarkozowy dr	0,15	0,45	3,00	53,5	5,4	6,5	5,1	3,0	1,5	3,5	2,7	1,7	12,5	3,5	1,1
1619,80	arenit subarkozowy dr	0,15	0,40	2,60	54,0	5,8	4,2	3,8	2,8	1,7	2,5	3,3	1,7	0,0	20,2	0,0
1621,70	arenit subarkozowy dr	0,18	0,25	2,50	55,4	6,8	6,1	4,0	2,1	2,4	2,6	2,7	1,8	13,5	1,1	1,5
1640,05	arenit subarkozowy dr	0,15	0,50	3,30	53,9	6,8	5,3	3,8	1,5	2,7	4,6	4,3	1,3	13,6	1,1	1,1
1641,10	arenit subilityczny dr	0,20	0,30	1,50	53,9	5,8	3,7	4,7	2,8	2,9	1,7	3,3	1,7	0,0	19,5	0,0
1652,75	arenit subarkozowy bdr	0,10	0,20	2,00	56,5	6,3	3,1	4,0	1,9	1,1	8,3	4,5	1,7	10,0	0,0	2,6
1661,35	arenit subarkozowy dr	0,12	0,20	1,60	57,8	6,6	2,8	4,2	2,8	1,7	1,2	2,5	0,8	0,0	19,6	0,0
1677,90	arenit subarkozowy śr	0,35	0,85	2,40	71,6	5,0	1,4	9,2	3,2	0,0	0,8	0,8	0,0	1,5	6,5	0,0
1681,30	arenit subilityczny dr	0,12	0,35	2,90	54,9	7,9	1,2	4,0	2,9	1,5	5,4	3,3	2,0	12,4	4,5	0,0
1689,60	arenit subilityczny śr	0,30	0,55	1,80	59,9	5,8	3,8	6,2	1,9	1,3	1,2	1,7	1,2	8,5	8,5	0,0
1713,40	arenit subilityczny dr	0,18	0,30	1,60	50,0	6,0	2,4	6,8	5,2	1,6	3,6	2,4	2,0	6,5	13,5	0,0
1726,60	arenit subilityczny dr	0,18	0,35	1,90	50,1	6,7	4,5	5,9	4,7	2,9	4,1	2,0	0,8	10,5	5,0	2,8
1734,90	arenit subarkozowy dr	0,15	0,30	2,00	40,6	6,7	4,8	4,9	3,9	1,6	13,1	3,7	2,4	6,5	8,0	3,8
1751,40	arenit subilityczny śr	0,25	0,85	3,40	47,2	7,3	5,5	6,4	4,7	1,6	3,4	2,4	2,4	12,8	3,5	2,8
1761,90	arenit subarkozowy dr	0,15	0,30	2,00	53,8	6,0	4,6	4,4	1,5	2,1	1,7	1,2	1,2	4,2	16,8	2,5
1763,50	arenit subarkozowy dr	0,20	0,45	2,25	51,1	5,6	7,1	5,6	3,3	3,6	0,0	2,0	1,2	2,0	18,5	0,0
1763,90	arenit subilityczny śr	0,30	0,80	2,60	50,6	9,1	6,2	7,6	5,4	5,9	0,0	1,7	0,0	5,0	7,2	1,3
1768,50	arenit subilityczny śr	0,30	0,67	2,20	53,9	6,0	6,1	7,0	5,1	3,3	0,0	3,8	0,0	7,0	5,8	2,0
1772,90	arenit subilityczny śr	0,35	0,67	1,90	56,8	9,0	6,9	6,3	3,5	3,4	0,0	2,2	0,0	8,0	2,2	1,7
1776,90	arenit subilityczny śr	0,35	0,90	2,50	60,8	9,1	4,3	7,8	3,1	2,7	0,0	1,3	0,0	8,2	1,2	1,5
1785,90	arenit subarkozowy śr	0,30	0,80	2,60	56,4	8,9	8,3	7,1	3,0	1,7	0,0	1,6	0,0	2,2	10,8	0,0
1790,50	arenit subarkozowy śr	0,40	0,95	2,30	54,0	12,0	6,7	6,8	3,7	3,0	0,0	1,8	0,0	6,8	5,2	0,0
1800,80	arenit subarkozowy gr	0,50	0,65	1,30	55,9	10,8	6,2	7,0	3,7	3,1	0,0	1,6	0,0	7,0	3,8	0,9
1811,60	arenit subarkozowy śr	0,35	0,80	2,20	56,2	10,5	6,4	7,8	3,4	2,8	0,0	1,6	0,0	7,8	2,5	1,0
1819,90	arenit subilityczny śr	0,30	0,45	1,50	58,7	6,1	5,2	5,9	3,0	2,4	0,7	1,9	0,0	12,3	2,3	1,5
1824,80	arenit subilityczny dr	0,20	0,40	2,00	58,5	6,1	5,3	5,9	2,9	2,4	0,6	1,7	0,0	14,0	1,6	1,0
1827,60	arenit subilityczny dr	0,18	0,55	3,00	57,7	5,6	3,5	5,5	3,9	2,1	0,0	1,5	1,4	0,0	18,8	0,0
1840,80	arenit subarkozowy dr	0,18	0,45	2,50	61,3	6,0	7,6	4,4	2,3	1,6	0,0	1,1	0,8	8,3	3,5	3,1
1842,10	arenit subarkozowy śr	0,30	0,60	2,00	58,2	5,3	6,9	4,6	3,1	1,5	0,0	1,2	0,0	0,0	19,2	0,0
1849,80	arenit subarkozowy śr	0,40	0,70	1,75	57,2	6,8	5,3	5,3	3,0	2,8	1,8	1,8	1,0	14,2	0,8	0,0
1859,60	arenit subarkozowy dr	0,18	0,25	1,30	53,9	7,8	5,7	4,5	3,1	1,0	7,3	3,4	1,0	8,2	2,2	1,9
1864,80	arenit subarkozowy dr	0,18	0,35	1,90	51,6	6,7	6,1	4,0	2,6	1,7	5,2	3,8	1,9	13,8	1,3	1,3
1871,40	arenit subarkozowy śr	0,35	0,55	1,50	52,1	6,9	6,9	4,8	3,3	2,7	2,5	2,4	1,6	12,8	1,3	2,7
1875,80	arenit subarkozowy dr	0,20	0,45	2,25	52,4	8,5	5,5	4,8	2,6	2,4	2,9	2,5	1,5	7,1	7,2	2,6
1891,15	arenit subarkozowy dr	0,12	0,20	1,60	51,8	7,9	6,1	4,3	2,2	1,6	7,0	3,0	1,7	8,1	3,2	3,1
1897,00	arenit subarkozowy śr	0,25	0,60	2,40	52,9	7,7	6,2	5,2	3,5	2,4	3,6	2,7	1,6	7,4	3,8	2,9
1903,60	arenit subarkozowy dr	0,12	0,20	1,60	50,7	7,0	5,0	3,7	2,7	1,5	6,8	3,5	2,1	6,0	5,1	5,9

1906,90	arenit subarkozowy dr	0,12	0,18	1,50	54,5	7,7	3,8	3,4	1,5	1,9	5,4	3,5	1,7	7,2	3,3	6,1
1931,20	arenit subarkozowy dr	0,20	0,35	1,75	57,2	7,1	5,6	4,4	2,7	1,9	3,3	2,7	1,8	11,2	0,0	2,1
1936,20	arenit subarkozowy dr	0,20	0,40	2,00	54,2	6,8	7,6	4,4	2,8	1,9	3,3	2,6	1,9	9,5	3,2	1,8
1972,05	arenit subilityczny śr	0,40	0,70	1,75	57,5	8,3	6,0	6,0	4,1	2,7	1,4	1,2	0,0	6,6	6,2	0,0
2001,00	arenit subarkozowy dr	0,12	0,20	1,60	49,9	9,2	3,6	4,0	2,2	1,4	1,4	2,5	1,4	5,1	15,1	4,2
2005,40	arenit subarkozowy bdr	0,10	0,20	2,00	53,6	7,1	6,0	3,9	3,3	2,5	5,7	3,5	1,9	9,5	1,8	1,2
2026,05	arenit subarkozowy dr	0,20	0,35	1,75	51,7	6,8	8,3	5,1	3,2	2,7	3,5	2,9	0,0	7,8	5,2	2,8
2031,80	arenit subarkozowy dr	0,20	0,40	2,00	50,3	6,8	10,3	3,6	3,4	1,9	4,4	3,5	0,0	9,9	3,1	2,8
2050,90	arenit subarkozowy dr	0,18	0,30	1,60	54,3	6,0	6,5	4,4	3,3	1,6	5,8	3,6	0,0	11,0	0,5	3,0
2075,70	arenit subilityczny śr	0,40	0,70	1,75	52,0	8,6	4,4	6,8	5,5	3,2	2,0	1,4	0,0	10,8	3,5	1,8
2097,60	arenit subarkozowy śr	0,25	0,55	2,20	51,3	7,9	5,9	4,8	3,4	2,6	3,3	1,5	0,0	13,4	5,9	0,0
2097,00	arenit subilityczny śr	0,40	1,85	4,60	50,5	7,1	5,6	10,5	5,1	5,1	3,2	2,4	0,0	9,3	1,2	0,0
2098,50	arenit subilityczny dr	0,12	0,30	2,50	58,1	7,2	2,7	5,2	3,4	2,0	5,1	2,7	2,2	9,8	0,0	1,6
2105,60	arenit lityczny gr	0,75	1,85	2,40	54,1	6,9	1,2	20,1	7,6	4,6	0,0	0,8	0,0	3,7	1,0	0,0
2112,00	arenit subilityczny śr	0,40	0,80	2,00	54,2	5,9	4,0	7,6	4,5	4,1	0,9	2,1	1,7	14,2	0,8	0,0
2147,40	arenit subarkozowy dr	0,18	0,30	1,60	53,5	7,0	6,4	4,0	4,0	1,8	1,5	2,3	1,6	0,0	17,9	0,0
2174,30	arenit subilityczny dr	0,20	0,70	3,50	49,9	6,7	7,2	6,7	4,3	3,2	0,8	2,7	1,6	13,2	2,8	0,9
2213,90	arenit subarkozowy dr	0,20	0,45	2,25	62,5	7,0	4,1	4,3	3,6	1,6	0,7	1,6	0,0	9,0	4,8	0,8
2243,80	arenit subarkozowy dr	0,20	0,40	2,00	52,2	7,7	5,7	5,0	3,2	1,6	2,7	2,4	2,6	13,8	2,3	0,8
2252,10	arenit subarkozowy śr	0,25	0,55	2,20	53,0	8,8	7,0	6,2	3,7	2,4	1,6	2,1	1,1	9,2	4,9	0,0
2256,10	arenit subarkozowy dr	0,15	0,30	2,00	54,7	6,7	4,7	3,9	1,8	2,3	2,7	2,7	1,8	8,2	7,6	2,9
2257,80	arenit subilityczny dr	0,20	0,45	2,25	53,6	6,3	5,4	6,2	4,4	3,4	3,1	2,5	2,0	11,2	1,9	0,0
2264,80	arenit subilityczny gr	0,55	1,40	2,50	50,0	5,9	3,8	10,6	5,8	4,0	1,3	1,3	0,9	12,9	3,5	0,0
2276,40	arenit subilityczny gr	0,55	1,10	2,00	51,2	6,1	3,9	10,9	5,8	4,1	1,3	1,3	1,0	12,9	1,5	0,0
2282,20	arenit lityczny gr	0,60	2,50	4,10	58,9	6,9	0,8	19,2	3,8	4,9	0,0	0,8	0,0	4,1	0,6	0,0
2299,50	arenit subilityczny śr	0,25	1,40	3,30	48,0	3,2	11,6	9,1	5,4	5,3	2,8	2,6	2,0	8,2	1,8	0,0
2311,30	arenit subilityczny gr	0,55	1,10	1,80	56,2	3,6	11,9	9,7	5,8	5,6	1,2	0,9	0,0	4,3	0,8	0,0
2316,40	arenit subilityczny śr	0,35	0,70	2,00	47,2	3,7	11,5	9,1	5,5	5,1	2,8	2,3	1,8	7,2	3,8	0,0
2349,90	arenit subilityczny gr	0,55	1,00	1,80	57,3	3,2	10,2	8,4	5,3	4,9	0,6	0,8	0,7	6,9	1,7	0,0
2357,20	arenit subarkozowy dr	0,20	0,45	2,25	51,0	3,7	7,9	4,6	2,6	2,0	9,3	4,0	1,3	9,0	4,6	0,0
2365,10	arenit subilityczny gr	0,55	0,90	1,60	55,9	3,4	8,7	6,1	4,4	3,6	1,3	1,9	1,6	10,2	2,9	0,0
2369,90	arenit subilityczny śr	0,35	0,90	2,80	58,2	3,9	10,0	6,6	3,4	4,8	1,7	1,6	1,1	7,8	0,9	0,0
2373,00	arenit subilityczny gr	0,80	2,00	2,50	60,5	4,0	7,4	7,4	1,2	13,1	0,6	0,6	0,0	5,2	0,0	0,0
2423,20	arenit subilityczny gr	0,55	0,80	1,45	62,0	6,5	7,4	7,7	3,1	7,6	0,0	0,3	0,0	4,6	0,8	0,0
2428,10	arenit subilityczny śr	0,25	0,45	1,80	57,3	3,8	5,0	4,6	3,5	2,6	0,6	1,3	0,8	0,0	20,5	0,0

bdr – bardzo drobnoziarnisty; dr – drobnoziarnisty; gr – gruboziarnisty

bdr – very fine-grained; dr – fine-grained; gr – coarse-grained

Tabela 21

Wyniki analizy rentgenowskiej
Results of X-ray analysis

Głęb. Depth [m]	Nazwa skały Rock name	Skład mineralny Mineral composition
432,80	waka lityczna średnioziarnista	kwarc, łyszczyki (w tym muskowitz), domieszka skaleni
485,60	arenit lityczny gruboziarnisty	kwarc, łyszczyki (w tym muskowitz), min. mieszanopakietowe, syderyt
859,80	arenit sublityczny drobnoziarnisty tufitowy	kwarc, łyszczyki (w tym muskowitz), chloryty, ?kaolinit, skalenie, kalcyt, dolomit
1018,30	tufit	kaolinit, dolomit, skalenie (plagioklaz), min. mieszanopakietowe, łyszczyki, syderyt
1162,45	skała węglanowa	dolomit, kwarc, chloryty, łyszczyki, ?skalenie
1182,20	mułowiec	łyszczyki (w tym muskowitz), chloryty, ?kaolinit skalenie
1203,20	skała węglanowa	dolomit, kwarc, łyszczyki, syderyt
1338,50	mułowiec	kwarc, dolomit, łyszczyki (w tym muskowitz), chloryty, domieszka skaleni, ?kaolinit
1494,20	skała węglanowa	kwarc, dolomit, syderyt, łyszczyki, chloryty
1529,50	arenit sublityczny bardzo drobnoziarnisty	kwarc, łyszczyki (w tym muskowitz), chloryty, skalenie
1661,35	arenit subarkozowy drobnoziarnisty	dolomit, kwarc, łyszczyki (w tym muskowitz), skalenie
1759,70	tufit	łyszczyki, kwarc, skalenie (plagioklaz), syderyt, domieszka min. mieszanopakietowych i chlorytów
1761,30	tufit	kwarc, łyszczyki, skalenie (plagioklaz), syderyt, domieszka min. mieszanopakietowych
1776,90	arenit sublityczny średnioziarnisty	kwarc, skalenie, łyszczyki (w tym muskowitz)
1832,90	łupek osełkowy	kwarc, łyszczyki (w tym muskowitz), skalenie, chloryty
1834,70	łupek osełkowy	kwarc, łyszczyki (w tym muskowitz), skalenie, chloryty
1841,30	tufit	łyszczyki (w tym muskowitz), kwarc, chloryty, ?domieszka skaleni
2299,50	arenit sublityczny średnioziarnisty	kwarc, skalenie, łyszczyki (w tym muskowitz), chloryty, domieszka dolomitu
2428,10	arenit sublityczny średnioziarnisty	kwarc, skalenie, dolomit, kalcyt, łyszczyki (w tym muskowitz), chloryty

tość waha się od 0 do 2,6%. Minerale ciężkie są reprezentowane przez: cyrkon, turmalin, apatyt, granat oraz sporadycznie rutyl.

Spoivo piaskowców, na które składają się matriks i cemeny, ma charakter porowy, rzadziej kontaktowo-porowy. Matriks jest to mieszanina detrytycznych minerałów ilastych i pyłu kwarcowego (fig. 13A, B). Wśród minerałów ilastych zidentyfikowano głównie illit i chloryty oraz w mniejszej ilości kaolinit i minerał mieszanopakietowy (tab. 21 i 22). Cementy są reprezentowane przez kwarc autigeniczny w formie obwódek regeneracyjnych (fig. 13G) oraz węglany, tworzące spoivo porowe lub podstawowe. Głównym minerałem węglanowym jest dolomit (fig. 13F), który przeważa nad syderytem. Zidentyfikowano dwie generacje syderytu: bardzo drobnokrystaliczny (mikrytowy, fig. 13F) i romboedryczny (sparytowy, fig. 13H), podobnie jak w piaskowcach karbońskich Lubelszczyzny (Kozłowska, 2004). Kalcyt występuje lokalnie, a jego obecność potwierdziły analizy derywatograficzne (tab. 22). W próbce z głęb. 488,7 m zidentyfikowano niewielką ilość anhydrytu.

Piaskowce charakteryzują się porowatością efektywną od 0,2 do 12,1%, przeciętnie 2,6% i przepuszczalnością przeważnie <0,1 mD, maksymalnie 0,57 mD (tab. 40). Porowatość skały maleje wraz z głębokością jej zalegania i jest najwyższa w części stropowej profilu otworu, do głęb. ok. 560 m.

Mułowce to skały o strukturze aleurytowo-pelitowej, miejscami psamitowej. Wyróżniono: mułowce, mułowce ilaste i mułowce piaszczyste (fig. 14A). Tekstura mułowców najczęściej jest kierunkowa, podkreślona ułożeniem łuseczek łyszczyków i minerałów ilastych oraz materii organicznej. Niekiedy kierunkowość jest zaakcentowana przez naprzemianległe laminy różnych frakcji. Materiał ziarnisty frakcji aleurytowej i psamitowej najczęściej wykazuje słabe obtoczenie. W składzie mineralnym materiału okrucowego przeważa kwarc, którego udział waha się od 61,3 do 90,0%. Zawartość zarówno skaleni potasowych, jak i plagioklazów, jest zróżnicowana (2–9%). W górnej części profilu, skalenie potasowe, głównie ortoklaz, występują w ilości od 4 do 9%, natomiast nie zauważono plagioklazów.

Tabela 22

Wyniki analizy termicznej
Results of thermal analysis

Głęb. Depth [m]	Nazwa skały Rock name	Skład mineralny Mineral composition
395,70	arenit sublityczny drobnoziarnisty	kwarc, illit, dolomit, kalcyt
398,20	iłowiec	illit, chloryty, domieszka syderytu
413,90	arenit sublityczny gruboziarnisty	kwarc, illit, chloryty
436,50	mułowiec/iłowiec	illit, chloryty, materia organiczna
461,70	arenit lityczny gruboziarnisty	kwarc, illit
498,60	mułowiec	illit, chloryty, domieszka syderytu
534,35	iłowiec	illit, syderyt, chloryty, piryt
545,50	waka lityczna średnioziarnista	illit, syderyt
558,10	mułowiec	illit, chloryty, domieszka syderytu, ?piryt
570,10	mułowiec	illit, kwarc, syderyt, chloryty
687,50	mułowiec	illit, chloryty, domieszka syderytu
697,60	mułowiec	illit, chloryty, domieszka syderytu
700,30	skała węglanowa	illit, kalcyt, dolomit
742,00	mułowiec	illit, chloryty, domieszka syderytu
789,40	mułowiec	chloryty, illit, domieszka syderytu, materia organiczna
814,00	mułowiec	illit, syderyt, chloryty, ?piryt
872,00	mułowiec	illit, chloryty, syderyt, piryt
874,90	tufit	illit, syderyt, kwarc, materia organiczna
885,30	mułowiec	illit, chloryty, domieszka syderytu
906,90	mułowiec	illit, chloryty, domieszka syderytu
946,00	iłowiec	illit, chloryty, syderyt
950,20	skała węglanowa	kalcyt, dolomit, illit, ?piryt
987,10	mułowiec	kwarc, chloryty, illit, piryt, syderyt
1018,30	tufit	illit, chloryty, kalcyt, dolomit, kwarc, domieszki ?montmorylonitu
1056,60	mułowiec	illit, chloryty, kwarc, syderyt, domieszki ?montmorylonitu
1079,10	mułowiec	illit, chloryty, domieszka syderytu
1106,35	mułowiec	illit, syderyt, piryt
1131,80	mułowiec	illit, syderyt, piryt
1162,30	mułowiec	illit, chloryty, syderyt, materia organiczna
1179,10	skała węglanowa	illit, kalcyt, dolomit
1203,20	skała węglanowa	illit, syderyt, piryt, chloryty
1250,90	skała węglanowa	illit, kalcyt, dolomit
1288,50	skała węglanowa	illit, chloryty, ?syderyt
1321,20	mułowiec	chloryty, illit, syderyt, kwarc
1394,95	mułowiec	illit, chloryty, domieszka syderytu
1450,90	iłowiec	illit, kwarc, domieszka syderytu
1494,20	skała węglanowa	chloryty, illit, kwarc, ?dolomit, ?syderyt
1537,10	waka sublityczna bardzo drobnoziarnista	illit, kwarc, domieszka syderytu
1581,25	mułowiec tufitowy	illit, chloryty, domieszka syderytu
1600,25	arenit sublityczny średnioziarnisty	kwarc, illit, kalcyt, dolomit
1703,40	mułowiec	chloryty, illit, domieszka syderytu, piryt, kwarc
1720,10	skała węglanowa	kwarc, illit, chloryty, ?syderyt
1759,05	mułowiec tufitowy	chloryty, illit, kalcyt, kwarc
1759,70	tufit	kwarc, illit, montmorylonit, kalcyt
1760,70	tufit	kwarc, illit, montmorylonit, chloryty, domieszka syderytu
1761,30	tufit	kwarc, illit, montmorylonit, syderyt
1832,90	łupek osekłowy	illit, montmorylonit, domieszka chlorytów
1834,90	łupek osekłowy	kwarc, illit, kalcyt, chloryty, domieszka montmorylonitu
1841,30	tufit	illit, kalcyt, domieszka montmorylonitu
1915,15	mułowiec	chloryty, illit, kwarc, piryt, ?syderyt
1992,00	mułowiec	chloryty, illit, kwarc
2013,80	mułowiec	illit, domieszka syderytu
2285,50	arenit sublityczny drobnoziarnisty	illit, kalcyt, domieszka syderytu
2440,20	mułowiec	illit, domieszka syderytu, chloryty

Tabela 23

Przeciętna zawartość materiału okruchowego i spoiwa w piaskowcach [% obj.]

Average content of clastic material and cement in sandstones [vol. %]

Litostratygrafia Lithostratigraphy		Kwarc Quartz	Skalenie potasowe Potassium feldspar	Plagioklasy Plagioclases	Okruchy skał Rock fragments			Muskowit Muscovite	Biotyt Biotite	Chloryty Chlorites	Spoiwo Cement
Seria Series	Ogniwo Member				Kwarcyty Quartzites	Lupki kwarcowe Quartz shales	Magmowe Magmatic				
GSP	warstwy siodłowe	58,3	5,0	0,5	8,9	5,8	3,1	2,3	0,4	0,1	15,6
Seria paraliczna Paralic series	warstwy porębskie	60,5	6,0	4,4	4,6	2,7	2,0	1,2	3,2	0,6	14,8
	warstwy jakłowickie	57,4	7,0	4,8	6,2	3,4	2,7	2,5	2,9	1,3	11,8
	warstwy gruszowskie	57,4	6,5	3,8	6,5	2,9	2,4	2,2	2,4	0,9	15,0
	warstwy pietrzkowickie	53,5	6,8	6,0	6,5	3,8	2,8	2,3	2,9	1,1	14,3
Warstwy malinowickie		57,5	4,2	7,7	6,2	3,0	5,6	1,6	2,2	0,8	11,2

GSP – górnośląska seria piaskowcowa

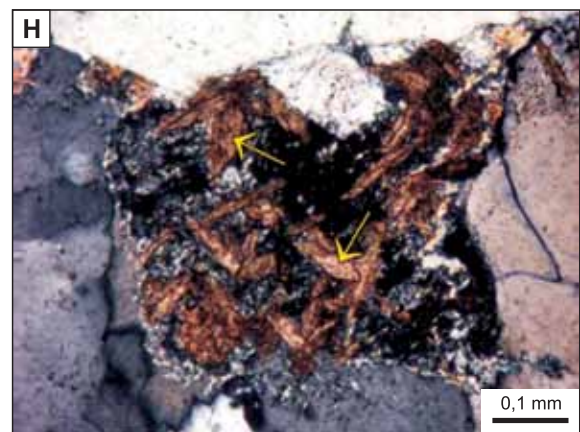
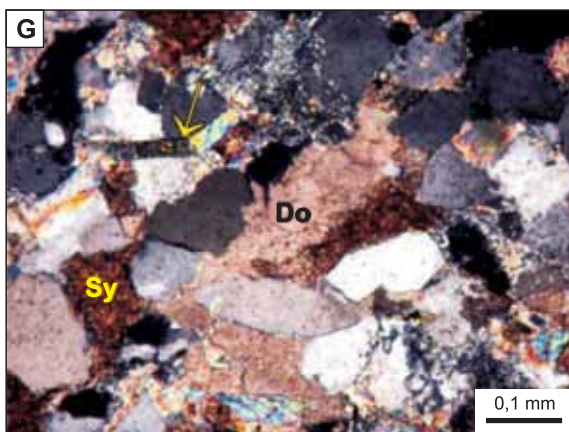
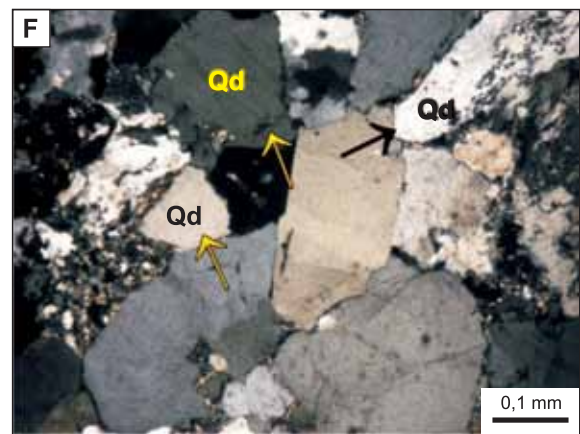
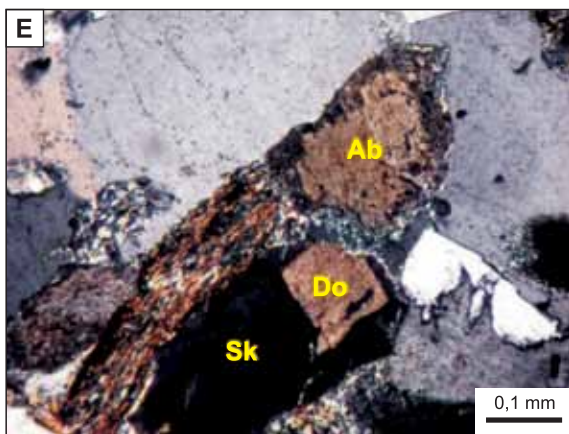
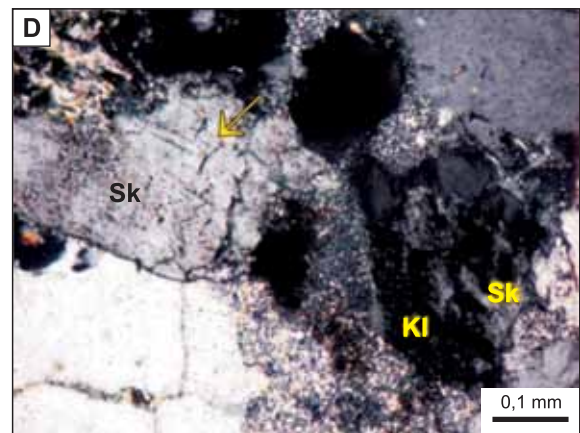
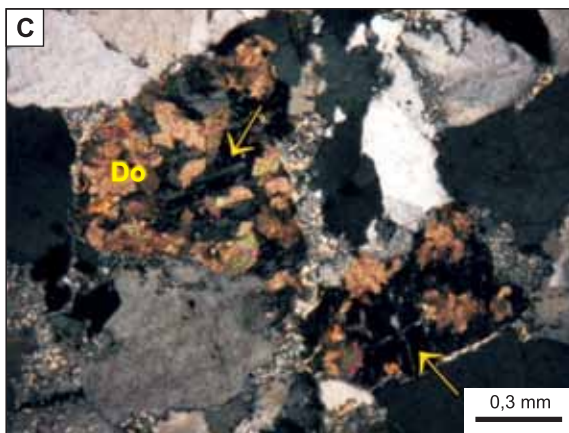
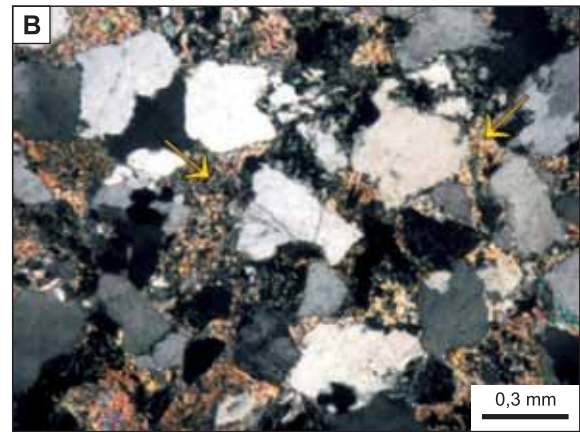
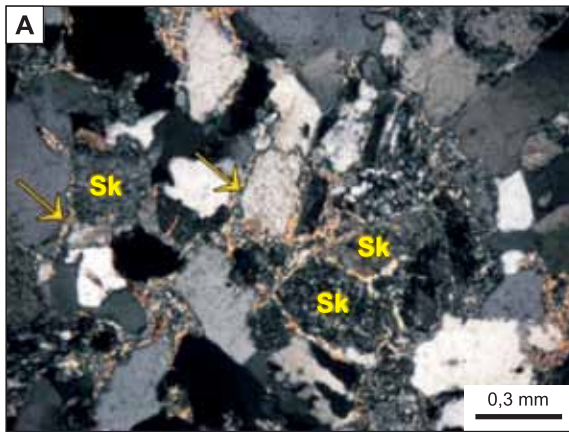
GSP – Upper Silesian Sandstone Series

Fig. 13. Zdjęcia wykonane na mikroskopie polaryzacyjnym (PL) przy skrzyżowanych nikolach

A – matriks ilasto-kwarcowy (strzałka) w arenicie sublitycznym, średnioziarnistym; serycytyzacja ziaren skaleni potasowych (Sk); głęb. 751,5 m; **B** – matriks ilasto-kwarcowy (strzałka) w wacie litycznej, gruboziarnistej; głęb. 430,1 m; **C** – ziarna skaleni rozpuszczane (strzałki) i zastępowane dolomitom (Do); głęb. 608,2 m; **D** – ziarna skaleni potasowych (Sk) przeobrażane w kaolinit (KI) i serycyt (strzałka); głęb. 426,8 m; **E** – ziarna skaleni potasowych (Sk) przeobrażane w albit (Ab) i zastępowane przez dolomit (Do) głęb. 2311,2 m; **F** – obwódki kwarcu autogenicznego (strzałki) na ziarnach kwarcu (Qd); głęb. 1336,25 m; **G** – cementy dolomitowy (Do) i syderytowy (Sy) w piaskowcu; syderyt bardzo drobnokrystaliczny; wygięte blaszki muskowitu (strzałka) jako efekt kompaktacji mechanicznej; głęb. 1761,3 m; **H** – romboedry syderytu (strzałki) w przestrzeni porowej piaskowca; głęb. 654,3 m

Photographs taken in polarizing microscope (PL) with crossed nicols

A – clay-quartz matrix (arrows) in medium-grained sublithic arenite; sericitization of potassium feldspar grains (Sk); depth 751.5 m; **B** – clay-quartz matrix (arrows) in coarse-grained lithic wacke; depth 430.1 m; **C** – dissolution (arrows) and replacement by dolomite (Do) in feldspar grains; depth 608.2 m; **D** – potassium feldspar grains (Sk) altered to kaolinite (KI) and sericite (arrow); depth 426.8 m; **E** – potassium feldspar grains (Sk) altered to albite (Ab) and replacement by dolomite (Do); depth 2311.2 m; **F** – authigenic quartz overgrowths (arrows) on quartz (Qd) grains; depth 1336.25 m; **G** – dolomite (Do) and siderite (Sy) cements in sandstone; very fine crystalline siderite; muscovite flake (arrow) bent as a result of mechanical compaction; depth 1761.3 m; **H** – rhombohedrons of siderite (arrows) in sandstone pore space; depth 654.3 m



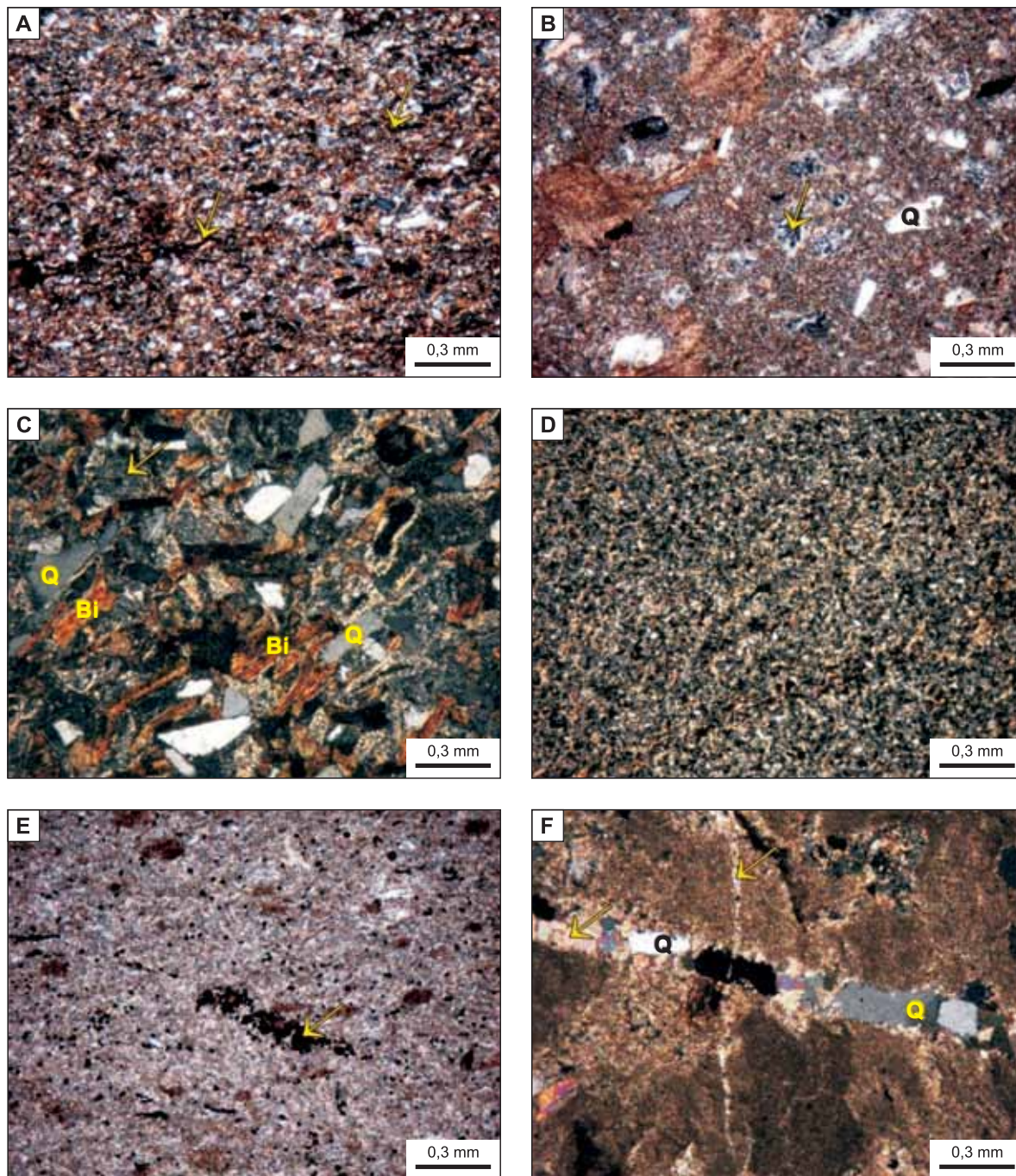


Fig. 14. Zdjęcia wykonane na mikroskopie polaryzacyjnym (PL) przy skrzyżowanych nikolach

A – mułowiec piaszczysty o teksturze lekko kierunkowej podkreślonej ułożeniem materii organicznej (strzałki); głęb. 2102,7 m; **B** – tuf popiołowo-witroklastyczny skarbonatyzowany; kwarc piroklastyczny (Q) i fragmenty zdewitryfikowanego szkliwa wulkanicznego (strzałka); głęb. 1018,3 m; **C** – tuf witroklastyczny o teksturze kierunkowej podkreślonej ułożeniem blaszek biotytu (Bi); kwarc piroklastyczny (Q) i fragmenty zdewitryfikowanego szkliwa wulkanicznego (strzałka); głęb. 1079,3 m; **D** – lupek oselkowy; głęb. 1832,9 m; **E** – wapień mikrytowy; skupienia pirytu (strzałka); głęb. 950,2 m; **F** – wapień o strukturze mikrobulastej; kalcyt (strzałki) i kwarc (Q) w żyłkach; głęb. 1843,6 m

Photographs taken in polarizing microscope (PL) with crossed nicols

A – sandy mudstone with lightly oriented structure as the result of organic matter arrangement (arrows); depth 2102.7 m; **B** – carbonatization of ash-vitroclastic tuff; pyroclastic quartz (Q) and fragments of devitrified volcanic glass (arrow); depth 1018.3 m; **C** – vitroclastic tuff with oriented structure as the result of biotite flakes (Bi) arrangement; pyroclastic quartz (Q) and fragments of devitrified volcanic glass (arrow); depth 1079.3 m; **D** – whetstone; depth 1832.9 m; **E** – micrite limestone; aggregation of pyrite (arrow); depth 950.2 m; **F** – limestone with micronodular structure; calcite (arrows) and quartz (Q) in veins; depth 1843.6 m

W dolnej części profilu zawartość skałeni potasowych maleje, a obecność plagioklazów, w niewielkiej ilości, jest notowana od głęb. 687,5 m. Ziarna skałeni ulegają procesom serycycyzacji, kaolinityzacji oraz rzadziej karbonatyzacji. Łyszczki występują w ilości 4,8–26,5% i są reprezentowane przez biotyt i muskowitz oraz miejscami chloryty. Zawartość okruchów skał waha się od 0 do 6,8%. Są to najczęściej okruchy kwarcytów, łupków kwarcowo-łyszczkowych lub rzadziej skał magmowych. Z minerałów ciężkich zidentyfikowano: cyrkon, turmalin, apatyt, granat i sporadycznie rutyl. Masę spajającą buduje substancja złożona z pyłu kwarcowego i minerałów ilastych (głównie illit i chloryty), niekiedy z domieszką węglanową, najczęściej syderytu (tab. 22).

Iłowce to osady o strukturze pelitowej i aleurytowo-pelitowej, reprezentujące iłowce i iłowce mułowcowe. Skały te charakteryzują się najczęściej teksturą kierunkową, podkreśloną ułożeniem łuseczek minerałów ilastych i łyszczków, laminarnym nagromadzeniem materii organicznej i węglanów. Udział frakcji aleurytowej wynosi 5–30%, sporadycznie do 50%. W składzie mineralnym materiału ziarnistego kwarc przeważa nad skałeniami i łyszczkami. Masę podstawową stanowi pelit kwarcowo-ilasty (illit i chloryty, tab. 22).

Skały tufogeniczne obejmują tufy i tufity (piaskowce i mułowce tufitowe). Do tufów zaliczono siedem próbek. Próbkę z głęb. 874,9 i 879,1 m z cienkich przewarstwień w iłowcu i mułowcu reprezentują tuf wiotkryształoklastyczny o teksturze bezładnej. W masie podstawowej, prawie kryptokrystalicznej, występują głównie piroklastyczne ziarna kwarcu, rzadko skałeni (sanidynu) i w mniejszej ilości blaszki łyszczków. Na głęb. 1018,3 m występuje tuf popiołowo-wiotklastyczny, skarbonatyzowany (fig. 14B). W mikrytowej masie węglanowej, częściowo zrekrystalizowanej, występują nieregularne skupienia lub laminy, soczewki czy przemazy tufu wiotklastycznego lub popiołowo-wiotklastycznego. W składzie piroklastów wyróżnia się: blaszki biotytu, okruchy skał magmowych i zdewitryfikowanego szkliwa wulkanicznego, ziarna plagioklazów i kwarcu. Z minerałów akcesorycznych wyróżniono piryty i cyrkon. Analiza termiczna wykazała obecność illitu, chlorytów, kalcytu, dolomitu, kwarcu i domieszki montmorylonitu (tab. 22). Na głęb. 1079,3 m zidentyfikowano tuf wiotklastyczny o teksturze kierunkowej, podkreślonej laminarnym ułożeniem łusek mik, głównie biotytu (fig. 14C). Skała jest zbudowana z łusek biotytu, przy niewielkiej zawartości igielkowego kwarcu piroklastycznego, sanidynu i okruchów zdewitryfikowanego szkliwa wulkanicznego.

Masą spajającą jest substancja drobnołuseczkowa, miejscami przechodząca w substancję kryptokrystaliczną. Próbka z głęb. 1284,3 m z przewarstwienia w mułowcu jest tufem krystaloklastycznym o teksturze bezładnej. W masie podstawowej zbudowanej z substancji drobnołuseczkowej, przechodzącej miejscami w substancję mikrokryształiczną, prawie kryptokrystaliczną, występują dość liczne ziarna piroklastyczne kwarcu oraz blaszki biotytu. Z innych klastów notowano ziarna skałeni (sanidynu i plagioklaz) oraz okruchy zdewitryfikowanego szkliwa wulkanicznego. Dwie próbki

na głęb. 1759,7 i 1760,7 m określono jako tuf popiołowo-wiotklastyczny o teksturze mikrokierunkowej zaznaczonej przez ułożenie sferolitów syderytu i laminarne nagromadzenie materii organicznej. Masa podstawowa jest wykształcona w postaci agregatu silnie zrekrystalizowanego, w którym występują ziarna kwarcu o wielkości do 0,05 mm, rekrystalizujące zawsze z masą spajającą. Ponadto w znacznej ilości jest obecny syderyt, wykształcony w formie sferolitów. W wyniku analizy termicznej w skale zidentyfikowano obecność kwarcu, illitu, montmorylonitu, chlorytów oraz domieszki syderytu i kalcytu. Na głęb. 1841,3 m występuje tuf wiotklastyczno-krystaloklastyczno-popiołowy o teksturze kierunkowej zaznaczonej laminarnym ułożeniem łusek łyszczków oraz jednokierunkowym wygaszaniem światła całej masy skalnej. Skałę budują głównie blaszki biotytu, w mniejszej ilości muskowitz. Ponadto występują piroklastyczny kwarc igielkowy, okruchy zdewitryfikowanego szkliwa wulkanicznego oraz ostrokanciaste ziarna sanidynu. Masą spajającą jest substancja wykształcona w postaci drobnołuseczkowej masy ilastej. Analiza termiczna wykazała obecność illitu, kalcytu i domieszki montmorylonitu. Skała jest poprzeczona żyłkami, o grubości do 0,6 mm, wypełnionymi chalcedonem i grubokrystalicznym kwarcem.

W obrębie tufitów wyróżniono jedną próbkę piaskowca i dwie mułowca. Piaskowiec tufitowy zidentyfikowano na głęb. 859,80 m. Charakteryzuje się on teksturą kierunkową, podkreśloną ułożeniem łuseczek łyszczków i laminek materii organicznej. Skałę budują głównie: kwarc (przeważnie piroklastyczny), łyszczki z przewagą biotytu nad muskowitzem oraz podrzędnie skałenie (ortoklaz, sanidyn i plagioklaz) oraz okruchy skał (kwarcyty, łupki kwarcowe, skały magmowe, w tym fragmenty szkliwa wulkanicznego). Z minerałów ciężkich obserwowano apatyt. Masą spajającą piaskowca jest substancja drobnołuseczkowa, z domieszkami węglanów lub materii organicznej. W analizie rentgenowskiej zidentyfikowano obecność kwarcu, łyszczków (w tym muskowitzu), chlorytów, skałeni, ?kaolinitu, kalcytu i dolomitu (tab. 21). Na głęb. 1581,25 i 1759,05 m występują mułowce tufitowe o strukturze aleurytowo-psamitowej i teksturze kierunkowej zaznaczonej laminarnym ułożeniem materii organicznej i blaszek łyszczków. W składzie mineralnym materiału okruchowego przeważa kwarc pochodzenia piroklastycznego, często w formie igielek i klinów oraz łyszczki. Podrzędnie występują skałenie sodowo-potasowe. Z minerałów ciężkich są powszechne cyrkon i apatyt oraz turmalin. Masą spajającą jest substancja kalcytowo-ilasta. Analiza termiczna wykazała występowanie chlorytów, illitu, kalcytu, kwarcu i domieszki syderytu (tab. 22).

Łupek szlifierski tzw. wetzstein zlokalizowano na głęb.: 1832,9 (fig. 14D), 1834,9 i 1837,4 m. Jest to skała o strukturze pelitowo-drobnoaleurytowej i teksturze kierunkowej, podkreślonej laminarnym ułożeniem frakcji pelitowej i łuseczek jasnego łyszczku. W składzie mineralnym dominuje kwarc ostrokrawędzisty, piroklastyczny, o wielkości ziaren 0,03–0,05 mm. Blaszki ciemnego łyszczku i ziarna skałeni (ortoklaz) występują podrzędnie. Masą spajającą jest substancja mikrołuseczkowa silnie zrekrystalizowana, zawierająca domieszki węglanów. Analiza termiczna wyka-

zała obecność kwarcu, illitu, kalcytu, chlorytów oraz montmorylonitu (tab. 22). Uważa się, że skały te są związane z działalnością wulkaniczną i prawdopodobnie odpowiadają skałom piroklastycznym, które uległy silnej diagenecie.

Skały węglanowe występujące w profilu badanego otworu są wyłącznie pochodzenia nieorganicznego. Są one zbudowane z minerałów węglanowych, wśród których, na podstawie analiz: rentgenowskiej i termicznej, zidentyfikowano kalcyt, dolomit i syderyt (tab. 21, 22). Skały te reprezentują głównie wapienie, rzadziej syderyty. Zawierają one domieszki materiału okruchowego, różnej wielkości, w niejednakowych ilościach. Na tej podstawie wyróżniono trzy grupy skał węglanowych.

Pierwszą grupę stanowią skały węglanowe zawierające minimalny udział materiału bardzo drobnokruchowego. Należą do nich próbki z głęb.: 950,2 (fig. 14E); 1162,45; 1179,1; 1203,2; 1250,9; 1494,2; 1496,2; 1686,3 i 1720,1 m. Skała jest zbudowana z mikrytowego węglanu, o silnie brunatnym zabarwieniu, który wykazuje wysoki stopień rekrytalizacji. Lokalnie obserwowano podwyższoną zawartość substancji ilastej. Materiał okruchowy, głównie blaszki muskowitu oraz ostrokrawędzisty kwarc stanowią 5–10%. Ponadto występują drobne okrucy lub laminki materii organicznej oraz lokalnie skupienia pirytu. Skały te często są poprzecinane cienkimi żyłkami krystalicznej krzemionki, rzadziej kalcytowymi.

Druga grupa to skały węglanowe z niewielkim udziałem

ziaren frakcji aleurytowej lub niekiedy bardzo drobnopsamitowej. Charakteryzują się one strukturą mikrytową, miejscami grubiej krystaliczną i teksturą lekko kierunkową podkreśloną laminarnym ułożeniem domieszek materiału okruchowego, czy materii organicznej. Obejmuje ona próbki z głęb.: 700,3; 1207,0; 1259,8 i 1288,5 m. Wśród materiału okruchowego występuje głównie kwarc o wielkości od 0,04 do 0,08 mm, najczęściej ostrokrawędzisty oraz jasne łyszczyki. Skalenie obserwowano w niewielkiej ilości. W zmiennych ilościach występuje materia organiczna w postaci drobnych okruców lub lamin. Lokalnie obserwowano skupienia pirytu.

Do trzeciej grupy należą skały węglanowe z wyraźnie większym udziałem wyłącznie frakcji drobno-, a niekiedy średniopsamitowej. Zaliczono do nich skały o strukturze sparytowo-mikrytowej i teksturze pseudobulastej, które charakteryzują się znacznym zapiaszczeniem. Należą do nich próbki z głęb.: 1680,5; 1686,4; 1843,6 (fig. 14F); 2032,6 i 2055,4 m. Pseudobuły zbudowane z mikrytu, prawdopodobnie kalcytowego, tkwią w masie węglanu grubokrystalicznego, prawdopodobnie dolomitu. Materiał okruchowy jest reprezentowany przez kwarc, skalenie (ortoklaz i plagioklaz), jasny łyszczyk, okrucy skał (kwarcyty, łupki kwarcowo-łyszczykowe i skały magmowe) oraz materię organiczną. Próbkę z głęb.: 1680,5 i 1843,6 m są pocięte żyłkami wypełnionymi krystaliczną krzemionką lub gruboziarnistym kwarcem oraz kalcytem.

ZMIENNOŚĆ CECH PETROGRAFICZNYCH W PROFILU OTWORU

W tabeli 23 przedstawiono przeciętną zawartość materiału okruchowego i spoiwa w piaskowcach, należących do wydzielonych stratygraficznie serii i warstw, w profilu badanego otworu.

Górnośląska seria piaskowcowa – warstwy siodłowe (głęb. 395,4–563,1 m)

Górnośląską serię piaskowcowa budują głównie piaskowce z kilkoma wkładkami mułowców i iłowców.

Piaskowce należą do arenitów litycznych i sublitycznych oraz wak litycznych, najczęściej średnio- i gruboziarnistych, rzadziej zlepnicowatych czy drobnoziarnistych. Charakteryzują się one słabym wysortowaniem i słabym stopniem obtoczenia. Zawartość kwarcu wynosi 53,4–65,7% (przeciętnie 58,3% obj. skały) (tab. 23). Udział skaleni waha się od 4,0 do 9,4% obj. skały. Reprezentują one głównie skalenie potasowe (2,4–8,3%, przeciętnie 5,0%), natomiast plagioklasy występują tylko w środkowej części serii, w niewielkiej ilości (0,0–2,9%). Ziarna skaleni najczęściej uległy procesom kaolinityzacji, karbonatyzacji i serycytyzacji. Okrucy skał występują w znacznych ilościach i stanowią drugi po kwarcu, pod względem ilości, składnik szkieletu ziarnowego. Obserwowano fragmenty kwarcytów (4,0–12,9% obj. skały), łupków kwarcy-

towych i kwarcytowo-łyszczykowych (4,0–11,3% obj. skały) oraz okrucy kwaśnych skał magmowych (1,3–7,3% obj. skały). Łyszczyki są reprezentowane przez muskowit i biotyt, z przewagą ilościową pierwszego. Przeciętna ich zawartość wynosi ok. 3% obj. skały. Zawartość spoiwa wynosi 7,2–17,8% obj. skały. Składa się na nie matriks złożony z pelitu kwarcowego i minerałów ilastych (illit, rzadziej kaolinit), miejscami ilasto-żelazisty oraz cement węglanowy (0,0–4,7% obj. skały) zbudowany z bardzo drobnokrystalicznego syderytu oraz sparytowego dolomitu. Lokalnie występuje cement kwarcowy w postaci obwódek regeneracyjnych. Porowatość piaskowców waha się od 5,6 do 12,1%, przeciętnie 8,5%, a przepuszczalność od <0,10 do 0,57 mD (tab. 42).

Mułowce i iłowce występują w niewielkiej ilości. Ich skład mineralny jest zbliżony do składu piaskowców, z wyraźnie większą koncentracją minerałów łyszczykowych i ilastych. W składzie mineralnym substancji ilastej występują: illit, kaolinit i chloryty. Lokalnie występują domieszki węglanowe oraz materia organiczna.

Na podstawie przeprowadzonych badań można przypuszczać, że w czasie sedymentacji osadów miała miejsce erozja głównie skał metamorficznych i magmowych. Udział ziaren piroklastycznych świadczy o czynnym wulkanizmie. Materiał okruchowy osadzał się przy szybkiej subsydencji i powolnej depozycji.

Seria paraliczna – warstwy porębskie (głęb. 563,1–995,2 m)

Warstwy porębskie są wykształcone głównie w postaci mułowców i iłowców w części stropowej, piaskowców przewarstwionych mułowcami i iłowcami w części środkowej oraz mułowców z iłowcami, z minimalnym udziałem piaskowców, w części spągowej.

Piaskowce reprezentują arenity sublityczne i subarkozowe, rzadko waki subarkozowe. Charakteryzują się one strukturą średnioziarnistą, miejscami gruboziarnistą, jedynie w stropie i spągu tych warstw – strukturą drobno- i bardzo drobnoziarnistą. Przeciętna zawartość kwarcu wynosi 60,5%, skaleni potasowych – 6,0%, a plagioklazów – 4,4% obj. skały (tab. 23). Okruchy skał są reprezentowane przez: kwarcyty (1,3–9,7% obj. skał), łupki kwarcowe i kwarcowo-łyszczykowe (1,0–4,1% obj. skał) oraz fragmenty skał magmowych (0,0–3,7% obj. skał). Z łyszczyków występują biotyt (0,0–18,0% obj. skał) oraz muskowit w zmiennych ilościach (0,9–6,0% obj. skał). Szkielet ziarnowy spojony jest matriksem illitowo-kwarcowym (6,5–15,6% obj. skały) oraz cementem węglanowym (dolomit i syderyt), którego zawartość miejscami osiąga 25,0% obj. skały. Porowatość piaskowców waha się od 1,8 do 7,4%, przeciętnie 4,1%, a przepuszczalność jest <0,10 mD, lokalnie wynosi 0,17 mD (tab. 42).

Mułowce mają znaczną domieszkę frakcji psamitowej. Skład mineralny materiału okruchowego i substancji spajającej są zbliżone do składu piaskowców. Iłowce reprezentują głównie iłowce mułowcowe. Masa podstawowa jest zbudowana z minerałów ilastych, głównie illitu i chlorytów, w mniejszej ilości z kaolinitu. Ponadto występuje bardzo drobnokrystaliczny syderyt. W niewielkich ilościach obserwowano materię organiczną.

Skały węglanowe stwierdzono na głęb. 700,3 m (w przewarstwieniu pyłowca) i 950,2 m, w postaci wkładek wapienia mikrytowego.

Cechą charakterystyczną warstw porębskich jest obecność cienkich przewarstwień skał tufitowych (głęb. 859,8) i tufów (głęb. 874,9 i 879,1 m) oraz podwyższony udział ziaren piroklastycznych w osadach klastycznych, co świadczy o wzmożonej erupcji wulkanu w czasie sedymentacji tych warstw.

Seria paraliczna – warstwy jakłowieckie (głęb. 995,2–1136,6 m)

Warstwy jakłowieckie są wykształcone w postaci piaskowców, przy niewielkim udziale mułowców i iłowców, z wkładką osadów tufogenicznych (głęb. 1018,3 i 1079,3 m).

Wśród piaskowców wyróżniono arenity sublityczne i subarkozowe o strukturze drobnoziarnistej, nierównoziarnistej, w części środkowej warstw – średnioziarniste, lokalnie gruboziarniste lub zlepieńcowate. Zawartość kwarcu wynosi 44,6–65,4% obj. skały, przeciętnie 57,4% (tab. 23). Skalenie potasowe przeciętnie stanowią 7,0%, a plagioklasy – 4,8% obj. skały. Okruchy skał są reprezentowane

przez: kwarcyty (4,1–9,6% obj. skały), łupki kwarcowo-łyszczykowe (1,6–4,8% obj. skały) i fragmenty skał magmowych (0,0–4,0 obj. skały). Wśród łyszczyków zidentyfikowano biotyt (0,9–5,3% obj. skały) i muskowit (1,1–3,8% obj. skały). Udział spoiwa ilastego (illit, rzadziej chloryty) z domieszką pyłu kwarcowego wynosi 6,5–12,8% obj. skały, a cementu węglanowego (dolomit i syderyt) 2,8–10,4%, lokalnie 15,8% obj. skały. Porowatość piaskowców waha się od 1,6 do 3,5%, przeciętnie 2,7%, a przepuszczalność wynosi najczęściej <0,1 mD, lokalnie – 0,38 mD (tab. 42).

Mułowce i iłowce stanowią niewielki procent w budowie kompleksu warstw jakłowieckich. Mułowce zawierają różną zawartość frakcji psamitowej oraz często domieszki ziaren piroklastycznych. Iłowce są zbudowane z minerałów ilastych: illitu, kaolinitu i chlorytów oraz z pelitu kwarcowego. Lokalnie występuje bardzo drobnokrystaliczny syderyt.

W stropowej części warstw jakłowieckich występują wkładki skał tufogenicznych, a w piaskowcach i mułowcach zaobserwowano ziarna piroklastyczne. Świadczy to o czynnym wulkanizmie w okresie sedymentacji tych warstw.

Seria paraliczna – warstwy gruszowskie (głęb. 1136,6–1841,8 m)

Warstwy gruszowskie są wykształcone w postaci piaskowców przewarstwionych mułowcami, iłowcami oraz skałami węglanowymi; w spągowej partii osadów występuje łupek osekłowy (wetzstein).

Piaskowce reprezentują arenity sublityczne i subarkozowe, rzadziej lityczne, od bardzo drobnoziarnistych do średnioziarnistych, lokalnie gruboziarnistych. Wykazują one dość dużą zmienność w uziarnieniu oraz w składzie mineralnym zarówno materiału okruchowego, jak i spoiwa. Materiał ziarnisty jest raczej słabo obtoczony i wysortowany. Powszechnie są ziarna piroklastyczne, szczególnie w górnej części warstw gruszowskich. Zawartość kwarcu wynosi 40,6–78,4% obj. skały, przeciętnie 57,4% (tab. 23). Skalenie są reprezentowane przez skalenie potasowe w ilości 4,1–12,0% (przeciętnie 6,5% obj. skały) oraz plagioklasy 0,0–8,3% (przeciętnie 3,8% obj. skały). Ziarna skaleni są najczęściej silnie przeobrażone (serycytyzacja i albityzacja) lub rozpuszczone. Wśród litoklastów wyróżniono okruchy: kwarcytów (2,4–28,0% obj. skały), łupków kwarcowych i kwarcowo-łyszczykowych (1,3–7,9% obj. skały) oraz skał magmowych (0,0–4,1% obj. skały). Łyszczyki, są reprezentowane głównie przez biotyt (przeciętnie ok. 2,4% obj. skały) oraz muskowit (przeciętnie ok. 2,2% obj. skały). Spoiwo piaskowców w ilości 0,0–14,2% obj. skały stanowi matriks ilasto-kwarcowo-łyszczykowy. Skład mineralny substancji ilastej jest illitowo-chlorytowy. Ponadto występuje cement węglanowy (dolomit, kalcyt i syderyt), miejscami typu podstawowego, którego zawartość dochodzi do 20% obj. skały. Lokalnie, na głęb.: 1619,8 i 1761,9 m stwierdzono obecność anhydrytu. Porowatość piaskowców waha się od 0,5 do 3,7%, przeciętnie

1,6%, a przepuszczalność wynosi najczęściej $<0,1$ mD, maksymalnie – 0,12 mD (tab. 42).

Mułowce charakteryzują się strukturą pelitowo-psamitowo-aleurytową i teksturą najczęściej kierunkową. Skład mineralny materiału okruszowego odpowiada składowi piaskowców. Masa spajającą ma skład chlorytowo-illitowy. Z węglanów występują bardzo drobnokrystaliczny syderyt i rzadziej sparytowy dolomit. Hłowce są to skały o strukturze pelitowej i teksturze lekko kierunkowej. W skład masy podstawowej wchodzi głównie minerały ilaste z domieszką pelitu kwarcowego. Ponadto występują cienkie laminy materii organicznej.

Skały węglanowe są pochodzenia nieorganicznego, w różnym stopniu zapiaszczone. Reprezentują one głównie wapienie, rzadziej syderyty. Powszechnie obserwujemy w nich narosty krystalizacyjne substancji węglanowej na blaszkach łuszczyków i materii organicznej, co w połączeniu z kierunkową teksturą tych skał sugeruje ich bardzo powolną sedymentację, w bardzo spokojnym zbiorniku.

Skały tufogeniczne występują w postaci dość licznych wkładek. Ich obecność oraz znaczny udział ziaren piroklastycznych i podwyższona zawartość „świeżego” biotytu w piaskowcach i mułowcach wskazuje na silną erupcję wulkaniczną podczas sedymentacji warstw gruszowskich.

W części spągowej warstw gruszowskich, na granicy z warstwami pietrkowickimi, występuje wkładka osadów odpowiadająca wetzsteinowi – łupkowi osełkowemu. Obecność tej wkładki stwierdzono również w innych otworach m.in. Olza-Uchylsko 1 i 2, Pilchowice 2 oraz Ludwik-Concordia 3308/70 i 3308/174. Jest to strukturalnie, teksturalnie i pod względem składu mineralnego ten sam typ skały. Genetycznie skały te są związane ze skałami tufitowymi, które uległy silnej diagenecie.

Seria paraliczna – warstwy pietrkowickie (głęb. 1841,8–2351,55 m)

Warstwy pietrkowickie są zbudowane z mułowców, iłowców, piaskowców i skał węglanowych.

Piaskowce należą do arenitów subarkozowych i sublitycznych, rzadko litycznych drobno- i średnioziarnistych, wyjątkowo – gruboziarnistych. Materiał okruszowy jest gorzej wysortowany i obtoczony w porównaniu z piaskowcami występującym w warstwach powyżej. Wyraźnie mniejsza jest zawartość materiału piroklastycznego. Udział kwarcu wynosi 47,2–62,5% (przeciętnie 53,5% obj. skały) (tab. 23). Skalenie są reprezentowane przez skalenie sodowo-potasowe (3,6–9,2%, przeciętnie 6,8% obj. skały) i sodowo-wapniowe (0,8–11,9%, przeciętnie 6,0% obj. skały). Okruszy skał wykazują zróżnicowanie ilościowe, wyrażające się zwiększoną ich ilością w części spągowej warstw, w porównaniu z górną partią. Wśród nich wyróżniono okruszy kwarcytów (3,4–20,1%), łupków kwarcowo-łuszczykowych (1,5–7,6%) oraz fragmenty skał magmowych (1,0–4,9%). Spoiwo piaskowców typu matriks o składzie illitowo-chlorytowym lub illitowo-krzemionkowym występuje w mniejszej ilości niż w piaskowcach z warstw po-

łożonych wyżej (0,0–14,2%). Lokalnie występuje cement kwarcowy, w postaci obwódek regeneracyjnych (głęb. 2282,2 m). Powszechnie są cementy węglanowe, sparyt dolomitowy głównie w części spągowej, natomiast wyżej obserwowano także bardzo drobnokrystaliczny syderyt. Porowatość piaskowców waha się od 0,2 do 2,4%, przeciętnie 1,4%, a przepuszczalność wynosi $<0,1$ mD (tab. 42).

Mułowce najczęściej mają strukturę aleurytowo-psamitową. Hłowce, przeważnie o strukturze pelitowej, występują w niewielkich ilościach. Skład mineralny mułowców i iłowców odpowiada składowi tego typu skał w wyższych partiach profilu. Gorszy stopień obtoczenia materiału okruszowego jest związany z obecnością ziaren piroklastycznych.

Skały węglanowe, pochodzenia nieorganicznego, występują w postaci wkładek (głęb. 1843,6, 2032,6 i 2055,4 m). Charakteryzują się one zawartością frakcji psamitowej i krystalizacją substancji węglanowej na blaszkach łuszczyków oraz silną sylikacją.

Warstwy malinowickie (głęb. 2351,55–2485,00 m)

Warstwy malinowickie są zbudowane prawie wyłącznie z mułowców i iłowców z pojedynczymi wkładkami piaskowców, głównie w części stropowej warstw.

Występują tu piaskowce należące do arenitów sublitycznych, sporadycznie subarkozowych średnio- i drobnoziarnistych, nierównoziarnistych, rzadziej gruboziarnistych. Zawartość kwarcu wynosi 51,0–62,0% (przeciętnie 57,5% obj. skały) (tab. 23). Skalenie sodowo-wapniowe występują w ilości 5,0%–10,0% (przeciętnie 7,7% obj. skały), a skalenie potasowe 3,8–6,5% (przeciętnie 4,2% obj. skały). Lito-klasty są reprezentowane głównie przez kwarcyty (4,6–7,7%) i łupki kwarcytowo-łuszczykowe (1,2–4,4%), rzadziej okruszy skał magmowych (2,0–13,1%). Wśród łuszczyków wyróżniono biotyt i muskowit, których zawartość maksymalnie osiąga, odpowiednio 9,3 i 4,0% obj. skały. Spoiwem piaskowców najczęściej jest matriks ilasto-kwarcowy, którego zawartość wynosi 0,0–10,2% obj. skały. Powszechnie występuje cement dolomitowy, którego zawartość miejscami dochodzi do 20,0% obj. skały (głęb. 2428,1 m). Lokalnie, na głęb. 2423,2 m, przeważa cement kwarcowy tworzący obwódki regeneracyjne na ziarnach kwarcu. Porowatość piaskowców waha się od 0,6 do 1,3%, przeciętnie 1,0%, a przepuszczalność wynosi $<0,1$ mD (tab. 42).

Mułowce zawierają różną zawartość frakcji psamitowej. Skład mineralny odpowiada składowi piaskowców. Masą spajającą jest substancja ilasta z domieszką pelitu kwarcowego i bardzo drobnokrystalicznego syderytu. Lokalnie cement węglanowy stanowi znaczny procent. Hłowce charakteryzują się strukturą pelitowo-aleurytową. Masa podstawowa jest zbudowana z substancji ilastej, w której przeważają chloryty i illit oraz z pelitu kwarcowego. Ponadto występuje bardzo drobnokrystaliczny syderyt. Materiał aleurytowy jest reprezentowany przez ziarna kwarcu oraz blaszki biotytu i muskowitu.

DIAGENEZA

W badanych piaskowcach wyróżniono efekty działania następujących procesów diagenetycznych: kompaktacji, cementacji, rozpuszczania, zastępowania i przeobrażania. Już na początku diagenetyki zaznaczyła się kompaktacja mechaniczna, której efekty są widoczne w postaci wygiętych blaszek łyżczyków (fig. 13G), czy bardziej plastycznych okruchów skał. Cementacja jest bardzo silnie rozwiniętym procesem diagenetycznym w piaskowcach. Do najważniejszych cementów należą: kwarc, minerały węglanowe (dolomit, syderyt i kalcyt), kaolinit autogeniczny oraz piryty. Najwcześniej wytrącał się bardzo drobnokrystaliczny (mikrytowy) syderyt (fig. 13G) i lokalnie piryty. Następnie krystalizował kaolinit oraz tworzyły się obwódki kwarcowe na ziarnach kwarcu (fig. 13F). W późniejszym etapie tworzyły się romboedryczny syderyt (fig. 13H) oraz dolomit (fig.

13G) i kalcyt. Przeobrażanie diagenetyczne obejmuje procesy: kaolinityzacji (fig. 13D), serycytyzacji (fig. 13A, D), chlorytyzacji i albityzacji skałeni (fig. 13E). Efekty tych procesów często obserwowano w badanych piaskowcach. Ponadto obserwowano przeobrażanie kaolinitu w illit, muskowitu w kaolinit oraz biotytu w chloryt. Do procesów zastępowania należą karbonatyzacja i rzadziej pirytyzacja oraz anhydrytyzacja. Powszechne jest zastępowanie skałeni, litoklastów i miejscami kwarcu głównie przez dolomit (fig. 13C, E), rzadziej kalcyt oraz syderyt. Lokalnie obserwowano zastępowanie przez piryty lub anhydryt ziaren skałeni i litoklastów. Efekty procesów rozpuszczania są widoczne, głównie na ziarnach skałeni (fig. 13C) i litoklastów oraz blaszkach łyżczyków.

PODSUMOWANIE

- Utwory karbonu są reprezentowane przez skały klastyczne: piaskowce, mułowce, iłowce i skały tufogeniczne (tufy oraz piaskowce i mułowce tufitowe) oraz skały węglanowe pochodzenia nieorganicznego.
- Piaskowce należą do arenitów sublitycznych i subarkozowych, rzadziej litycznych oraz wak litycznych i subarkozowych, o strukturze od bardzo drobnodziarnistej do grubodziarnistej. Szkielet ziarnowy złożony z kwarcu, skałeni potasowych i plagioklazów, litoklastów (głównie kwarcytów, łupków kwarcowo-łyżczykowych i fragmentów szkliwa wulkanicznego) oraz łyżczyków, spójony jest matriksem i/lub cementem. Wśród cementów wyróżniono węglany (dolomit, syderyt i kalcyt), kwarc wykształcony w formie obwódek regeneracyjnych na ziarnach kwarcu i autogeniczne minerały ilaste (głównie kaolinit i illit).
- Porowatość efektywna piaskowców karbonu waha się od 0,2 do 12,1% obj. skały. Pomiary przepuszczalności wynoszą najczęściej <0,1 mD, maksymalnie 0,57 mD, i wskazują, że są to skały bardzo słabo przepuszczalne. Porowatość skały maleje wraz z głębokością jej zalegania i jest najwyższa w górnośląskiej serii piaskowcowej – przeciętnie 8,5%, a najniższa w warstwach malinowickich – przeciętnie 1%.
- W piaskowcach zaznaczyły się efekty działania następujących procesów diagenetycznych: kompaktacji, cementacji, zastępowania, przeobrażania i rozpuszczania. W historii diagenetyki skał karbońskich najsilniejszy wpływ odegrały kompaktacja mechaniczna, cementacja kwarcem i węglanami, kaolinityzacja, serycytyzacja i albityzacja skałeni oraz zastępowanie przez węglany ziaren skałeni i litoklastów.

Anna JURCZAK-DRABEK

PETROGRAFIA I JAKOŚĆ WĘGLA

W otworze wiertniczym Ruptawa IG 1 badania petrograficzne węgla oraz współczynnika zdolności odbicia światła od powierzchni wityritu (refleksyjności) zostały opracowane przez Swadowską i Jurczak-Drabek (1988). W profilu karbonu tego otworu przewiercono 91 pokładów i wkładek węgla o miąższości od 0,05 m do 2,50 m, w tym:

- w warstwach siodłowych – 6 pokładów i wkładek węgla o miąższości 0,60–2,50 m, bez przerostów skały płonnej;
- w warstwach porębskich – 9 pokładów i wkładek węgla o miąższości 0,10–1,10 m; 6 z nich poddano szczegółowym badaniom petrograficznym; w jednym pokładzie węgla stwierdzono przerost iłowca;
- w warstwach jakłowieckich – 11 pokładów i wkładek węgla o miąższości 0,05–0,40 m; w jednym z nich wy-

stępuje przerost syderytu ilastego, a inną wkładkę o miąższości 0,05 m określono jako węgiel sapropelowy;

- w warstwach gruszowskich – 39 pokładów i wkładek węgla o miąższości 0,05–1,10 m; w 6 pokładach występują przerosty skały płonnej; jeden z pokładów jest to węgiel sapropelowy, a w trzech innych stwierdzono przerosty węgla sapropelowego; 12 pokładów i wkładek węgla warstw gruszowskich przebadano szczegółowo pod względem petrograficznym;
- w warstwach pietrkowickich – 26 pokładów i wkładek węgla o miąższości 0,25–0,50 m; w tym odcinku profilu przeważa węgiel antracytowy; tylko jeden pokład to węgiel humusowy z przerostem łupku węglatego.

UDZIAŁ LITOTYPÓW WĘGLA I PRZEWARSTWIEŃ MATERII MINERALNEJ W BUDOWIE POKŁADÓW WĘGLA

Wszystkie pokłady węgla profilowano z dokładnością do 1 cm w celu określenia litotypów węgla zgodnie z ówczesną nomenklaturą oraz w celu wyróżnienia przewarstwień materii mineralnej. W węglu humusowym wydzielono cztery podstawowe litotypy: wityryn, duryn, klaryn i fuzyn oraz ich przejścia: klaryno-wityryn, wityrno-klaryn, duryno-klaryn i klaryno-duryn. Wśród przewarstwień wydzielono: łupek węglowy, łupek węglasty, iłowiec węglasty, iłowiec, iłowiec sapropelowy, syderyt ilasty i mułowiec. W profilu Ruptawa IG 1 wydzielono również węgiel sapropelowy i antracyt (tab. 24).

Węgiel sapropelowy występuje jako: boghed, kennel i bogheado-kennel. Ostatni stwierdzono w omawianym otworze wiertniczym. Głównym składnikiem bogheado-kennelu jest masa podstawowa charakteryzująca się budową drobnoziarnistą i barwą od szarej do ciemnobrunatnej. Obficie występują w niej okruchy macerałów z grupy liptynitów oraz ziarenka mikrynitów. Często obserwuje się mikrospory ułożone horyzontalnie. Węgiel sapropelowy w otworze wiertniczym Ruptawa IG 1 występuje na głęb.: 1133,35

(warstwy jakłowieckie); 1465,75; 1515,40; 1542,35 i 1652,40 m (warstwy gruszowskie).

Antracyt w szeregu uwęglenia zajmuje przedostatnie miejsce przed grafitem, charakteryzuje się wysoką refleksyjnością R_o powyżej 2%. W profilu Ruptawa IG 1 kilkanaście pokładów i wkładek węgla o miąższości 0,05–0,50 m pochodzących z warstw pietrzkowickich ma cechy charakterystyczne dla antracytu.

Najczęściej występującym litotypem węgla w przebadanym odcinku profilu karbonu produktywnego jest wityrno-klaryn, jego średnia zawartość dla poszczególnych ogniw litostratygraficznych wynosi 0,33–31,86%. Na drugim miejscu jest klaryno-wityryn, przy średniej zawartości 1,31–32,10%. Następnie klaryno-duryn i duryno-klaryn, ich średnia zawartość mieści się w przedziale odpowiednio 0,0–27,75% i 0,0–7,95%. Wityryn i duryn występują tylko w serii paralicznej (w warstwach jakłowieckich, gruszowskich i pietrzkowickich), a średnie dla tych litotypów są zawarte w przedziałach 2,74–14,59% i 1,11–9,54%. Fuzyn i klaryn występują podrzędnie.

METODY BADAŃ PETROGRAFICZNYCH

Analizę petrograficzną oraz pomiar refleksyjności na telokolinicie wykonano dla 43 pokładów i wkładek węgla o miąższości 0,05–2,50 m, z odcinka profilu utworów karbońskich z głęb. 435,35–2376,10 m. Utwory te zaliczono do górnośląskiej serii piaskowcowej (warstwy siodłowe) i serii paralicznej (warstwy porębskie, jakłowieckie, gruszowskie i pietrzkowickie), przy czym jedną próbkę (głęb. 2376,10 m) pobrano także ze stropu warstw malinowickich.

Badania petrograficzne węgla przeprowadzono na jednostronnie polerowanych preparatach ziarnowych (wykonanych ze średnich próbek pokładowych), w świetle odbitym w imersji olejowej. Przeprowadzono analizę jakościową i ilościową oznaczając macerały i materię mineralną w 500 punktach zglądu wyznaczonych na przecięciu krzyża nitkowego umieszczonego w okularze, w liniach równomiernie rozmieszczonych na całej powierzchni.

Analizę mikrolitotypów przeprowadzono w podobny sposób, z tym że zamiast krzyża nitkowego w okularze umieszczono siateczkę 20-punktową. Badania wykonano na mikroskopie polaryzacyjnym MIN-8 (powiększenie 450×). Przy opisie składników petrograficznych stosowano nomenklaturę i klasyfikację przyjętą przez Międzynarodowy Komitet Petrologii Węgla (ICCP) w 1971 r. Podział ten

okazał się niezadawalający ze względu na potrzebę wyróżnienia nowych macerałów, więc w 1993 r. na 45 sesji ICCP w Chani (Grecja) podjęto decyzję o nowym podziale macerałów grupy wityrinitu. W toku badań petrograficznych węgla z profilu Ruptawa IG 1 posługiwano się podziałem wityrinitu obowiązującym przed rewizją z 1994 r., w związku z czym w niniejszym opracowaniu utrzymano nomenklaturę obowiązującą przed 1994 r. Uzyskane wyniki zamieszczono w tabelach 25 i 26.

Pomiaru R_o w węglu z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 dokonano na ziarnach kolinitu w świetle odbitym białym na mikroskopie metalograficznym ZETOPAN (firmy Reichert) wyposażonym w przystawkę mikrofotometryczną i urządzenie pomiarowe z możliwością stałej regulacji czułości oraz na mikroskopie polaryzacyjnym firmy Zeiss-Opton model Photomikroskop. Badania wykonano przy użyciu wzorca ze szkła optycznego o stałej refleksyjności 1,66%, filtru monochromatycznego o długości fali 546 nm, olejku immersyjnego 20°C = 1,516, w temperaturze 22°C. Dla każdej próbki wykonano minimum 100 pomiarów i na ich podstawie obliczono wartości średniej zdolności odbicia światła R_o w każdym pokładzie węgla (tab. 25) oraz wykreślono reflektogramy (fig. 15A–C).

Tabela 25

Udział macerałów i grup macerałów w przeliczeniu na 100% bez udziału substancji mineralnej oraz współczynnik refleksyjności wityrynytu R_o

Macerals and group macerals based on 100% without mineral substance and coefficient of vitrinite reflectivity R_o

Lp.	Głęb. spagu pokładu węgla Depth of base of coal bed [m]	Udział macerałów w przeliczeniu na 100% bez udziału substancji mineralnej Macerals based on 100% without mineral substance											Udział grup macerałów w przeliczeniu na 100% bez substancji mineralnej Macerals group based on 100% without mineral substance			R_o [%]
		telinit telinite	kolinit collinite	sporyt sporite	kutynit cutinite	rezynit resinite	mikrynit micrinite	makrynit macrinite	semifuzynit semifusinite	fuzynit fusinite	sklerotynit sclerotinite	inertodetrynit inertodetrinite	grupa wityrynytu vitrinite group	grupa liptynytu liptinite group	grupa inertynytu inertinite group	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Górnośląska seria piaskowcowa – warstwy siodłowe																
1	435,35	–	66,4	9,3	0,6	0,9	–	0,2	10,5	8,5	0,9	2,7	66,4	10,8	22,8	0,97
2	463,80	–	58,5	7,6	–	0,4	–	–	11,6	17,7	0,5	3,7	58,5	8,0	33,5	0,98
3	466,10	–	42,9	6,6	0,2	0,2	–	–	13,1	23,6	0,7	12,7	42,9	7,0	50,0	0,91
4	492,20	0,9	47,9	16,7	–	–	–	0,6	11,8	10,9	1,4	9,8	48,8	16,7	34,5	1,18
5	563,10	–	65,4	6,8	–	–	0,2	–	10,9	8,5	0,7	7,5	65,4	6,8	27,8	1,14
Seria paraliczna – warstwy porębskie																
6	663,00	–	76,5	5,3	0,4	1,3	–	–	4,5	7,1	1,1	3,8	76,5	7,0	16,5	0,99
7	707,10	–	75,6	2,5	–	–	–	0,6	5,1	10,0	1,3	4,9	75,6	2,5	21,9	1,26
8	844,20	–	79,1	1,3	0,3	–	–	0,2	8,1	5,1	0,3	5,6	79,1	1,6	19,3	1,37
9	855,15	–	76,1	0,9	–	–	–	–	6,0	9,3	0,7	7,0	76,1	0,9	23,0	1,34
10	896,20	–	81,3	1,4	–	0,2	–	–	5,0	6,7	0,4	5,0	81,3	1,6	17,1	1,48
11	908,85	–	82,2	1,2	–	–	–	–	4,1	7,8	1,0	3,7	82,2	1,2	16,6	1,60
Seria paraliczna – warstwy jakłowieckie																
12	1023,05	–	83,0	0,6	0,4	0,2	–	0,2	3,4	6,0	0,4	5,8	83,0	1,2	15,8	1,58
13	1126,55	–	84,9	1,0	–	–	–	–	4,2	5,7	1,0	3,2	84,9	1,0	14,1	1,67
Seria paraliczna – warstwy gruszowskie																
14	1300,90	–	82,2	0,4	–	–	–	–	5,4	9,3	1,0	1,7	82,2	0,4	17,4	1,70
15	1308,40	–	74,0	0,2	–	–	–	–	6,6	12,2	1,0	6,0	74,0	0,2	25,8	1,98
16	1359,35	–	83,7	–	–	–	–	–	5,7	6,2	–	4,4	83,7	–	16,3	2,02
17	1521,75	–	77,3	–	–	–	1,2	0,2	6,5	8,1	–	6,7	77,3	–	22,7	2,09
18	1542,35	–	73,3	–	–	–	1,4	–	9,5	9,3	–	6,5	73,3	–	26,7	2,08
19	1626,40	–	80,2	–	–	–	–	0,8	5,5	8,4	–	5,1	80,2	–	19,8	2,09
20	1650,90	–	79,2	–	–	–	–	–	8,0	5,2	–	7,0	79,2	–	20,8	2,11
21	1659,40	–	70,1	–	–	–	–	0,5	12,9	7,7	–	8,8	70,1	–	29,9	2,16
22	1665,45	–	79,2	–	–	–	0,4	0,4	6,6	6,4	–	7,0	79,2	–	20,8	2,12
23	1708,90	–	71,0	–	–	–	–	0,7	11,3	8,7	–	8,3	71,0	–	29,0	2,17
24	1736,90	–	80,3	–	–	–	–	0,2	7,3	7,3	–	4,9	80,3	–	19,7	2,16
25	1758,35	–	77,6	–	–	–	–	0,7	7,3	6,2	–	8,2	77,6	–	22,4	2,14
Seria paraliczna – warstwy pietrkowickie																
26	1883,15	–	67,5	–	–	–	–	0,7	9,2	10,6	–	12,0	67,5	–	32,5	2,18
27	1920,75	–	77,5	–	–	–	–	–	6,4	6,2	–	9,9	77,5	–	22,5	2,17
28	1964,05	–	76,5	–	–	–	–	0,4	4,9	6,6	–	11,6	76,5	–	23,5	2,17
29	1968,90	–	72,1	–	–	–	–	0,4	9,3	8,7	–	9,5	72,1	–	27,9	2,27
30	2037,00	–	82,6	–	–	–	–	–	5,2	8,1	–	4,1	82,6	–	17,4	2,27
31	2046,80	–	77,1	–	–	–	–	–	6,5	5,7	–	10,7	77,1	–	22,9	2,33
32	2062,40	–	84,8	–	–	–	–	–	5,0	3,3	–	6,9	84,8	–	15,2	2,32
33	2086,00	–	75,4	–	–	–	–	0,4	5,6	6,0	–	12,6	75,4	–	24,6	2,33

Tabela 25 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
34	2125,00	–	79,1	–	–	–	0,9	–	9,3	4,2	–	6,5	79,1	–	20,9	2,33
35	2136,85	–	77,6	–	–	–	–	–	5,0	7,7	–	9,7	77,6	–	22,4	2,36
36	2185,55	–	69,5	–	–	–	–	0,7	7,3	2,1	–	20,4	69,5	–	30,5	2,38
37	2204,75	–	87,3	–	–	–	–	–	4,8	2,4	–	5,5	87,3	–	12,7	2,40
38	2226,90	–	94,3	–	–	–	–	–	1,5	0,7	–	3,5	94,3	–	5,7	2,34
39	2251,00	–	84,4	–	–	–	–	–	4,8	4,2	–	6,6	84,4	–	15,6	2,37
40	2289,15	–	83,6	–	–	–	–	–	5,5	5,0	–	5,9	83,6	–	16,4	2,39
41	2298,00	–	83,5	–	–	–	–	–	6,0	4,0	–	6,5	83,5	–	16,5	2,32
42	2351,55	–	82,1	–	–	–	–	–	5,9	4,0	–	8,0	82,2	–	17,9	2,35
Warstwy malinowickie																
43	2376,10	–	71,2	–	–	–	–	–	5,9	4,6	–	18,3	71,2	–	28,8	2,31

CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA MACERAŁÓW

Grupa wityrynit

Ze względu na stopień zachowania struktury pierwotnej macerały grupy wityrynit podzielono na bezstrukturalny kolinit oraz telinit, który wykazuje strukturę tkankową, a stan jej zachowania zależy w głównej mierze od stopnia żelifikacji.

Telinit stwierdzono tylko w jednym pokładzie węgla na głęb. 492,20 m (warstwy siodłowe). To znaczy znalazł się na przecięciu krzyża nitowego podczas przeprowadzania analizy. Jest to telinit o zaciśniętych światłach komórek. Natomiast w polu widzenia mikroskopu są widoczne ziarna telinitu o budowie komórkowej.

Kolinit jest podstawowym składnikiem budującym pokłady węgla w omawianym otworze. Jego zawartość wynosi 39,2–86,6%. Kolinit występuje w postaci samodzielnych ziaren różnej wielkości, rzadziej w formie soczewek lub warstewek. Niektóre ziarna są spękane kontrakcyjnie, a na innych są rozsiane drobne ziarenka piryty lub większe skupienia substancji ilastej. Występują również ziarna kolinitu, na których stwierdzono owalne soczewki mikrynit. Tworzy on również spoiwo węglowe dla mikrolitotypów. Kolinit jest szary, beżowo-szary do białego oraz wykazuje zmienną zdolność odbicia światła. Od głęb. ok. 1300,0 m (warstwy gruszowskie i pietrkowickie) kolinit, badany w świetle spolaryzowanym przy nielach skrzyżowanych, wykazuje silną anizotropię optyczną. Najczęściej takie ziarna graniczą ostro z fuzynitem pustokomórkowym.

Grupa liptynit

Grupa liptynit jest reprezentowana przez: sporynit, kutynit i rezynit.

Sporynit jest reprezentowany przez mikrospory o barwie brunatnej i wyraźnym reliefie. Procentowa zawartość sporynitu wynosi 0,0–16,2%. Macerał ten występuje tylko w górnym odcinku profilu do głęb. 1308,40 m (warstwy

siodłowe, porębskie i jaklowieckie). W pokładach niżej leżących sporynit jest widoczny tylko w świetle spolaryzowanym. Macerały z grupy liptynit na skutek silnego uwęglenia uległy prawdopodobnie procesowi wityrytyzacji przechodząc w wityrynit.

Kutynit jest macerałem akcesorycznym. Jego zawartość w pokładach węgla wynosi 0,0–0,6%. Występuje on tylko w górnym odcinku profilu karbonu do głęb. 1023,05 m (warstwy siodłowe, porębskie i górne jaklowieckie). Kutynit ma cechy optyczne podobne do sporynit. Występuje w formie cienkich wydłużonych wstążeczek o postrzępionych jednostronnie krawędziach.

Rezynit stwierdzono tylko w sześciu z spośród badanych pokładów węgla do głęb. 1023,05 m (warstwy siodłowe, porębskie i górne jaklowieckie). Jego procentowa zawartość wynosi 0,0–1,3%. Rezynit zbudowany z żywicy i wosków roślin karbońskich przyjmuje formę okrągłych lub owalnych ciałek o wyraźnie zarysowanych brzegach i ostrym reliefie. Najczęściej stanowi on wypełnienia komórek w telinie. Jest spotykany w klarycie i duroklarycie.

Grupa inertynitu

W grupie inertynitu wyróżniono macerały o budowie jednorodnej lub ziarnistej – mikrynit oraz o budowie tkankowej: semifuzynit, fuzynit i sklerotynit. Oznaczono również inertodetrynit, w skład którego wchodzi okruchy różnych macerałów z grupy inertynitu. Macerały omawianej grupy występują bardzo często w węglu z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1.

Fuzynit jest macerałem dominującym w omawianej grupie. Stwierdzono go we wszystkich badanych pokładach węgla. Jego zawartość wynosi 0,6–21,6%. Fuzynit cechuje się urozmaiconą morfologią, która jest ściśle związana z rodzajem tkanki roślinnej, z której macerał ten powstał, oraz najjaśniejszą barwą i refleksyjnością wśród wszystkich składników. Najczęściej występuje fuzynit

Tabela 26

Udział mikrolitotypów, karbominerytu i skały płonnej

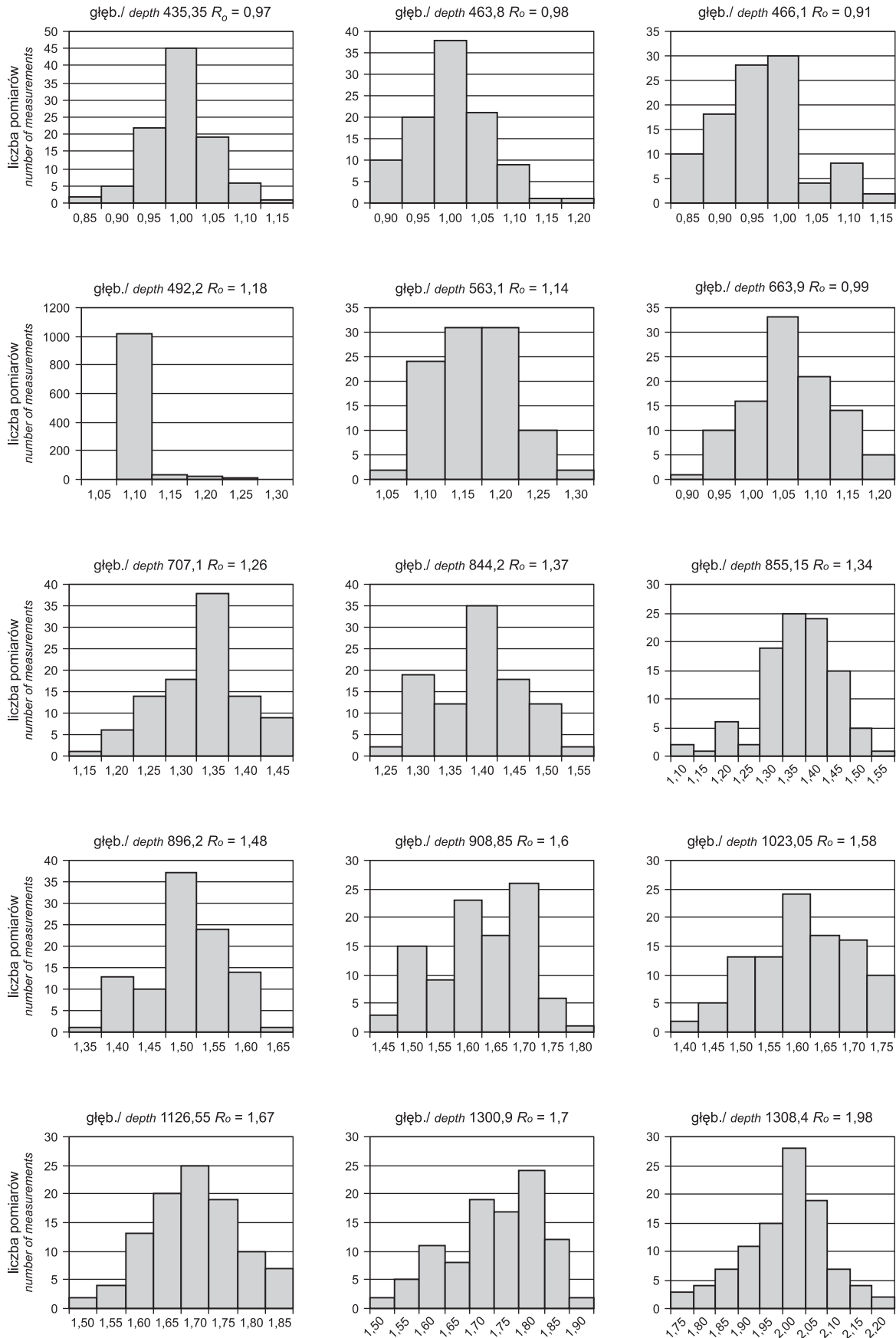
Coal microlithotype, carbominerite and barren rocks

Lp.	Głęb. Depth [m]	Mikrolitotypy monomaceralne Monomaceral microlithotypes [%]								Mikrolitotypy bimaceralne Bimaceral microlithotypes [%]				Mikrolitotypy trimaceralne Trimaceral microlithotypes [%]				Karbomineryt Carbominerite [%]						Materia mineralna Mineral matter [%]				Typy mikrofacjalne Microfacies types
		3	4	5	6	7	8	9	10	klaryt clarite	wirynertolityt virynertolite	durtyt durite	duroklaryt duroclarite	wirynertolityt virynertolite	klarodurtyt clarodurite	karbalgilit carbargillite	karbankerityt carbarkerite	karbopityt carbopyrite	karbopolimneryt carbopolimnerite	howiec claystone	howiec claystone	węglany carbonate	pyryt pyrite	kwarc quartz				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
Górnośląska seria piaskowcowa – warstwy siodłowe																												
1	435,35	45,0	0,0	3,2	5,4	0,0	0,0	0,0	1,6	1,0	2,6	23,8	3,8	4,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	TRY-WTY			
2	463,80	36,0	0,0	4,6	5,2	0,0	0,0	0,0	1,6	1,0	1,0	35,2	0,0	8,8	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,2	0,0	WTY-TRY			
3	466,10	10,2	0,0	3,8	7,8	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	4,4	38,2	0,2	20,6	12,0	0,0	0,6	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	TRY			
4	492,20	21,6	0,2	0,8	4,6	0,0	0,4	0,0	1,0	1,6	10,0	36,6	0,6	16,2	3,2	0,0	0,8	0,2	0,0	1,8	0,0	0,4	0,0	0,0	WTY-TRY			
5	563,10	35,0	0,0	2,8	4,6	0,0	0,0	0,0	1,2	1,6	0,2	37,0	0,6	10,4	4,0	0,0	0,2	0,0	0,0	2,0	0,0	0,4	0,0	0,0	WTY-TRY			
Seria paraliczna – warstwy porębskie																												
6	663,00	44,6	0,0	2,4	2,0	0,0	0,0	0,0	1,2	6,4	0,2	30,0	2,0	3,0	6,2	0,0	0,2	0,2	0,0	1,2	0,0	0,2	0,2	0,0	TRY-WTY			
7	707,10	47,2	0,0	2,4	5,4	0,0	0,0	0,0	0,6	5,6	0,8	16,4	0,0	5,8	4,4	0,2	1,6	1,2	0,0	6,8	0,0	1,6	0,0	0,0	TRY-WTY			
8	844,20	52,0	0,0	2,8	3,4	0,0	0,0	0,0	0,6	8,4	0,4	24,8	0,2	2,2	2,6	0,4	2,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	TRY-WTY			
9	855,15	48,0	0,0	1,4	4,0	0,0	0,0	0,0	0,6	4,8	0,0	20,4	0,0	4,2	6,2	0,0	5,4	1,2	0,0	1,8	0,0	2,0	0,0	0,0	TRY-WTY			
10	896,20	56,4	0,0	1,6	3,2	0,0	0,2	0,0	0,6	22,4	0,0	13,8	0,0	0,6	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	WTN-WTY			
11	908,85	50,0	0,0	2,2	7,0	0,0	0,0	0,0	0,4	18,8	0,2	11,6	0,0	2,8	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	WTN-WTY			
Seria paraliczna – warstwy jankowieckie																												
12	1023,05	58,2	0,0	2,4	6,6	0,0	0,0	0,0	1,2	7,4	0,0	19,8	0,0	1,4	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	TRY-WTY			
13	1126,55	59,2	0,0	2,2	3,4	0,0	0,2	0,0	0,0	28,0	0,2	5,0	0,0	0,2	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	WTN-WTY			
Seria paraliczna – warstwy gruszowskie																												
14	1300,90	45,1	0,0	1,2	5,7	0,0	0,5	0,0	5,0	11,5	1,5	20,2	0,0	1,7	2,2	0,0	3,5	0,8	0,0	0,8	0,0	0,3	0,0	0,0	TRY-WTY			
15	1308,40	34,4	0,0	5,6	11,2	0,0	0,2	0,0	0,0	39,8	0,0	5,0	0,0	0,4	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	INY-WTY-WTN			
16	1359,35	52,2	0,0	2,2	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	0,4	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	WTN-WTY			
17	1521,75	39,4	0,0	2,4	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,6	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	0,6	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN			
18	1542,35	33,2	0,0	5,2	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	54,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN			

Seria paraliczna – warstwy pietrkowickie																											
19	1626,40	33,6	0,0	2,6	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN	
20	1650,90	59,2	0,0	2,4	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTN-WTY
21	1659,40	33,2	0,0	4,8	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN
22	1665,45	35,2	0,0	3,6	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN
23	1708,90	38,2	0,0	2,8	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN
24	1736,90	46,6	0,0	2,8	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTN-WTY
25	1758,35	36,0	0,0	3,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTN-WTY
Seria paraliczna – warstwy pietrkowickie																											
26	1883,15	31,0	0,0	3,8	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN
27	1920,75	36,6	0,0	3,6	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN
28	1964,05	40,4	0,0	5,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN
29	1968,90	33,8	0,0	4,6	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN
30	2037,00	56,2	0,0	3,4	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTN-WTY
31	2046,80	32,0	0,0	4,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN
32	2062,40	52,4	0,0	2,6	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTN-WTY
33	2086,00	41,0	0,0	4,2	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN
34	2125,00	47,0	0,0	3,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTN-WTY
35	2136,85	38,2	0,0	3,2	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN
36	2185,55	33,0	0,0	2,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN
37	2204,75	65,6	0,0	0,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTN-WTY
38	2226,90	85,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTE
39	2251,00	45,6	0,0	2,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN
40	2289,15	40,0	0,0	1,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTN-WTY
41	2298,00	33,8	0,0	3,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN
42	2351,55	43,8	0,0	1,2	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTN-WTY
Warstwy malinowickie																											
43	2376,10	30,6	0,0	3,4	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	WTY-WTN

WTY – witytowy; TRY – trimacerytowy; TRY-WTY – trimacerytowo-witytowy; WTY-TRY – witytowo-trimacerytowy; WTN-WTY – witytowo-witytowy; WTY-WTN – witytowo-wityrnytytowy; INY-WTY-WTN – inertytowo-witytowo-wityrnytytowy

WTY – vitrite type; TRY – trimacerite type; TRY-WTY – trimacerite-vitrite type; WTY-TRY – vitrite-trimacerite type; WTN-WTY – vitrinertite-vitrite type; WTY-WTN – vitrite-vitrinertite type; INY-WTY-WTN – inertinite-vitrite-vitrinertite type



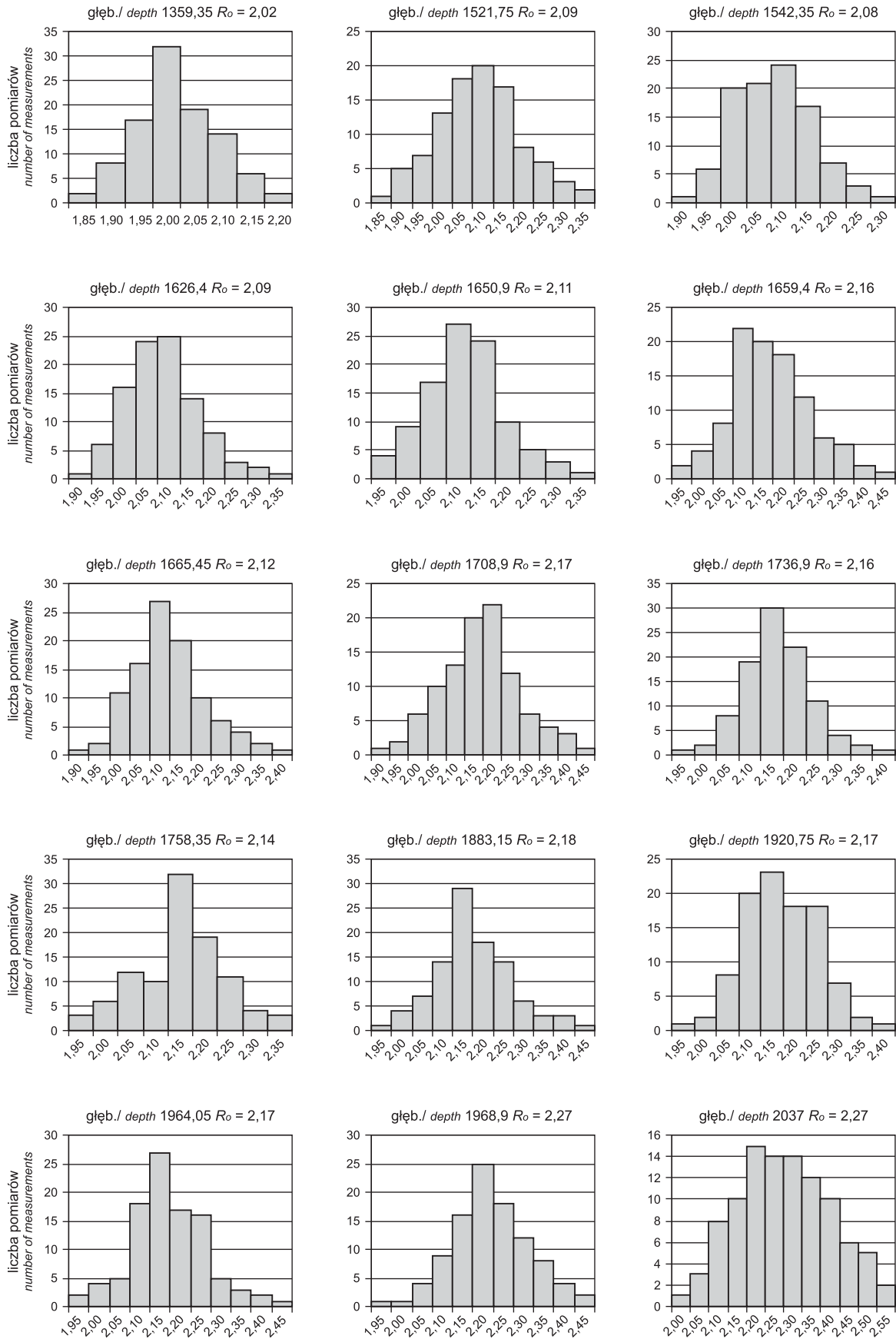


Fig. 15B. Reflektogramy pokładów i warstw węgla w otworze wiertniczym Ruptawa IG 1

Reflectogramme of coal beds in the Ruptawa IG 1 borehole

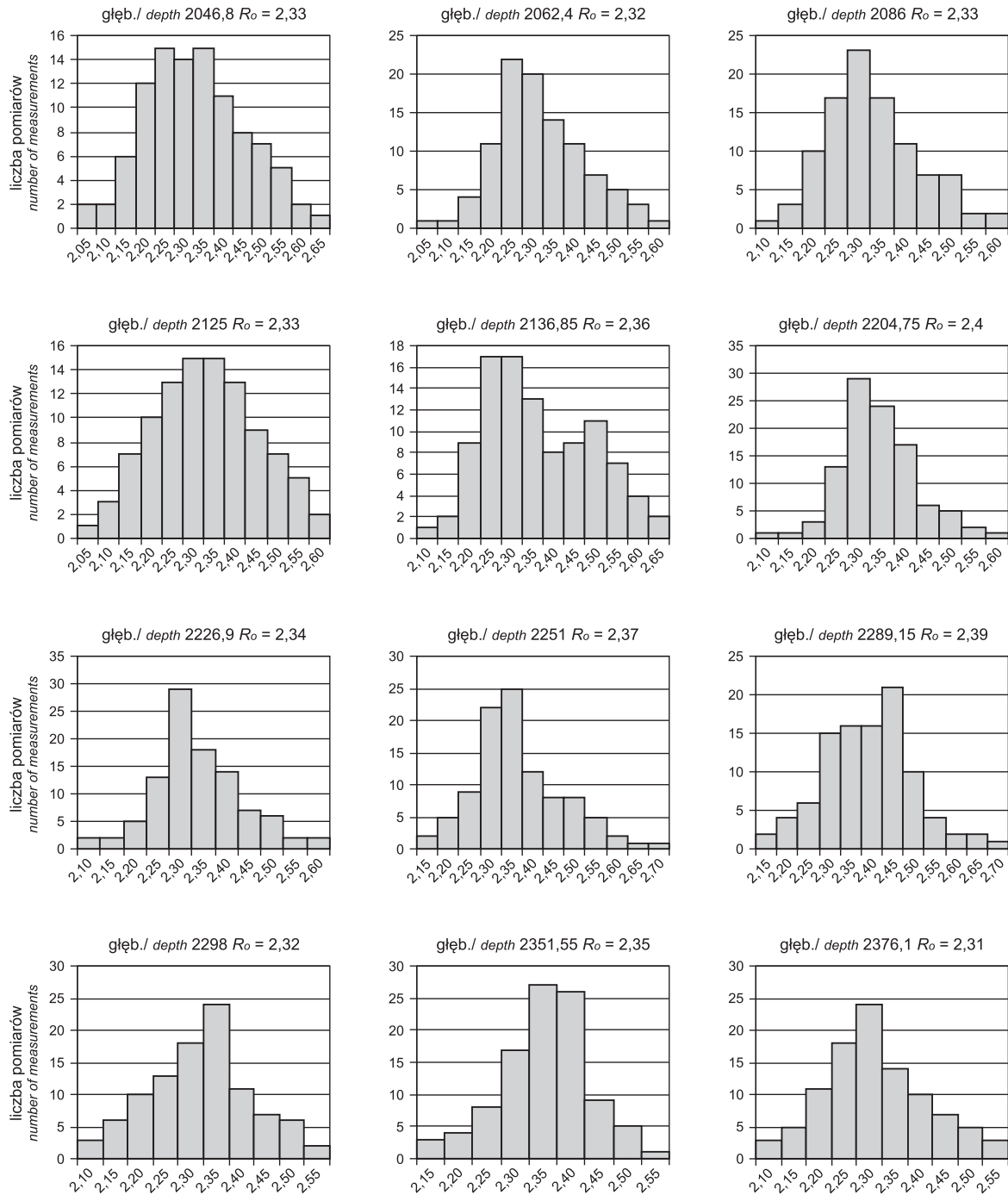


Fig. 15C. Reflektogramy pokładów i warstw węgla w otworze wiertniczym Ruptawa IG 1

Reflectogramme of coal beds in the Ruptawa IG 1 borehole

o dobrze zachowanej budowie komórkowej, grubo i cienkościenny lub o budowie łukowej. Komórki są przeważnie puste, sporadycznie impregnowane węglanami.

Wśród macerałów grupy inertynitu semifuzynit, obok fuzynitu, jest głównym składnikiem pod względem ilości występowania. Jego zawartość wynosi 1,4–12,0%. Charakteryzuje się on maszyną budową o gorzej zachowanej strukturze komórkowej niż w fuzynicie. Ścianki komórek są grube, a światła komórek w różnym stopniu zapłygnięte.

Barwa semifuzynitu zmienia się od szarej, zbliżonej do barwy współwystępującego z nim kolinitu, do żółtobiałej podobnej do fuzynitu. Semifuzynit występuje głównie w postaci samodzielnych ziaren lub okruchów wchodzących w skład mikrolitotypów.

Mikrynit odgrywa podrzędną rolę w budowie pokładów węgla. Na ogół jest on rozproszony wśród innych macerałów. Tworzy też skupienia w formie soczewek i lamin, często impregnuje światła komórek telinitu. Niekiedy mikrynit

obserwowano w makrosporach, gdzie jest zgromadzony w znaku zrostowym. Jego zawartość wynosi 0,0–1,4%, ale stwierdzono go tylko w 5 spośród 43 przebadanych pokładów węgla.

Makrynit występuje nielicznie, stwierdzono go w 17 badanych pokładach węgla. Jego zawartość wynosi 0,0–0,8%. Są to owalne, soczewkowane lub nieregularne ziarna o gładkiej powierzchni, wyraźnym reliefie, masywnej teksturze i jasnożółtej barwie. Makrynit tworzy często spoiwo w durycie, wityrnytycie i trimacerycie.

Sklerotynit jest składnikiem akcesorycznym w badanych pokładach węgla. Występuje tylko do głęb. 1308,40 m (warstwy siodłowe, porębskie i jakłowieckie). Jego zawar-

tość wynosi 0,0–1,4%. Jest macerałem bardzo łatwo wyróżnialnym przez wysoki relief i prawie białą barwę. Najczęściej występują pojedyncze sklerocje owalne o grubych ściankach komórek, lub wielokomórkowe o gładkich lub ząbkowanych brzegach. Rzadziej spotykane formy to sklerocje ze szparami. Sklerotynit występuje najczęściej w trimacerycie i wityrnytycie.

Inertodetrynit jest reprezentowany przez drobne fragmenty o barwie takiej jak macerały z grupy inertynitu (<30µm), których na podstawie morfologii nie można zaliczyć do żadnego z nich. Występuje we wszystkich badanych pokładach węgla. Jego zawartość wynosi 1,6–18,0%.

MATERIA MINERALNA

W badanych pokładach węgla występują minerały ilaste, które w głównej mierze są ściśle związane z węglem w karbominerycie. Tworzą one drobne smużki, soczewki i laminy, a także nieregularne skupienia o barwie brunatno-szarej lub żółcisto-brunatnej.

Siarczki żelaza są reprezentowane głównie przez piryt. Piryt ma wysoką refleksyjność, bardzo widoczny relief i żółcisto-białą barwę. Występuje najczęściej w formie drobno rozsianych ziarenek (ok. 1 µm) na ziarnach kolinitu.

Węglany są wykształcone w postaci kalcytu, rzadziej dolomitu i syderytu. Kalcyt i dolomit charakteryzują się szarą barwą, często z perłowym połyskiem i wyraźną anizotropią. Występują one najczęściej w szczelinach spękań macerałów węgla.

Kwarc występuje w ziarnach wielkości od kilku do kilkadziesiąt µm, rozproszonych wśród komponentów węgla.

Zawartość materii mineralnej traktowana łącznie wynosi 0,0–18,0%.

CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA MIKROLITOTYPÓW

Mikrolitotypy są to warstewki i soczewki węgla o grubości >50 µm, które dzielą się na trzy grupy: monomaceralne, bimaceralne i trimaceralne.

Mikrolitotypy monomaceralne

Witryt jest jednym z najliczniej występujących mikrolitotypów przebadanego węgla z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 i występuje we wszystkich badanych pokładach węgla. Jego zawartość wynosi 10,2–85,4%. Witryt jest zbudowany głównie z kolinitu, a w nim obserwuje się często wtrącenia minerałów ilastych, drobne ziarenka syngenetycznego pirytu i mikrynitów oraz pojedyncze mikrospory. Witryt tworzy szereg przejść do klarytu, semifuzytu i wityrnytytu.

Lityt jest mikrolitotypem akcesorycznym. W otworze oznaczono go tylko w jednym pokładzie węgla na głęb. 492,2 m. Jest to megaspora znacznych rozmiarów, o barwie brunatnej i wyraźnym reliefie.

Semifuzyt występuje we wszystkich badanych pokładach i wkładkach węgla. Jego zawartość wynosi 0,2–5,6%, jest zbudowany z pustokomórkowego semifuzynitu. Niekiedy tworzy przejścia do wityrytu.

Fuzyt jest wykształcony w postaci pasemek, soczewek oraz większych okruchów pustokomórkowego fuzynitu. Nie występuje tylko w jednym z badanych pokładów węgla. Jego zawartość wynosi 0,0–11,2%.

Sklerotyt występuje głównie w górnym odcinku profilu karbonu w pięciu badanych pokładach węgla. Są to sklerocje o budowie masywnej lub komórkowej.

Inertodetrynit w pokładach węgla z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 nie oznaczono.

Mikrolitotypy bimaceralne

Klaryt budują warstewki wityrytu i macerały z grupy liptynitu. Składniki te występują w zmiennych proporcjach, ale na ogół przeważa wityryt. Klaryt występuje tylko w górnej części profilu otworu do głęb. 1300,90 m (warstwy siodłowe, porębskie i jakłowieckie). Jego zawartość wynosi 0,0–1,6%.

Duryt podobnie jak klaryt występuje tylko w górnej części profilu karbonu do głęb. 1300,90 m (warstwy siodłowe, porębskie i jakłowieckie). Jego zawartość wynosi 0,0–10,4%, najczęściej jednak nie przekracza 1,0%. Duryt badanego węgla jest zbudowany z macerałów grupy inertynitu (przede wszystkim semifuzynitu i fuzynitu) oraz liptynitu. Niekiedy w budowie durytu biorą udział inertodetrynit i drobnoziarnisty mikrynit oraz dość liczny grubościenny sporynit; nazywany jest wówczas krassidurytem. Krassiduryty są charakterystycznym składnikiem durytów (litotyp) w węglu warstw siodłowych GZW. Po przejściu drugiego skoku uwęglania przechodzą one w wityry-

nertyt. Zwiększenie zawartości wityryny prowadzi do przejścia durytu w klaroduryt.

Wityrynertyt to mikrolitotyp zbudowany z macerałów grupy wityryny (najczęściej kolinitu) i inertynitu (smifuzynitu, fuzynitu i inertodetrynitu). Wityrynertyt jest obok wityrytu najliczniej występującym mikrolitotypem we wszystkich badanych pokładach i wkładkach węgla. Jego zawartość wynosi 0,4–54,6% i zauważa się wyraźny wzrost procentowej zawartości wraz ze wzrostem głębokości zalegania pokładów węgla. Wiąże się to z przejściem II skoku uwęglania, gdzie trimaceryt przeobraził się w wityrynertyt.

Mikrolitotypy trimaceralne

Duroklaryt jest zbudowany z macerałów wszystkich trzech grup, przy czym wityryn dominuje nad liptynitem i in-

ertynitem. Duroklaryt jest utworzony przeważnie z obfitego spoiwa kolinitowego, dość licznego liptynitu (mikrosporynit, rzadziej kutynit i sporadycznie rezynit) i niewielkiej ilości inertynitu (mikrynit). Duroklaryt jest dominującym trimacerytem, ale tak jak dwa pozostałe występuje tylko w górnej części profilu otworu do głęb. 1300,90 m (warstwy siodłowe, porębskie i jakłowieckie). Jego zawartość wynosi 0,0–38,2%.

Klaroduryt jest zbudowany w głównej mierze z macerałów grupy inertynitu (duże fragmenty semifuzynitu i ziarna masywnego mikrynitu) oraz zmiennej ilości liptynitu (mikrospory i kutynit) oraz wityryny (kolinit). Klaroduryt często przechodzi w duroklaryt lub w duryt.

Wityrertolityt występuje w badanych pokładach węgla bardzo sporadycznie. Rozpoznano go tylko w sześciu przypadkach. Jego zawartość wynosi 0,0–3,8%. Jest on zbudowany z trzech macerałów, wśród których liptynit przeważa nad wityrynitem i inertynitem.

ZMIANY STOPNIA UWĘGLANIA WĘGLA NA PODSTAWIE WSPÓŁCZYNNIKA ZDOLNOŚCI ODBICIA ŚWIATŁA R_o

Za najbardziej jednoznaczny i uniwersalny wskaźnik stopnia uwęglania uznaje się zdolność odbicia światła wityryny, gdyż węgiel kamienny w całej skali uwęglania wykazuje bardzo charakterystyczną liniową zmianę zdolności odbicia światła. Refleksyjność, czyli współczynnik zdolności odbicia światła R_o od wypolerowanej powierzchni węgla, jest to stosunek ilości światła odbitego od tej powierzchni, do ilości światła padającego prostopadłe na tę powierzchnię.

Pomiary współczynnika zdolności odbicia światła na kolinicie w pokładach węgla z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 wykazały, że wzrasta on wraz ze wzrostem głębokości zalegania pokładów, w miarę przechodzenia od warstw młodszych do starszych. Skrajna wartość refleksyjności waha się od 0,85% w stropowej części karbonu (na głęb. 435,35 m) do 2,70% w spągowej części otworu (na głęb. 2376,10 m).

Zdolność refleksyjna wityryny określona współczynnikiem R_o wzrasta nierównomiernie w omawianym otworze. W górnym odcinku profilu na głęb. 435,35–908,85 m (warstwy siodłowe i porębskie) przyrost wartości współczynnika R_o jest znaczny. Na przestrzeni ok. 500 m wzrasta on o 0,69% przy czym wartość R_o ulega wahaniom wskazując na przemian tendencję wzrastającą i malejącą. W dalszej części otworu, aż do głęb. 2289,15 m (warstwy jakłowieckie, gruszowskie i pietrkowickie), wartość R_o wzrasta dość równomiernie i w niewielkim stopniu. W spągowej części otworu na głęb. 2289,00–2376,10 m współczynnik R_o wykazuje tendencję malejącą.

Wartości współczynnika refleksyjności wykazują, że węgiel zalegający do głęb. ok. 800 m osiągnął II skok uwęglania, który przebiega w obrębie węgla ortokoksowego i przejawia się wityrynyzacją prawie całego liptynitu. Na podstawie wartości R_o można również przypuszczać, że węgiel występujący na głęb. ok. 2200 m znalazł się w pobliżu III skoku uwęglania, przebiegającego na granicy semiantracytu i antracytu.

W profilu Ruptawa IG 1 wydzielono trzy strefy, które różnią się od siebie wyraźnie gradientem (fig. 16):

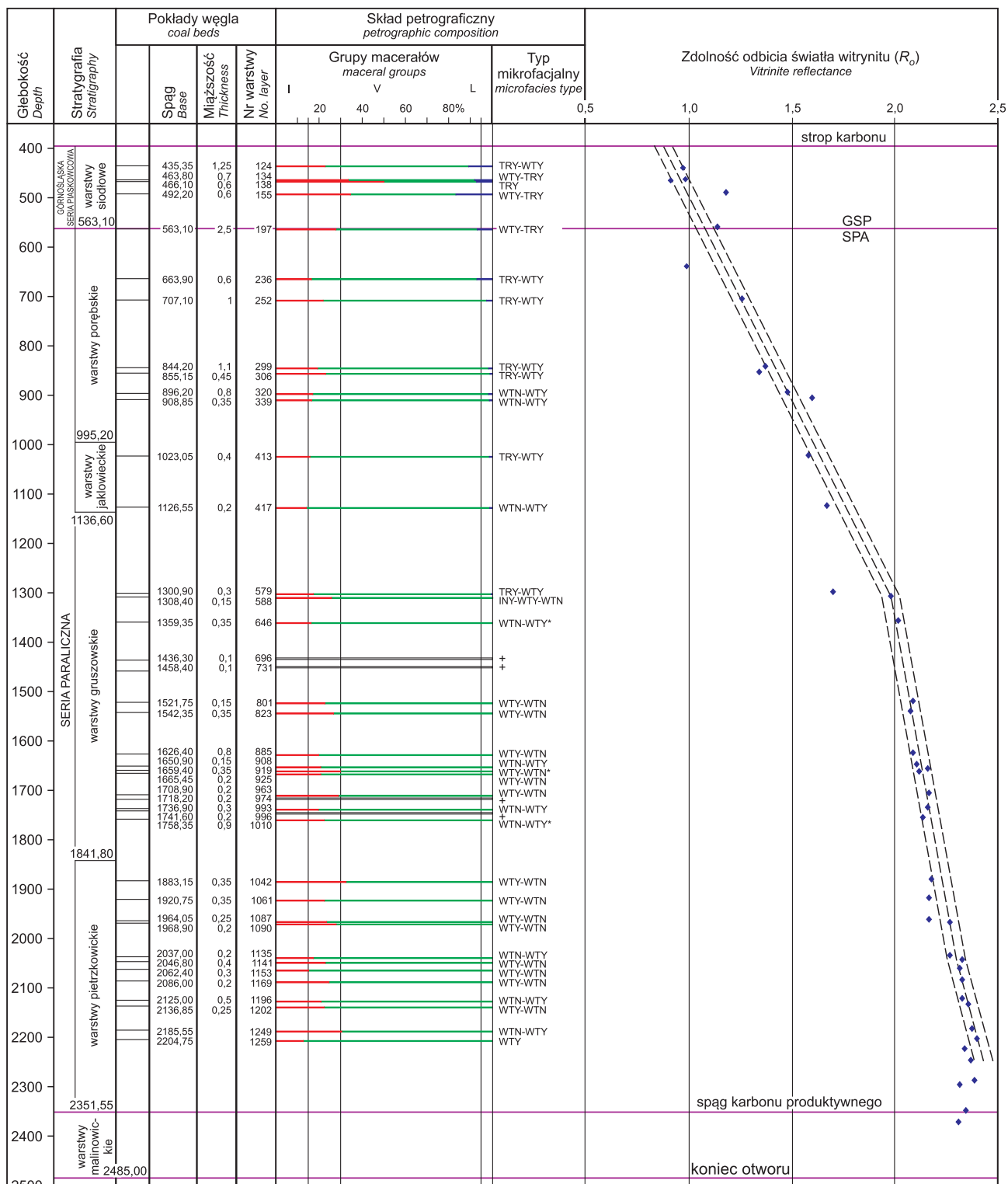
- I – do 1300 m – gradient wzrostu na 100 mb wynosi 1,10%;
- II – od 1300 do 2005 m – gradient wzrostu na 100 mb wynosi 0,04%;
- III – od 2005 do 2485 m – gradient wzrostu na 100 mb wynosi 0,07%.

Reflektogramy obrazujące rozkład zdolności odbicia światła na wityrynie w poszczególnych pokładach węgla są zróżnicowane (fig. 15A–C). Większość z nich jest zbliżona do rozkładu normalnego, ale tylko kilka z nich cechuje się pełną symetrią, wąską podstawą i ostro zaznaczonym maksimum. Wskazuje to na dużą jednorodność węgla. Często reflektogramy są asymetryczne w kierunku wartości większych od wartości modalnej, a nierzadko są wyraźnie spłaszczone. Niektóre reflektogramy mają nieregularne kształty i mają dwa lub trzy niewyraźne piki. Kształty reflektogramów wskazują na znaczną niejednorodność węgla w pokładzie, zwiększającą się w miarę wzrostu zmetamorfozowania węgla.

WŁAŚCIWOŚCI TECHNOLOGICZNE I CHEMICZNE POKŁADÓW WĘGLA

Badaniami technologiczno-chemicznymi objęto w otworze wiertniczym Ruptawa IG 1 41 pokładów węgla o miąższości 0,05–2,50 m. Zakres badań obejmował analizę tech-

nologiczną, która uwzględniała oznaczenie zawartości: wilgoci, popiołu, części lotnych, ciepła spalania i wartości opałowej oraz analizę właściwości koksowniczych i wytlew-



* z zawartością karbominerytu powyżej 15%/ carbominerite above 15%
 + brak analiz/ lack of analysis

Fig. 16. Zmiany jakości węgla w profilu Ruptawa IG 1 – refleksyjność wityrynytu

Changes of coal quality in the Ruptawa IG 1 borehole – vitrinite reflectance

nych gdzie oznaczono: spiekalność metodą Rogi, kontrakcję i dylatację, wydajność półkoks i prasmoły, wody rozkładowej i gazu. Oznaczono również typ węgla, podatność przemiałową, gęstość pozorną i zawartość siarki (całkowitej, popiołowej, palnej i pirytovej). Kolejno wykonano analizę elementarną, w której oznaczono następujące parametry:

zawartość pierwiastka węgla, wodoru, tlenu i azotu. Wyniki badań analitycznych zestawiono w tabeli 27. Pionowe zmiany jakości węgla w profilu otworu obejmujące podstawowe parametry techniczne oraz właściwości koksownicze i chemiczne zaprezentowano na figurach 17–19.

CHARAKTERYSTYKA TYPÓW WĘGLA

W profilu Ruptawa IG 1 występują zdefiniowane zgodnie z normą PN/82/G-97002 następujące typy węgla: 35,2B (ortokoksowy, do produkcji koks), 36 (metakoksowy, do produkcji koks), 37,1 i 37,2 (węgiel semikoksowy, węgiel na mieszanki do produkcji koks w koksowniach), 38 (węgiel chudy, na mieszanki do produkcji koks), 41 (węgiel antracytowy, na mieszanki i do celów energetycznych dla palenisk specjalnych), 42 (antracyt, do celów energetycznych dla palenisk specjalnych). W celu określenia typów węgla prześlędzono szczegółowo parametry klasyfikacyjne takie jak: zawartość części lotnych, zdolność spiekania według Rogi, dylatację, wskaźnik wolnego wydymania oraz ciepło spalania. Brano również pod uwagę zawartość procentową macerałów z grupy inertynitu w pokładzie węgla. Od 1983 r. obowiązuje w Polsce klasyfikacja, w której wprowadzono zmianę przy określeniu typu węgla 35,2, bowiem jako wyznacznik alternatywny do określenia tego

typu węgla przesądza zawartość macerałów z grupy inertynitu. Tak więc dla węgla typu 35,2A zawartość inertynitu nie powinna przekraczać 30%, a w węglu typu 35,2B wynosi ona powyżej 30%.

Na podstawie wymienionych parametrów w profilu Ruptawa IG 1 wydzielono kilka stref występowania typów węgla:

- I strefa do 563,10 m – mieszana, gdzie występuje węgiel typu 37,1 i 38 (w tej strefie znalazły się dwa pokłady węgla zakwalifikowane jako typ 35,2B, jednak zawartość macerałów z grupy inertynitu w tych pokładach węgla nie przekracza 30%, dlatego określenie typu węgla nie wydaje się jednoznaczne);
- II strefa od 563,10 do 900,00 m – typ węgla 36;
- III strefa od 900,00 do 1500,00 m – typ węgla 37,1 – 37,2 – 38 – 41 (mieszana);
- IV strefa od 1500,00 do 2485,00 m – typ węgla 42.

ZMIANY PODSTAWOWYCH WŁAŚCIWOŚCI TECHNOLOGICZNYCH, KOKSOWNICZYCH I CHEMICZNYCH

Spośród podstawowych właściwości technologicznych czułych na zmiany stopnia metamorfizmu substancji organicznej, należy rozpatrywać zawartość wilgoci w stanie analitycznym W^a , zawartość części lotnych w stanie analitycznym V^a , ciepło spalania w stanie suchym i bezpopiołowym oraz zawartość popiołu. Zmiany tych parametrów w profilu Ruptawa IG 1 reprezentują wycinek ogólnych krzywych zmian uwęglenia rozpoznanych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (fig. 17).

Wartości wilgoci W^a w warstwach siedłowych wykazu ją duży rozrzut od 0,87 do 11,76%. Natomiast w warstwach porębskich, jakłowieckich i gruszowskich wartości W^a mają przebieg pionowy, a rozrzut wyników jest bardzo mały, mieści się w granicach 0,72–1,12%. W warstwach pietrkowickich następuje spadek wartości W^a , które nadal mają przebieg pionowy. Rozrzut wyników mieści się w przedziale 0,42–0,94%.

Zawartość części lotnych V^a w otworze wiertniczym Ruptawa IG 1 wynosi 6,69–21,56%. Naniesione na wykresie wartości części lotnych w stanie suchym i bezpopiołowym V^{daf} wykazują, że wyinterpolowana graficznie średnia maleje znacznie wraz ze wzrostem głębokości. Skok wartości na granicy górnośląskiej serii piaskowcowej i serii paralicznej wynosi 1%.

Ciepło spalania Q_s^{daf} to parametr wyznaczający granicę pomiędzy typem węgla płomiennego i gazowo-płomiennego.

Wartością graniczną jest 31000 J/g, to znaczy, że węgiel z otworu Ruptawa IG 1 klasyfikuje się powyżej tej wartości. Wartości graniczne Q_s^{daf} wynoszą 32463–36839 J/g.

Przedstawiona na wykresie (fig. 17) zawartość popiołu A^d w pokładach węgla z omawianego otworu charakteryzuje się dość dużym rozrzutem (od 1,64 do 36,21%), co może sugerować o znacznym zanieczyszczeniu materii organicznej.

W celu prześlędzienia parametrów charakteryzujących właściwości koksownicze węgla z otworu Ruptawa IG 1 sporządzono diagramy: zdolności spiekania według Rogi (RI), wolnego wydymania (SI) oraz kontrakcji (a) i dylatacji (b) (fig. 18).

Zdolność spiekania RI w górnym odcinku profilu do głęb. 1359,35 m wynosi 0–71. Poniżej tej głębokości aż do spągu otworu występuje węgiel o zerowej wartości spiekania RI. Wartości wolnego wydymania SI w węglu omawianego otworu są bardzo zróżnicowane i wynoszą 0–9. Wykres wartości wolnego wydymania SI dokładnie naśladuje wykres zdolności spiekania RI. Kontrakcja węgla w profilu otworu wynosi –7–30%, a dylatacja –16–90%.

Zmiany właściwości chemicznych węgla z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 prześlędzono na podstawie zawartości pierwiastka węgla C_t^{daf} i wodoru H_t^{daf} (fig. 19). Zawartość pierwiastka węgla C_t^{daf} wynosi w omawianym profilu 78,73–91,55%. Na wykresie widać wyraźną tendencję

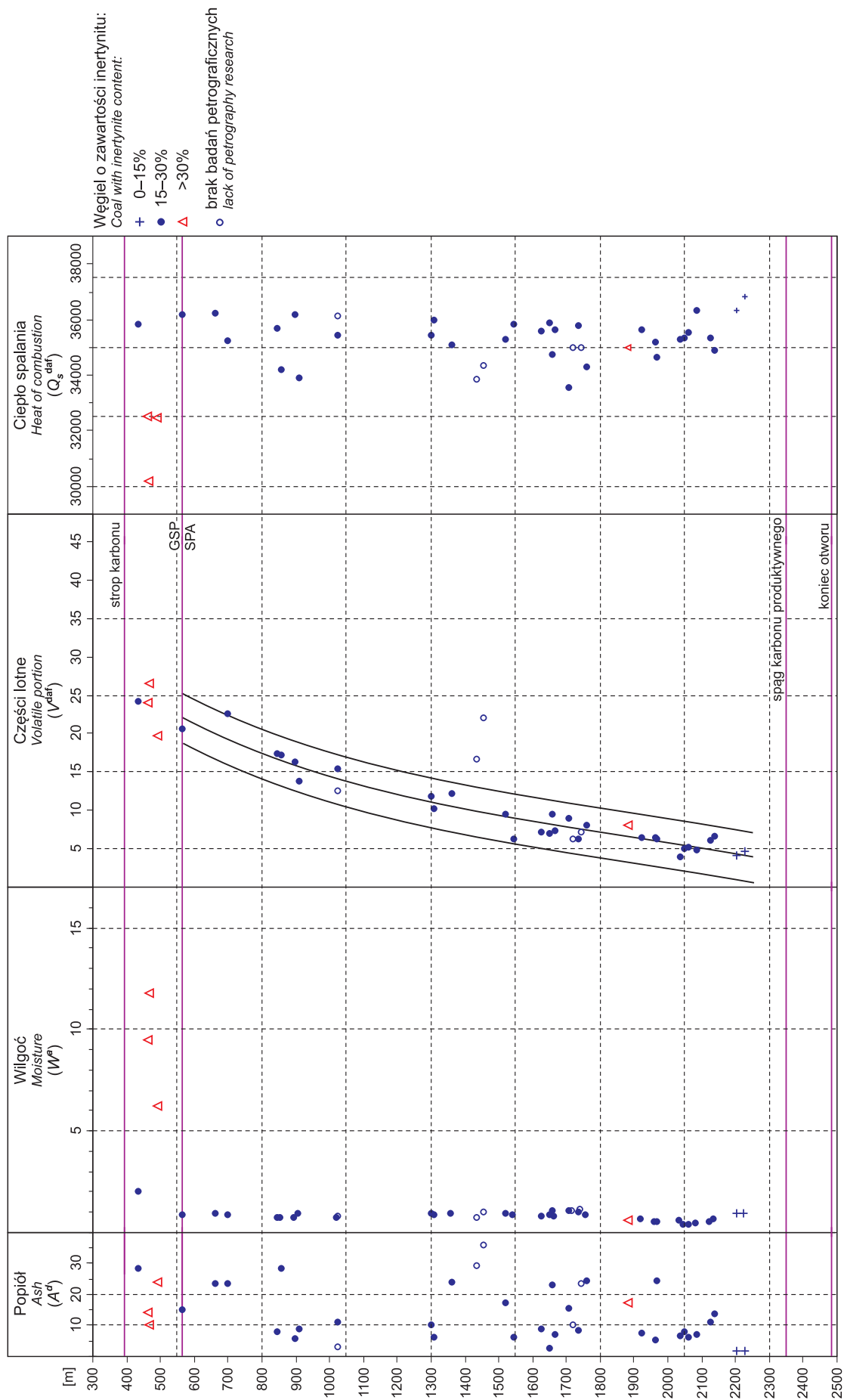


Fig. 17. Zmiany jakości węgla w profilu otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 – parametry techniczne

Changes of coal quality in the Ruptawa IG 1 borehole – technical parameters

Zestawienie wyników

Summary of coal

Lp.	Głęb. spągu pokładu Depth of base of coal bed [m]	Miaższość pokładu Coal bed thickness [m]	Wilgoć Moisture W ^a [%]	Wilgoć Moisture W ^{wz} [%]	Popiół Ash A ^a [%]	Popiół Ash A ^{wz} [%]	Części lotne Volatile portion V ^a [%]	Ciepło spalania Heat of combustion Q ^s [J/g]	Wartość opałowa Calorific value Q ⁱ [J/g]	Wolne wydymanie Swelling index S I	Spiekalność wg Rogi R I Sintering capacity	Kontrakcja Contraction a [%]	Dylatacja Dilatation b [%]
1	435,35	1,25	2,05	1,55	28,37	9,14	21,56	24924	24282	2,0	16	22	-
2	463,80	0,70	9,50	7,17	14,18	6,20	20,84	24826	24022	0,0	0	5	-
3	466,10	0,60	1,76	-	10,16	-	-	23567	22767	-	-	-	-
4	492,20	0,60	6,23	3,53	24,20	5,36	17,99	22843	21843	0,9	0	7	-
5	563,10	2,50	0,87	0,82	15,23	4,27	19,60	20373	29488	6,5	51	28	5
6	663,90	0,60	0,96	-	23,77	-	-	27283	26463	-	-	-	-
7	707,10	1,00	0,91	0,79	23,44	4,70	21,37	28668	25876	-	71	28	95
8	844,20	1,10	0,74	-	7,82	-	15,98	32647	31748	-	62	24	50
9	855,15	0,45	0,72	0,83	28,30	5,38	16,20	24258	23525	9,0	60	20	35
10	896,20	0,80	0,75	-	5,72	-	15,19	33842	32910	9,0	62	21	70
11	908,85	0,35	0,98	-	8,87	-	12,44	32352	31460	7,0	33	30	20
12	102,05	0,40	0,76	0,95	11,23	6,00	14,40	31191	30322	7,0	35	27	-16
13	102,15	0,20	0,82	-	2,94	-	12,01	34778	33861	6,0	16	-	-
14	130,90	0,30	0,93	-	10,06	-	10,54	31542	30719	1,0	9	-	-
15	130,40	0,15	0,86	-	6,03	-	9,50	33504	32643	0,0	0	-	-
16	1359,35	0,25	0,98	1,04	24,21	7,41	11,21	23017	25197	1,0	11	-	-
17	1436,30	0,10	0,77	2,00	29,20	7,58	15,10	23693	23957	0,0	0	-	-
18	1456,40	0,10	1,01	3,07	35,85	10,47	19,13	21682	21968	0,0	0	-	-
19	1521,75	0,15	0,94	1,25	17,15	3,73	8,95	28903	28156	0,0	0	-	-
20	1542,35	0,35	0,86	-	6,08	-	5,81	33359	32540	0,0	0	-	-
21	1626,40	0,80	0,83	-	8,92	-	6,48	32106	31313	0,0	0	-	-
22	1650,90	0,15	0,90	-	2,88	-	6,68	34548	33712	0,0	0	-	-
23	1659,40	0,35	1,11	1,27	23,26	6,27	8,73	26259	25586	0,0	0	-	-
24	1665,45	0,20	0,82	-	7,12	-	6,74	32802	32001	0,0	0	-	-
25	1708,90	0,20	1,09	14,78	15,56	5,56	8,39	29915	29164	0,0	0	-	-
26	1718,20	0,20	1,09	-	10,33	-	5,54	31007	30269	0,0	0	-	-
27	1736,90	0,30	0,99	-	8,33	-	5,62	32462	31681	0,0	0	-	-
28	1741,60	0,20	1,12	1,28	23,69	4,40	6,74	26301	25643	0,0	0	-	-
29	1758,35	0,90	0,91	1,40	24,62	4,99	7,55	25551	24903	0,0	0	-	-
30	1883,15	0,35	0,58	1,25	17,55	3,75	7,71	28648	27977	0,0	0	-	-
31	1920,75	0,35	0,68	-	7,69	-	5,84	32637	31872	0,0	0	-	-
32	1964,05	0,25	0,56	-	5,44	-	6,12	33064	32289	0,0	0	-	-
33	1968,90	0,20	0,57	1,34	24,25	3,31	6,06	26055	25439	0,0	0	-	-
34	2037,00	0,20	0,59	-	6,59	-	3,69	32758	32002	0,0	0	-	-
35	2046,80	0,40	0,42	-	7,83	-	4,58	32406	31676	0,0	0	-	-
36	2062,40	0,30	0,44	-	6,17	-	4,92	33190	32453	0,0	0	-	-
37	2086,00	0,20	0,49	-	7,18	-	4,44	33535	38812	0,0	0	-	-
38	2125,00	0,50	0,56	1,29	10,89	2,80	5,90	31272	30556	0,0	0	-	-
39	2136,85	0,25	0,66	1,36	13,87	4,58	6,31	29824	20138	0,0	0	-	-
40	2226,90	0,40	0,94	-	1,77	-	4,01	35332	34596	0,0	0	-	-
41	2204,75	0,25	0,94	-	1,63	-	4,60	35892	35127	0,0	0	-	-

Tabela 27

badań jakości węgla

quality research results

Typ węgla wg PN-68/G-97002 Coal type	Gęstość pozorną Apparent density D ^a [g/cm ³]	Wydajność półkoks Semi-coke yield [sK] ^a [%]	Wydajność smoły Pitch yield T ^s K [%]	Wydajność wody rozkładowej Destructive water yield W ^s sK [%]	Wydajność gazu + straty Gas yield + loss G ^s sK [%]	Siarka całkowita Total sulfur S ^t [%]	Siarka palna Combustible sulfur S ^c [%]	Siarka popiołowa Sulfur ash S ^a [%]	Siarka pirytowa Pyritic sulphur S ^p [%]	Węgiel Coal C ^t [%]	Wodór Hydrogen H ^t [%]	Tlen + azot Oxygen + nitrogen O + N ^d [%]
37,1	1,53	87,51	3,98	2,98	3,48	0,66	0,55	0,11	0,13	58,14	3,17	7,72
38	1,40	78,82	4,87	2,91	3,90	0,51	0,38	0,13	0,06	61,23	2,62	12,09
38	1,35	75,42	6,41	2,46	3,95	0,19	0,11	0,08	0,08	61,47	2,35	14,15
38	1,47	84,32	3,45	2,96	3,94	0,79	0,67	0,12	0,39	55,37	2,51	10,92
35,2B	1,39	87,67	5,23	2,49	3,74	0,45	0,34	0,11	0,25	72,75	3,96	6,85
-	1,44	86,60	6,47	3,48	3,49	0,64	0,53	0,11	0,22	65,20	3,65	5,89
35,2B	1,44	86,21	5,94	2,97	3,96	4,38	4,27	0,11	3,94	63,14	3,53	4,71
36	1,30	86,78	5,98	2,49	4,00	1,47	1,28	0,19	0,87	80,57	4,04	5,55
36	1,53	87,80	4,98	2,49	4,00	3,96	3,78	0,18	3,62	59,43	3,28	4,49
36	1,27	89,32	4,47	2,48	2,97	0,64	0,54	0,10	0,08	83,68	4,19	5,12
37,2	1,31	91,59	3,46	1,98	1,98	0,73	0,60	0,13	0,08	80,49	3,98	5,08
37,2	1,35	92,29	2,97	1,98	1,98	0,53	0,42	0,11	0,03	77,94	3,90	5,75
41	1,31	91,24	3,97	1,98	1,98	0,62	0,51	0,11	0,08	86,21	4,11	5,41
41	1,37	92,63	2,48	1,98	1,98	3,79	3,68	0,11	3,04	78,47	3,67	3,19
41	1,32	94,18	1,98	0,99	1,98	0,59	0,46	0,13	0,05	84,31	3,85	4,49
41	1,47	94,07	1,48	1,48	1,98	0,61	0,50	0,11	0,06	65,70	3,19	4,42
38	1,54	93,77	1,98	1,49	1,98	0,58	0,48	0,10	0,10	61,31	2,83	5,41
38	1,56	94,04	1,48	1,48	1,98	0,56	0,43	0,13	0,03	55,13	2,70	4,88
42	1,45	93,61	1,98	1,49	1,98	0,55	0,44	0,11	0,01	74,27	3,32	3,88
42	1,33	93,69	1,98	1,49	1,98	0,53	0,43	0,10	0,01	84,43	3,66	4,54
42	1,37	93,22	1,98	1,98	1,98	0,59	0,48	0,11	0,01	81,66	3,54	4,57
42	1,32	94,14	1,49	1,49	1,98	0,67	0,51	0,16	0,01	87,17	3,73	4,81
42	1,48	94,93	1,48	0,99	1,48	0,58	0,47	0,11	0,01	67,54	2,96	4,66
42	1,33	94,72	1,49	0,99	1,98	0,58	0,45	0,13	0,02	83,08	3,58	4,95
42	1,39	92,96	1,98	0,99	1,98	0,61	0,48	0,13	0,03	76,03	3,32	4,30
42	1,42	93,47	1,98	1,48	1,98	3,66	3,46	0,20	3,51	77,96	3,26	3,90
42	1,37	93,07	1,98	1,48	2,47	2,09	1,91	0,18	1,27	80,88	3,47	4,42
42	1,49	93,38	2,00	1,49	2,00	1,07	0,96	0,11	0,49	66,93	2,89	4,41
42	1,55	93,61	1,99	1,50	1,99	3,36	3,12	0,24	2,70	64,68	2,87	3,80
42	1,47	94,42	1,49	1,49	2,02	3,20	3,07	0,13	2,08	72,86	3,01	2,93
42	1,36	95,32	1,49	0,99	1,52	2,67	2,56	0,11	2,08	81,30	3,43	4,34
42	1,34	94,44	1,49	1,49	2,02	0,64	0,49	0,15	0,02	85,00	3,49	5,02
42	1,53	93,93	2,00	1,49	2,00	0,48	0,19	0,29	0,03	67,27	2,76	4,96
42	1,33	93,94	2,48	1,49	1,49	1,17	1,04	0,13	0,58	83,94	3,40	4,44
42	1,35	94,60	1,99	0,99	1,99	3,12	2,99	0,13	2,55	81,98	3,30	3,48
42	1,33	95,08	1,49	0,99	1,99	1,95	1,79	0,16	1,45	84,31	3,33	3,96
42	1,36	95,03	1,49	0,99	1,99	0,61	0,56	0,05	0,02	84,53	3,26	3,98
42	1,41	95,46	0,99	0,99	1,99	0,64	0,59	0,05	0,11	80,53	3,22	4,21
42	1,44	95,37	0,99	0,99	1,99	0,60	0,52	0,08	0,07	77,15	3,07	4,73
42	-	-	-	-	-	0,64	0,53	0,11	-	89,97	3,27	3,52
42	-	-	-	-	-	0,75	0,67	0,08	-	90,01	3,40	3,35

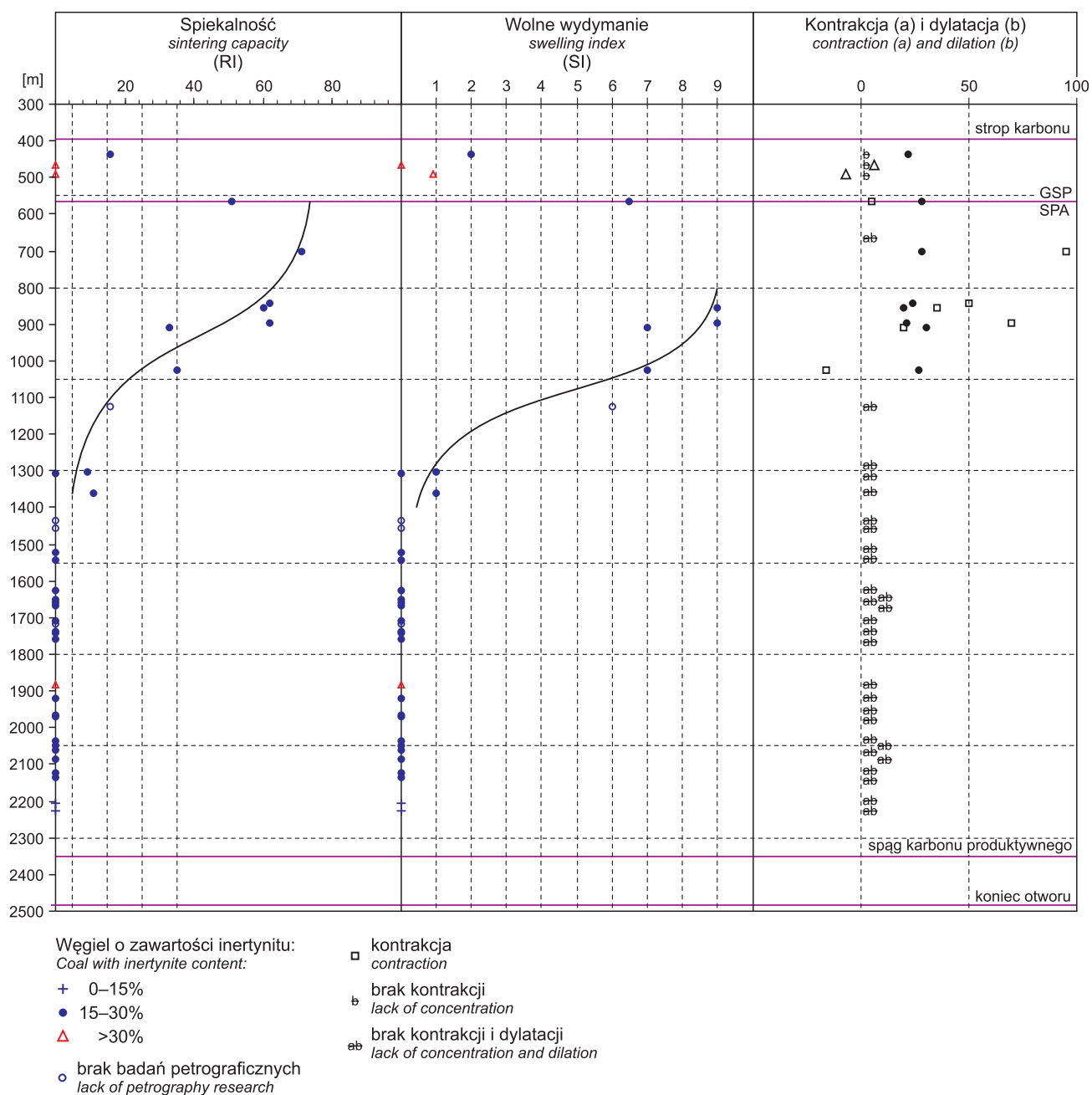


Fig. 18. Zmiany jakości węgla w profilu Ruptawa IG 1 – właściwości koksownicze

Changes of coal quality in the Ruptawa IG 1 borehole – coking properties

do wzrostu zawartość węgla C_t^{daf} wraz z głębokością, co potwierdza regułę o wzroście uwęglenia wraz z głębokością zalegania pokładów węgla w profilu litostratygraficz-

nym. Zawartość wodoru H_t^{daf} w badanym otworze mieści się w granicach 3,53–4,85%.

PODSUMOWANIE

- Głównym składnikiem w budowie petrograficznej węgla są macerały z grupy wityrnytu, a w niej kolinit zdecydowanie przeważa nad telinitem. Od głęb. ok. 1300 m (warstwy gruszowskie i pietrkowickie) kolinit wykazuje silną anizotropię.
- Macerały z grupy liptynitu na skutek silnego uwęglenia uległy prawdopodobnie procesowi wityrnyzacji przechodząc w wityrnyt i od głęb. ok. 1300 m są już nierozpoznawalne. Macerały z grupy inertynitu występują bardzo często, a w grupie tej dominuje fuzynit.

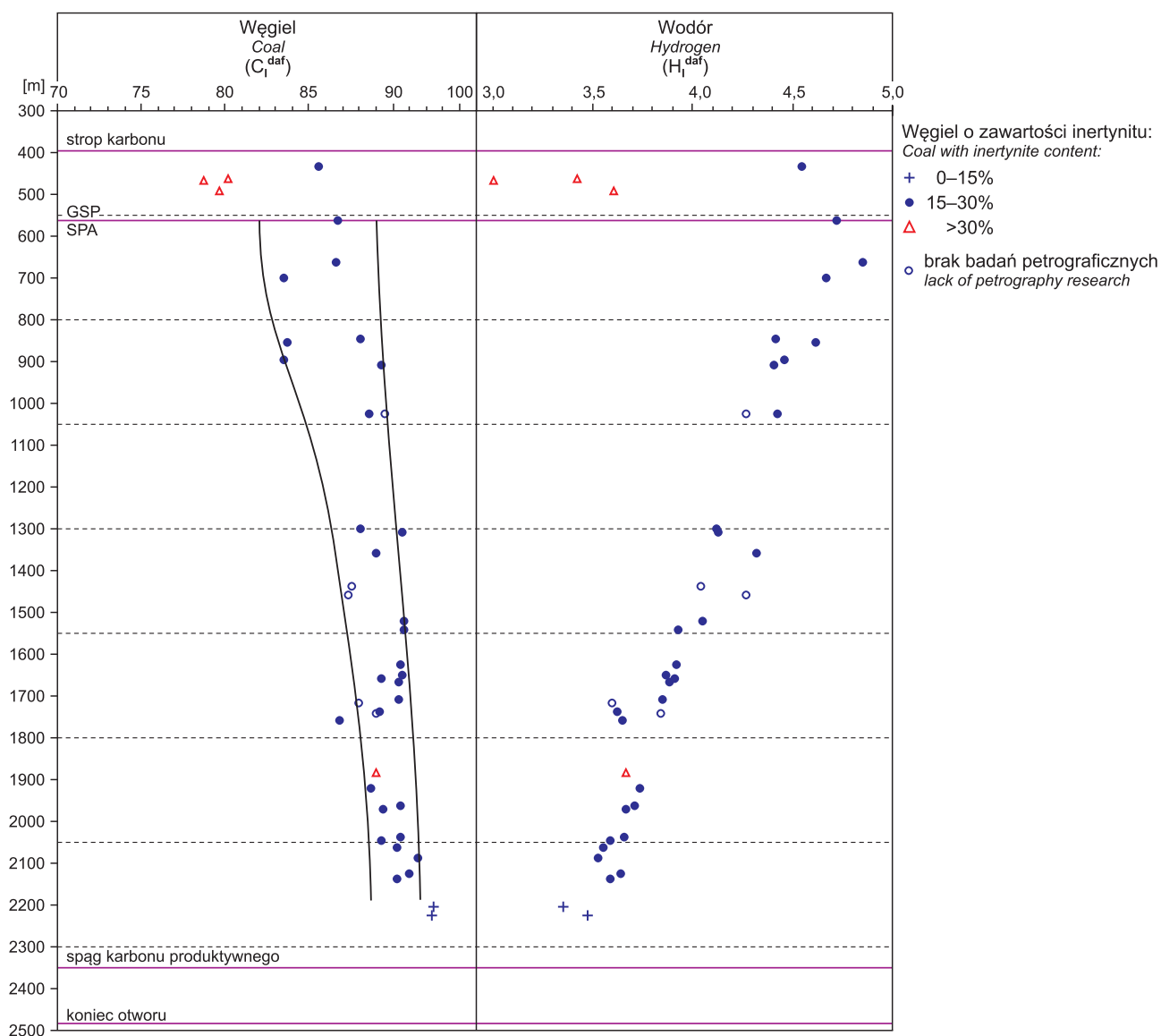


Fig. 19. Zmiany jakości węgla w profilu Ruptawa IG 1 – właściwości chemiczne

Changes of coal quality in the Ruptawa IG 1 borehole – chemical properties

- Najwyższą procentową zawartość spośród mikrolitotypów zajmuje wityryt, a następnie wityrynertyt. Przeważającym typem mikrofacjalnym jest typ wityrytowo-wityrynertytowy. Spośród oznaczanych czterech odmian karbominerytu najliczniej występuje karbargilit. Jako składnik substancji mineralnej dominuje ilowiec.
- Na podstawie wartości współczynnika zdolności odbicia światła R_o można przypuszczać, że węgiel z otworu Ruptawa IG 1 osiągnął II i III skok uwęglenia substancji organicznej.
- W profilu otworu występują następujące typy węgla: 35,2B (ortokoksowy), 36 (metakoksowy), 37,1 i 37,2 (węgiel semikoksowy), 38 (węgiel chudy), 41 (węgiel antracytowy) i 42 (antracyt). Do głęb. 1500 m występuje głównie węgiel koksowy, poniżej – antracyt.
- Zmiany podstawowych parametrów technologicznych, koksowniczych i chemicznych wrażliwych na zmiany stopnia metamorfizmu substancji organicznej, prześledzone w profilu Ruptawa IG, reprezentują wycinek ogólnych zmian uwęglenia powszechnie znanych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym.

Barbara PTAK

GEOCHEMIA WĘGLA

W rozdziale przedstawiono wyniki badań geochemicznych węgla z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1, wykonanych dla ilościowego udokumentowania zawartość w węglu pierwiastków podrzędnych i śladowych. Obecność szeregu spośród oznaczonych pierwiastków (takich jak: As, Be, F, Cr, Pb i inne) stanowi potencjalne zagrożenie dla środowiska naturalnego. Zawartość pierwiastków takich jak P czy

Cl powoduje trudności przy przetwórstwie węgla. Niektóre spośród oznaczonych pierwiastków mogą stanowić potencjalne źródło surowcowe. Celem tego rozdziału jest również przedstawienie korelacji geochemicznych, wskazujących na sposób powiązania pierwiastków w węglu, oraz określenie zmienności geochemicznych węgla w profilu otworu.

ZAKRES I METODY BADAŃ

Zakres badań geochemicznych węgla obejmuje pełną analizę popiołów węglowych tj. oznaczenie w nich zawartości pierwiastków głównych, podrzędnych i śladowych oraz oznaczenie bezpośrednio w węglu zawartości siarki, fosforu, chloru i fluoru.

Analizę chemiczną popiołów (uzyskanych w temperaturze 815°C), obejmującą 39 próbek węgla w zakresie zawartości pierwiastków głównych (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K i S oznaczonych jako tlenki) wykonano w Laboratorium Katowickiego Przedsiębiorstwa Geologicznego w Katowicach metodami klasycznymi (mokrymi). W laboratorium tym oznaczono również zawartość w węglu siarki (S_t , S_c , S_A i S_p) oraz chloru i fluoru.

W Oddziale Górnośląskim Państwowego Instytutu Geologicznego-PIB w Sosnowcu oznaczono w popiołach węglowych niskotemperaturowych (uzyskanych w 525°C dla uniknięcia strat łatwo lotnych pierwiastków) z 33 próbek węgla zawartość następujących pierwiastków: As, Ba, Br, Co, Cr, Ga, Ge, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sr, Th, Ti, U, V, Y, Zn i Zr (oznaczenia zawartości Mo i Ni należy traktować jako półilościowe wobec istnienia efektów instrumentalnych utrudniających oznaczenie), a bezpośrednio w węglu oznaczono zawartość fosforu. Wymienione oznaczenia wykonano metodą fluorescencji rentgenowskiej, na sekwencyjnym spektrometrze rentgenowskim (japońskim) typu KGX przy użyciu lampy rodowej i zastosowaniu następujących warunków pomiarowych: napięcie prądu lampy rentgenowskiej 50 kV, natężenie prądu 20 mA, kryształ analizujący LiF 200 sprzężony z licznikiem scyntylacyjnym – jedynie do oznaczenia zawartości fosforu stosowano kryształ Ge sprzężony z licznikiem proporcjonalnym przepływowym, czas zliczania intensywności linii analitycznych oraz tła: 3×20 s. Analizę wykonywano na podstawie linii analitycznych $K\alpha$ Jedyne do oznaczenia zawartości arsenu stosowano linię $K\beta$, zaś do oznaczenia zawartości toru i uranu stosowano linie $L\alpha$, ołowiu $L\beta$. Wykonywano korektę wzajemnych interferencji dla następujących pierwiastków: Ti/V, V/Cr, Sr/Zr. Dla oznaczanych pierwiastków (za wyjątkiem Ti, V, Cr, Mn i P, których linie analityczne są dłuższe niż krawędź absorpcji żelaza) stosowano korektę: intensywność linii analitycznej/ inten-

sywność tła (I_A/I_T). Jako wzorce do oznaczenia zawartości pierwiastków podrzędnych i śladowych stosowano wzorce syntetyczne przygotowane na bazie popiołów i węgla naturalnego. W Oddziale Górnośląskim PIB wykonano również oznaczenie zawartości w węglu wilgoci (metodą suszarkową) i popiołu (przez wielogodzinne spopielenie w temperaturze 525°C), dla umożliwienia wykonania przeliczeń zawartości pierwiastków oznaczonych w popiele niskotemperaturowym na zawartość ich w węglu.

Oznaczenie zawartości berylu w popiele węglowym wykonano w Laboratorium PIB-PIB w Warszawie metodą spektroskopii emisyjnej.

Wyniki analiz geochemicznych węgla z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 przedstawiono w siedmiu tabelach i na dwóch figurach (tab. 28–34, fig. 20, 21).

Tabela 28 zawiera wyniki analizy chemicznej 39 popiołów węgla w zakresie zawartości składników głównych. Tabela 29 zawiera wyniki oznaczeń zawartości pierwiastków podrzędnych i śladowych w 33 popiołach węgla. W tabeli 30 zamieszczono charakterystykę geochemiczną węgla tj. wyniki przedstawione uprzednio w tabelach 28 i 29 w przeliczeniu na zawartość w węglu (składniki podane w tabeli 28 w formie tlenkowej przeliczono na zawartość w węglu w formie pierwiastkowej np. SiO_2 na Si, pominięto zawartość SO_3 obciążoną wynikiem reakcji wtórnych zachodzących w czasie spopielenia). Przeliczenie zawartości poszczególnych pierwiastków w popiele na zawartość ich w węglu umożliwia wykonanie bilansu tych pierwiastków w złożu, porównanie zawartości pierwiastków oznaczonych w węglu i skałach niewęglowych, oraz służy do analizy wzajemnych powiązań oznaczonych pierwiastków w węglu. Tabela 30 zawiera również wyniki oznaczonych bezpośrednio w węglu zawartości siarki, fosforu, chloru oraz fluoru (w przeliczeniu na zawartość w węglu suchym). W tabelach 31–33 przedstawiono dane z tabel 28–30 w odniesieniu do ogniw litostratygraficznych karbonu z podaniem zakresów oraz średnich arytmetycznych zawartości poszczególnych składników: w tabeli 31 – w węglu z pokładów bilansowych i jego popiołów, w tabeli 32 – w popiołach całego przeanalizowanego węgla, w tabeli 33 – w całym przeanalizowanym węglu. W tabeli 34 zestawiono wartości współczynników

Tabela 28

Analiza popiołów z węgla

Analysis of coal ash

Lp.	Głęb. spągu pokładu [m] Depth of base of coal bed	Miaższość pokładu [m] Coal bed thickness	Uzysk rdzenia [%] Core yield	SiO ₂ [%]	Al ₂ O ₃ [%]	Fe ₂ O ₃ [%]	CaO [%]	MgO [%]	Na ₂ O [%]	K ₂ O [%]	SO ₃ [%]	Wilgoć [%] Moisture	Popiół (stan analityczny) [%] Ash (analytical condition)
1	435,35	1,25	72	53,79	32,37	3,53	0,82	1,32	0,63	7,24	0,31	2,50	28,37
2	463,80	0,70	57	48,08	20,51	5,94	9,96	1,94	2,78	2,32	9,61	9,50	14,18
3	466,10	0,60	100	16,20	9,45	12,30	30,65	4,58	6,16	0,70	18,32	11,76	10,16
4	492,20	0,60	100	52,10	29,10	5,45	3,89	1,36	1,50	3,53	3,10	6,23	24,20
5	563,10	2,50	100	55,02	25,78	11,58	1,15	2,05	1,00	3,18	0,39	0,87	15,23
6	663,90	0,60	100	54,25	25,94	9,56	3,51	1,88	0,45	3,46	1,01	0,96	23,77
7	707,10	1,00	40	44,65	24,15	24,35	1,51	0,82	0,56	3,36	0,56	0,91	23,44
8	844,20	1,10	27	34,70	24,71	23,24	8,24	1,76	0,40	1,92	4,58	0,74	7,82
9	855,15	0,45	100	47,17	22,84	21,01	2,08	1,67	0,56	3,00	1,39	0,72	28,30
10	896,20	0,80	100	40,50	28,51	16,54	5,12	2,47	1,50	2,06	3,31	0,75	5,72
11	908,85	0,35	100	52,04	25,61	12,14	2,95	2,29	0,70	2,70	1,65	0,98	8,87
12	1023,05	0,40	100	45,11	27,09	20,71	1,68	1,84	0,28	2,25	1,08	0,76	11,23
13	1025,15	0,20	100	22,00	19,09	34,71	8,64	6,16	1,20	0,98	8,97	0,82	2,94
14	1300,90	0,30	100	32,80	15,26	43,34	3,20	1,23	0,46	1,28	2,28	0,93	10,06
15	1308,40	0,15	100	48,07	37,43	8,02	1,57	1,44	0,67	1,58	1,13	0,86	6,03
16	1359,35	0,35	100	58,90	30,88	4,97	0,72	1,45	0,46	2,00	0,37	0,98	25,21
17	1436,30	0,10	100	53,37	23,49	17,66	0,68	1,91	0,49	1,78	0,54	0,77	29,20
18	1458,40	0,10	100	60,74	35,82	1,38	0,48	0,95	0,42	2,16	ślady	1,01	35,85
19	1521,75	0,15	100	54,56	31,54	6,76	1,60	1,54	0,45	3,51	0,17	0,94	17,15
20	1542,35	0,35	100	36,30	21,08	31,87	3,04	3,23	0,67	2,00	1,54	0,86	6,08
21	1626,40	0,80	12	47,07	29,73	7,17	5,73	2,67	1,37	2,62	3,60	0,83	8,92
22	1650,90	0,15	100	33,00	38,13	11,57	8,21	1,93	3,16	0,64	3,32	0,90	2,88
23	1659,40	0,35	100	56,10	31,88	4,32	0,72	1,57	1,12	4,00	0,21	1,11	23,26
24	1665,45	0,20	100	47,13	26,24	14,21	2,92	2,53	1,23	3,28	2,32	0,82	7,12
25	1708,90	0,20	100	57,01	31,32	5,38	1,04	1,76	0,52	2,50	0,43	1,09	14,78
26	1710,20	0,20	100	15,31	11,55	55,32	6,56	2,93	0,31	0,35	7,31	1,09	10,33
27	1736,90	0,30	100	26,93	31,08	24,22	9,61	2,36	0,42	0,50	4,49	0,99	8,33
28	1741,60	0,20	100	56,67	29,14	6,66	1,04	1,52	0,65	4,00	0,26	1,12	23,69
29	1758,35	0,90	100	48,42	19,70	20,30	3,02	1,78	0,40	2,06	3,28	0,91	24,62
30	1883,15	0,35	100	49,75	16,58	28,02	1,57	1,42	0,40	1,62	0,62	0,58	17,55
31	1920,75	0,35	100	30,11	18,08	42,12	3,28	1,80	1,20	1,23	2,30	0,68	7,69
32	1964,05	0,25	100	31,16	21,19	31,16	5,01	4,25	1,40	1,54	4,15	0,56	5,44
33	1968,90	0,20	100	32,95	19,92	28,58	7,68	3,86	1,12	1,41	5,39	0,57	24,25
34	2037,00	0,20	100	44,12	24,08	21,62	3,04	2,39	1,27	1,41	2,11	0,59	6,59
35	2046,80	0,40	100	25,16	19,62	49,23	1,65	1,39	0,67	0,82	1,59	0,42	7,83
36	2062,40	0,30	100	31,20	23,12	35,28	3,76	1,34	0,78	1,50	2,90	0,44	6,17
37	2086,00	0,20	100	53,04	28,89	6,66	5,68	1,27	1,08	1,98	1,42	0,49	7,18
38	2125,00	0,50	100	42,21	22,89	20,46	4,85	2,55	1,12	2,44	3,10	0,56	10,89
39	2136,85	0,25	100	56,02	26,39	7,71	2,64	1,90	0,95	3,04	1,51	0,66	13,87

Tabela 29

Analiza geochemiczna popiołów z węgla
Geochemical analysis of coal ash

Lp.	Depth of base of coal bed [m]	Miższa część pokład [m]	W ^m [%]	A ^a 525° [%]	A ^d 525° [%]	As [g/t]	Ba [g/t]	Be [g/t]	Br [g/t]	Co [g/t]	Cr [g/t]	Ga [g/t]	Ge [g/t]	Mn [g/t]	Mo [g/t]	Nb [g/t]	Ni [g/t]	Pb [g/t]	Rb [g/t]	Sr [g/t]	Th [g/t]	Ti [g/t]	U [g/t]	V [g/t]	Y [g/t]	Zn [g/t]	Zr [g/t]
1	1,25	124	1,53	28,76	29,20	20	960	5	5	115	160	70	0	100	0	26	190	240	430	240	0	10100	18	300	80	330	250
2	0,70	134	7,41	14,86	16,05	30	5300	5	28	80	120	50	0	360	10	11	175	520	115	2160	0	5000	15	130	115	1100	140
3	0,60	138	0,95	10,44	10,54	150	10250	20	80	115	30	35	20	560	16	0	345	2880	15	4400	63	1300	0	55	40	1150	0
4	0,60	155	4,44	20,91	21,88	40	2680	15	7	225	165	65	0	300	0	20	240	245	170	860	0	7600	0	200	95	520	200
5	2,50	197	0,54	15,26	15,34	20	1140	15	7	35	130	55	0	2340	0	22	110	220	170	300	6	8400	0	125	45	520	300
6	0,60	236	0,83	28,06	28,29	20	820	20	7	110	130	55	0	1360	0	19	190	310	200	440	15	5800	15	245	85	480	190
7	1,00	252	1,13	24,94	25,22	90	1040	25	5	20	150	55	0	1120	30	15	110	950	185	960	6	6000	10	260	65	910	110
8	1,10	299	0,76	8,60	8,66	160	7450	55	9	100	160	80	5	1000	10	20	275	380	105	1060	0	4900	15	375	160	320	110
9	0,45	306	0,57	28,64	28,80	125	1000	5	6	25	150	60	0	420	10	20	95	295	195	340	0	8400	20	225	65	260	240
10	0,80	320	0,75	5,87	5,91	20	1580	60	10	200	170	70	0	1780	16	20	315	495	110	2200	32	5900	15	415	170	720	140
11	0,35	339	0,65	10,18	10,25	0	960	30	10	80	135	65	0	1000	0	27	120	260	190	460	0	6900	10	235	85	580	180
12	0,40	413	0,66	12,04	12,12	20	920	35	9	160	200	80	0	3740	0	22	210	255	135	300	7	6500	23	445	140	290	160
13	0,20	417	0,70	3,51	3,53	20	1360	50	13	45	105	45	0	2400	10	10	180	270	65	1500	10	4000	0	170	105	410	70
14	0,30	579	1,14	9,73	9,84	230	1180	90	5	25	150	60	0	1080	10	27	105	1080	60	660	33	4400	0	195	65	420	200
15	0,15	588	0,81	6,35	6,40	20	900	85	50	250	205	110	0	460	10	16	450	290	55	1360	15	9600	0	195	100	1420	120
16	0,35	646	1,08	29,05	29,37	0	1100	50	0	60	215	85	5	340	0	38	140	230	280	220	35	8100	19	405	80	210	300
17	0,15	801	1,17	12,86	13,01	0	1740	110	6	320	270	155	40	600	0	80	370	980	180	1720	36	11000	10	710	195	510	860
18	0,35	823	1,02	7,96	8,04	20	1580	20	15	380	105	90	0	2520	26	26	500	220	90	440	28	3800	0	355	135	300	380
19	0,80	885	1,13	9,85	9,96	0	1600	65	15	235	160	110	10	780	0	46	405	475	210	1800	30	6000	17	280	155	490	390
20	0,35	919	1,15	23,23	23,50	0	1200	50	8	135	170	125	0	220	0	40	200	315	61	440	35	9700	17	340	125	1630	390
21	0,20	963	1,15	13,32	13,47	0	900	80	10	390	215	110	10	280	0	54	355	655	170	620	37	11100	11	460	215	660	700
22	0,30	993	1,12	8,62	8,72	90	1780	130	11	130	170	110	45	540	10	64	405	1720	35	3160	62	5400	0	435	140	2210	500
23	0,90	1010	1,35	21,55	21,84	100	1100	50	8	45	145	100	0	560	0	30	165	395	140	540	15	8900	10	225	50	180	360
24	0,35	1042	1,11	13,35	13,50	210	900	100	8	60	285	60	0	840	0	29	215	530	85	660	14	7300	12	585	110	580	520
25	0,35	1061	1,02	5,45	5,51	510	1500	70	13	70	150	70	0	500	0	38	445	660	40	580	16	6000	0	385	120	520	700
26	0,25	1087	1,30	6,23	6,31	20	1480	60	17	235	125	45	0	2740	18	15	490	275	75	560	22	4900	0	175	120	580	140
27	0,20	1090	1,13	26,66	16,85	0	1060	20	17	65	140	45	0	2040	10	13	165	185	100	440	16	5700	0	130	50	570	160
28	0,20	1135	1,45	6,43	6,52	50	1040	75	10	255	190	80	30	1000	10	30	460	150	90	300	46	6100	10	375	170	1500	470
29	0,40	1141	1,38	7,87	7,98	125	1300	130	19	80	150	65	20	580	10	24	290	920	40	1160	36	6600	10	285	140	470	320
30	0,30	1153	1,28	5,74	5,81	340	1700	150	9	85	250	100	90	520	0	100	365	1110	55	2200	42	8200	28	800	190	1030	1320
31	0,20	1169	1,12	5,36	5,42	0	2100	200	11	585	355	210	130	400	0	122	585	1130	90	6140	73	15000	10	785	260	1660	2900
32	0,50	1196	1,56	7,86	7,98	40	1440	25	12	70	160	60	0	1880	0	20	70	305	120	1520	12	8500	0	235	90	1080	270
33	0,25	1202	1,44	9,02	9,15	20	1420	135	12	425	195	105	45	580	0	48	425	600	160	1840	33	8400	10	445	165	1300	730

W^m – wilgoć stan analityczny; A^a – popiół stan analityczny; W^a – popiół stan suchy; W^m – moisture analytical condition; A^a – ash analytical condition; A^s – ash in dry condition

geochemicznych dotyczących substancji mineralnej węgla oraz obliczenia zawartości pirytu w węglu.

Na [figurze 20A, B](#) przedstawiono charakterystykę geo-

chemiczną przeanalizowanego węgla, a na [figurze 21](#) – wybrane zależności korelacyjne poszczególnych składników geochemicznych węgla.

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA WĘGLA

W profilu Ruptawa IG 1 utwory karbonu występują na głęb. 395,40–2485,00 m, w tym do:

- 563,10 m – warstwy siodłowe (górnosłaska seria piaskowcowa), z których przeanalizowano 5 próbek węgla;
- 995,20 m – warstwy porębskie (seria paraliczna) – 6 próbek węgla;
- 1136,60 m – warstwy jakłowieckie (seria paraliczna) – 2 próbki węgla;

- 1841,80 m – warstwy gruszowskie – 16 próbek węgla (zawartość pierwiastków podrzędnych i śladowych oraz fosforu oznaczono w 10 próbkach węgla z uwagi na brak dostatecznej ilości węgla z pozostałych próbek);
- 2351,55 m – warstwy pietrkowickie – 10 próbek węgla. Poniżej serii paralicznej zalegają praktycznie bezwęglowe warstwy malinowickie.

ANALIZA ZMIENNOŚCI I KORELACJI SKŁADNIKÓW GEOCHEMICZNYCH WĘGLA W PROFILU OTWORU WIERTNICZEGO

Skład i zmienność w profilu Ruptawa IG 1 karbomine-rytu i materii mineralnej przedstawiono w rozdziale dotyczącym charakterystyki petrograficznej węgla.

Zapopielenie węgla wynosi średnio 14,7%, dla węgla z warstw siodłowych – 19,5%, z warstw porębskich – 16,5%, z warstw jakłowieckich – 7,1%, z warstw gruszowskich – 19,6%, a z warstw pietrkowickich – 10,8%. W 6 próbkach węgla z pokładów bilansowych zapopielenie zmienia się od 5,8 do 29,0% i wynosi średnio 15,1%. Według klasyfikacji Judowicza (1978) popiół węglowy (ściślej – substancję mineralną węgla) można podzielić ze względu na genezę na 5 grup: popiół roślinny, popiół sorpcyjny, popiół konkrecyjny, popiół klastogeniczny (terygeniczny) i popiół infiltracyjny. Przy niskim zapopieleniu przeważa na ogół popiół roślinny i sorpcyjny (z dużym udziałem wapnia). Przy wyższym zapopieleniu główną masę stanowi popiół klastogeniczny o wysokiej zawartości krzemu i glinu, powiązanych przede wszystkim w minerałach ilastych.

W otworze wiertniczym Ruptawa IG 1 suma przeciętnych zawartości $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ w popiołach węgla z warstw siodłowych wynosi 68,4%, z warstw porębskich – 70,9%, z warstw jakłowieckich – 55,7%, z warstw gruszowskich – 73,4% i z warstw pietrkowickich – 61,6%.

Zawartość SiO_2 w badanych popiołach węglowych przyjmuje wartości od 15,3 do 60,7%, średnio 43,4%. W popiołach węgla z warstw siodłowych średnia zawartość SiO_2 wynosi 45,0%, w popiołach węgla z warstw porębskich – 45,6%, z warstw jakłowieckich – 33,6%, z warstw gruszowskich – 45,8% i z warstw pietrkowickich – 39,6%. W profilu brak większych różnicowań w zawartości SiO_2 w popiołach węglowych. Jedynie pojedyncze popioły o charakterze węglanowym lub pirytowym zawierają niskie koncentracje SiO_2 . Zależność Si_w/A jest zbliżona do prostoliniowej ([fig. 21](#)).

Zawartość Al_2O_3 w popiołach węglowych wynosi 9,4–38,1%, średnio 25,0%. W popiołach węgla z warstw siodłowych średnia zawartość Al_2O_3 wynosi 23,4%, z warstw po-

rębskich – 25,3%, z warstw jakłowieckich – 22,1%, z warstw gruszowskich – 27,6%, a z warstw pietrkowickich – 22,0%. Zależność Al_w/A jest zbliżona do prostoliniowej ([fig. 21](#)).

W celu scharakteryzowania substancji mineralnej węgla Judowicz (1978) wprowadził pojęcie modułu glino-krzemowego: $M = \text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$. Wartości M dla popiołów węgla z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 przedstawiono w [tabeli 34](#). Wahają się one od 0,33 do 1,16 i wynoszą średnio dla popiołów węgla z warstw siodłowych 0,53, z warstw porębskich – 0,57, z warstw jakłowieckich – 0,69, z warstw gruszowskich – 0,64, a z warstw pietrkowickich – 0,58. Są to wartości niskie, wskazujące na względne wzbogacenie w krzemionkę.

Wg Slansky (1985) dla węgla z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 wyliczono współczynniki: Si/Al , Al/Ti i Na/Al . ([tab. 34](#)). Według tej autorki stosunek Si/Al poza informacją dotyczącą proporcji w zawartości kwarcu i minerałów ilastych w węglu może dostarczyć informacji o charakterze minerałów ilastych. W pokładach, w których kaolinit jest głównym minerałem ilastym, wartości Si/Al są czasem niższe od 1, sugeruje to, że glin w tych próbkach może być częściowo obecny w innych formach niż krzemiany warstwowe, prawdopodobnie jako fosforany. W pokładach z wyższym stosunkiem Si/Al można oczekiwać, że substancja mineralna jest zbudowana z minerałów ilastych mieszano-pakietowych i smektytów lub jest bogatsza w kwarc. Slansky zwróciła uwagę na związek glinu z tytanem wynikający z powszechnej asocjacji tych pierwiastków w minerałach ilastych. Uważa się, że poziom koncentracji tytanu w skałach osadowych w dużym stopniu zależy od materiału źródłowego (kwaśne skały wulkaniczne generalnie zawierają mniej tytanu niż skały bazaltowe). W otworze wiertniczym Ruptawa IG 1 współczynnik Si/Al waha się od 0,76 do 2,65 (średnio 1,56) i wynosi średnio dla węgla z warstw siodłowych 1,70, z warstw porębskich – 1,60, z warstw jakłowieckich – 1,30, z warstw gruszowskich – 1,51 a z warstw pietrkowickich – 1,60.

Analiza geochemiczna węgla (zawartość

Geochemical analysis of coal ash

Lp.	Głęb. spągu pokładu Depth of base of coal bed [m]	Miaższość Thickness [m]	Si [%]	Al [%]	Fe [%]	Ca [%]	Mg [%]	Na [%]	K [%]	St [%]	Sc [%]	Sa [%]	Spir [%]	P [g/t]	Cl [g/t]	F [g/t]	As [g/t]	Ba- [g/t]
1	435,35	1,25	7,27	4,96	0,72	0,17	0,23	0,14	1,74	0,67	0,56	0,11	0,13	50	390	200	6,0	280
2	463,80	0,70	3,52	1,70	0,65	1,09	0,18	0,32	0,30	0,56	0,42	0,14	0,07	125	970	110	5,0	850
3	466,10	0,60	0,87	0,58	0,99	2,52	0,32	0,53	0,07	0,21	0,12	0,09	0,09	20	1580	60	16,0	1080
4	492,20	0,60	6,29	3,98	0,98	0,72	0,21	0,29	0,76	0,84	0,71	0,13	0,42	30	690	130	9,0	586
5	563,10	2,50	3,95	2,10	1,24	0,13	0,19	0,11	0,41	0,45	0,34	0,11	0,25	50	910	100	0,0	175
6	663,90	0,60	6,09	3,30	1,61	0,60	0,27	0,08	0,69	0,65	0,53	0,12	0,22	975	330	170	6,0	232
7	707,10	1,00	4,94	3,02	4,03	0,26	0,12	0,10	0,66	4,42	4,31	0,11	3,98	350	33	160	23,0	262
8	844,20	1,10	1,28	1,03	1,28	0,46	0,08	0,02	0,13	1,48	1,29	0,19	0,88	165	370	50	14,0	645
9	855,15	0,45	6,28	3,45	4,19	0,43	0,29	0,12	0,71	3,99	3,81	0,18	3,65	60	340	160	36,0	288
10	896,20	0,80	1,09	0,87	0,67	0,21	0,09	0,06	0,10	0,64	0,54	0,10	0,08	150	280	80	0,0	93
11	908,85	0,35	2,18	1,21	0,76	0,19	0,12	0,05	0,20	0,74	0,61	0,13	0,08	60	460	90	0,0	98
12	1023,05	0,40	2,39	1,62	1,64	0,14	0,13	0,02	0,21	0,53	0,42	0,11	0,03	60	380	90	0,0	111
13	1025,15	0,20	0,30	0,27	0,72	0,18	0,11	0,03	0,02	0,62	0,51	0,11	0,08	50	620	50	0,5	48
14	1300,90	0,30	1,56	0,82	3,08	0,23	0,08	0,03	0,11	3,82	3,71	0,11	3,07	405	460	110	23,0	116
15	1308,40	0,15	1,37	1,20	0,34	0,07	0,05	0,03	0,08	0,59	0,46	0,13	0,05	150	620	70	0,0	58
16	1359,35	0,35	7,01	4,16	0,89	0,13	0,22	0,09	0,42	0,61	0,50	0,11	0,06	45	480	170	0,0	323
17	1436,30	0,10	7,34	3,66	3,63	0,19	0,34	0,11	0,44	0,58	0,48	0,10	0,10	–	590	140	–	–
18	1458,40	0,10	10,28	6,48	0,40	0,12	0,21	0,11	0,65	0,56	0,43	0,13	0,03	25	420	230	–	–
19	1521,75	0,15	4,42	2,89	0,82	0,20	0,16	0,06	0,50	0,55	0,44	0,11	0,01	510	530	200	0,0	226
20	1542,35	0,35	1,04	0,68	1,37	0,13	0,12	0,03	0,10	0,53	0,43	0,10	0,01	110	750	80	0,0	127
21	1626,40	0,80	1,98	1,41	0,45	0,37	0,14	0,09	0,20	0,59	0,48	0,11	0,01	305	700	140	0,0	159
22	1650,90	0,15	0,45	0,59	0,24	0,17	0,03	0,07	0,02	0,67	0,51	0,16	0,01	–	670	110	–	–
23	1659,40	0,35	6,17	3,97	0,71	0,12	0,22	0,20	0,78	0,58	0,47	0,11	0,01	155	560	210	0,0	282
24	1665,45	0,20	1,58	1,00	0,71	0,15	0,11	0,07	0,20	0,58	0,45	0,13	0,02	–	580	90	–	–
25	1708,90	0,20	3,98	2,48	0,56	0,11	0,16	0,06	0,31	0,62	0,48	0,14	0,03	175	630	110	0,0	121
26	1710,20	0,20	0,75	0,64	4,04	0,49	0,18	0,02	0,03	3,70	3,50	0,20	3,55	–	590	50	–	–
27	1736,90	0,30	1,06	1,38	1,42	0,58	0,12	0,03	0,04	2,11	1,93	0,18	1,28	1025	1530	240	8,0	155
28	1741,60	0,20	6,35	3,69	1,12	0,18	0,22	0,11	0,80	1,08	0,97	0,11	0,50	–	690	140	–	–
29	1758,35	0,90	5,62	2,59	3,53	0,70	0,27	0,08	0,42	3,39	3,15	0,24	2,72	250	710	160	22,0	240
30	1883,15	0,35	4,11	1,55	3,46	0,20	0,15	0,05	0,24	3,22	3,09	0,13	2,09	215	620	130	28,0	121
31	1920,75	0,35	1,09	0,74	2,28	0,18	0,08	0,07	0,08	2,69	2,58	0,11	2,09	40	670	60	28,0	83
32	1964,05	0,25	0,80	0,61	1,19	0,20	0,14	0,06	0,07	0,64	0,49	0,15	0,02	70	720	60	0,0	93
33	1968,90	0,20	3,76	2,44	4,88	1,34	0,57	0,20	0,29	0,48	0,19	0,29	0,03	530	930	400	0,0	179
34	2037,00	0,20	1,37	0,84	1,00	0,14	0,10	0,06	0,08	1,17	1,04	0,13	0,58	40	780	80	3,0	68
35	2046,80	0,40	0,92	0,82	2,71	0,09	0,07	0,04	0,05	3,13	3,00	0,10	2,56	155	650	50	10,0	104
36	2062,40	0,30	0,90	0,76	1,53	0,17	0,05	0,04	0,08	1,96	1,80	0,16	1,46	165	690	60	20,0	99
37	2086,00	0,20	1,79	1,10	0,34	0,29	0,06	0,06	0,12	0,61	0,56	0,05	0,02	–	720	200	0,0	114
38	2125,00	0,50	2,16	1,33	1,57	0,38	0,17	0,09	0,22	0,64	0,59	0,05	0,11	235	710	100	3,0	115
39	2136,85	0,25	3,66	1,95	0,75	0,26	0,16	0,10	0,35	0,60	0,52	0,08	0,07	155	790	150	0,0	130

Tabela 30

pierwiastków w węglu suchym)

(element content in dry coal)

Be [g/t]	Br [g/t]	Co [g/t]	Cr [g/t]	Ga [g/t]	Ge [g/t]	Mn [g/t]	Mo [g/t]	Nb [g/t]	Ni [g/t]	Pb [g/t]	Rb [g/t]	Sr [g/t]	Th [g/t]	Ti [g/t]	U [g/t]	V [g/t]	Y [g/t]	Zn [g/t]	Zr [g/t]
0,0	0,0	33	47	20	0,0	29	0,0	6,0	55	70	125	70	0,0	2949	5,0	88	23	96	73
0,0	4,0	13	19	8	0,0	58	0,0	1,5	28	83	18	347	0,0	802	2,5	21	18	176	22
2,1	8,0	12	3	4	2,0	59	1,5	0,0	36	303	2	464	7,0	137	0,0	6	4	121	0
3,3	1,5	49	36	14	0,0	66	0,0	4,0	52	54	37	188	0,0	1663	0,0	44	21	114	44
2,3	1,0	5	20	8	0,0	359	0,0	3,5	17	34	26	46	1,0	1288	0,0	19	7	80	46
5,6	2,0	31	37	15	0,0	385	0,0	5,0	54	88	56	124	4,0	1641	4,0	69	24	136	54
6,3	1,0	5	38	14	0,0	282	7,0	4,0	28	240	47	242	1,5	1513	0,0	65	16	230	28
4,8	1,0	9	14	7	0,0	87	0,0	1,5	24	33	9	92	0,0	424	1,5	32	14	28	9
0,0	1,5	7	43	17	0,0	121	0,0	6,0	27	85	56	98	0,0	2419	6,0	65	19	75	69
3,5	0,5	12	10	4	0,0	105	1,0	1,0	19	29	6	130	2,0	349	1,0	24	10	42	8
3,1	1,0	8	14	7	0,0	102	0,0	2,5	12	27	19	47	0,0	707	0,0	24	9	59	18
4,2	1,0	19	24	10	0,0	453	0,0	2,5	25	31	16	36	1,0	788	2,5	54	17	35	19
1,8	0,5	2	4	2	0,0	85	0,0	0,5	6	10	2	53	0,5	141	0,0	6	4	14	25
8,9	0,5	2	15	6	0,0	106	0,0	2,5	10	106	6	65	3,0	433	0,0	19	6	41	20
5,4	0,5	16	13	7	0,0	29	0,0	1,0	29	18	4	87	1,0	614	0,0	12	6	91	8
14,7	0,0	18	63	25	1,5	100	0,0	11,0	41	67	82	65	10,0	2379	6,0	119	23	62	88
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14,3	1,0	42	35	20	5,0	78	0,0	10,0	48	127	23	224	5,0	1431	0,0	92	25	66	112
1,6	1,0	30	8	7	0,0	2	2,0	2,0	40	18	7	35	2,0	305	0,0	28	11	24	30
6,5	1,5	23	16	11	1,0	78	0,0	4,0	40	47	21	179	3,0	598	1,5	28	15	49	39
2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,8	2,0	32	40	29	0,0	52	0,0	9,0	47	74	61	103	8,0	2280	4,0	80	29	383	92
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,8	1,5	52	29	15	1,5	38	0,0	7,0	48	88	23	83	5,0	1495	1,5	62	29	89	94
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,3	1,0	11	15	9	4,0	47	0,0	5,0	35	150	3	275	5,0	471	0,0	38	12	193	44
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,9	1,5	10	32	22	0,0	122	0,0	6,0	36	86	30	118	3,0	1944	0,0	49	11	39	79
13,5	1,0	8	38	8	0,0	113	0,0	4,0	29	72	11	89	2,0	985	1,5	79	15	78	70
3,9	0,5	4	8	4	0,0	28	0,0	2,0	24	36	2	32	1,0	331	0,0	21	7	29	38
3,8	1,0	15	8	3	0,0	173	1,0	1,0	31	17	5	35	1,5	309	0,0	11	7	36	9
3,4	3,0	11	23	7	0,0	344	0,0	2,0	28	31	17	74	2,5	960	0,0	22	8	96	27
4,9	0,5	17	12	5	2,0	65	0,0	2,0	30	75	6	20	3,0	398	0,5	24	11	98	31
10,4	1,5	6	12	5	1,5	46	0,0	2,0	23	73	3	92	3,0	527	0,0	23	11	38	25
8,7	0,5	5	14	6	5,0	30	0,0	6,0	21	64	3	128	2,5	477	1,5	46	11	60	77
10,8	0,5	32	19	11	7,0	22	0,0	7,0	34	61	5	333	4,0	813	0,0	43	14	90	157
2,0	1,0	5	13	5	0,0	150	0,0	1,5	13	24	9	121	1,0	648	0,0	19	7	86	21
12,4	1,0	39	18	10	4,0	53	0,0	4,0	33	55	15	168	3,0	769	1,0	41	15	119	67

Charakterystyka geochemiczna węgla i popiołów węglowych

Geochemical characteristics of coal

Litostratygrafia Lithostratigraphy		Liczba próbek Quantity samples	A ^d ₈₁₅	Zawartość w popiele (A ₈₁₅) Content in ash (A ₈₁₅) [%]							Zawartość w węglu suchym Content in dry coal				
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	S _t [%]	S _p [%]	P [g/t]	Cl [g/t]	F [g/t]
Górnośląska seria piaskowcowa – warstwy siodłowe	min.	2	15,36	53,8	25,8	3,5	0,82	1,36	0,63	3,18	0,45	0,13	50	390	100
	max.		28,96	55,0	32,4	11,6	1,15	2,05	1,00	7,24	0,67	0,25	50	910	200
	śr.		22,16	54,4	29,1	7,6	0,98	1,70	0,82	5,21	0,56	0,19	50	650	150
Seria paraliczna – warstwy porębskie	min.	3	5,76	34,8	24,2	16,5	1,51	0,82	0,40	1,92	0,64	0,08	150	280	50
	max.		23,65	44,7	28,5	24,4	8,24	2,47	1,50	3,36	4,42	3,98	350	370	160
	śr.		12,43	40,0	25,8	21,4	4,96	1,68	0,82	2,45	2,18	1,65	222	327	97
Warstwy gruszowskie		1	8,99	47,1	29,7	7,2	5,73	2,67	1,31	2,62	0,59	0,01	305	700	140
Cały profil	min.	6	5,76	34,8	24,2	3,5	0,82	0,82	0,40	1,92	0,45	0,01	50	280	50
	max.		28,96	55,0	32,4	24,4	8,24	2,67	1,50	7,24	4,42	3,98	350	910	200
	śr.		15,10	46,0	27,5	14,4	3,76	1,85	0,90	3,40	1,38	0,89	178	497	122

Przy obliczeniu średnich arytmetycznych zawartości pierwiastków poniżej granicy oznaczalności traktowano jako równe granicy oznaczalności; A^d₈₁₅
The calculation of the medium arithmetic element content below the determination, adopted as equal the determination; A^d₈₁₅ – ash in dry obtained at

Charakterystyka geochemiczna popiołów

Geochemical characteristics of ash coal

Litostratygrafia Lithostratigraphy		Liczba próbek Quantity samples	Zawartość w popiele Content in ash (A ₈₁₅) [%]							
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	
Górnośląska seria piaskowcowa – warstwy siodłowe	min.	5	16,2	9,4	3,5	0,82	1,32	0,63	0,70	
	max.		55,0	32,4	12,3	30,65	4,58	6,16	7,24	
	śr.		45,0	23,4	7,8	9,24	2,25	2,41	3,39	
Seria paraliczna	warstwy porębskie	min.	6	34,8	22,8	9,6	1,51	0,82	0,40	1,92
		max.	54,2	28,5	24,4	8,24	2,47	1,50	3,46	
		śr.	45,6	25,3	17,8	3,90	1,82	0,70	2,75	
	warstwy jakłowieckie	min.	2	22,0	17,1	20,7	1,68	1,84	0,28	0,98
		max.	45,1	27,1	34,7	8,64	6,16	1,20	2,25	
		śr.	33,6	22,1	27,7	5,16	4,00	0,74	1,62	
	warstwy gruszowskie	min.	16	15,3	11,5	1,6	0,48	0,95	0,31	0,35
		max.	60,7	38,1	55,3	9,61	3,23	3,16	4,00	
		śr.	45,8	27,6	16,5	3,20	1,92	0,80	2,14	
	warstwy pietrkowickie	min.	10	25,2	16,6	6,7	1,57	1,27	0,40	0,82
		max.	56,0	28,9	49,2	7,68	4,20	1,47	3,04	
		śr.	39,6	22,0	27,1	3,92	2,22	1,01	1,70	
Cały profil	min.	39	15,3	9,4	1,6	0,48	0,82	0,28	0,35	
	max.	60,7	38,1	55,3	30,65	6,16	6,16	7,24		
	śr.	43,4	25,0	18,8	4,37	2,13	1,04	2,25		

Tabela 31

z pokładów bilansowych z ogniw litostratygraficznych karbonu

and coal ash of economic coal seams

Zawartość w popiele niskotemperaturowym Content in low-temperature ash (A ₅₂₅) [g/t]																					
As	Ba	Be	Br	Co	Cr	Ga	Ge	Mn	Mo	Nb	Ni	Pb	Rb	Sr	Th	Ti	U	V	Y	Zn	Zr
20	960	5	5	35	130	55	0	100	0	22	110	220	170	240	0	8400	0	125	45	330	250
20	1140	15	7	115	160	70	0	2340	0	26	190	240	430	300	6	10100	18	300	80	520	300
20	1050	10	6	75	145	62	0	1220	0	24	150	230	300	270	3	9250	9	212	62	425	275
20	1040	25	5	20	150	55	0	1000	10	15	110	380	105	960	0	4900	10	260	65	320	110
160	7450	60	10	200	170	80	5	1780	30	20	315	950	185	2200	32	6000	15	415	170	910	140
90	3357	47	8	107	160	68	2	1300	19	18	233	608	133	1407	13	5600	13	350	132	650	120
0	1600	65	15	235	160	110	10	780	0	46	405	475	210	1800	30	6000	17	280	155	490	390
0	960	5	5	35	130	55	0	100	0	15	110	220	105	240	0	4900	0	125	45	320	110
160	7450	65	15	235	170	110	10	2340	30	46	405	950	430	2200	32	10100	18	415	170	910	390
52	2295	38	8	118	155	73	2	1187	9	25	234	460	202	1093	12	6883	12	292	112	548	217

– popiół w stanie suchym uzyskany w temperaturze 815°C.
a temperature 815°C.

Tabela 32

z ogniw litostratygraficznych karbonu

in Carboniferous lithostratigraphical units

Liczba próbek Quantity samples	Zawartość w popiele niskotemperaturowym Content in low-temperature ash (A ₅₂₅) [g/t]																					
	As	Ba	Be	Br	Co	Cr	Ga	Ge	Mn	Mo	Nb	Ni	Pb	Rb	Sr	Th	Ti	U	V	Y	Zn	Zr
5	20	960	5	5	35	30	35	0	100	0	0	110	220	15	240	0	1300	0	55	40	330	0
	150	10250	20	80	225	165	70	20	2340	16	26	345	2880	430	4400	63	10100	18	300	215	1150	300
	52	4066	12	25	114	121	55	4	732	5	16	212	821	180	1592	14	6480	7	162	75	724	178
6	0	820	5	5	20	130	55	0	420	0	15	95	260	105	340	0	4900	10	225	65	260	110
	160	7450	60	10	200	170	80	5	1780	30	27	315	950	200	2200	32	8400	20	415	170	910	240
	69	2142	32	8	89	140	64	1	1113	11	20	184	448	164	910	9	6317	14	292	105	545	162
2	20	920	35	9	45	105	45	0	2400	0	10	180	255	65	300	7	4000	0	170	105	290	70
	20	1360	50	13	160	200	80	0	3740	10	22	210	270	135	1500	10	6500	23	445	140	410	160
	20	1140	12	11	102	152	62	0	3070	5	16	195	262	200	900	8	5250	12	308	122	350	115
10	0	900	20	0	25	105	60	0	220	0	16	105	320	55	220	15	3800	0	195	50	180	120
	230	1780	130	15	390	270	155	45	2520	26	80	500	1720	280	3160	62	11100	17	710	215	2210	860
	46	1308	74	8	197	180	106	11	738	6	42	310	636	128	1096	33	7800	8	360	126	803	420
10	0	900	20	8	60	125	45	0	400	0	13	70	185	40	300	12	4900	0	130	50	470	140
	510	2100	200	19	585	355	210	130	2740	18	122	585	1150	160	6140	73	15000	28	800	260	1660	2900
	132	1394	96	13	193	200	84	32	1108	5	44	351	686	86	1540	31	7670	8	420	142	929	753
33	0	820	5	0	20	30	35	0	100	0	0	70	185	15	220	0	1300	0	55	40	260	0
	510	10250	200	80	585	355	210	130	3740	30	122	585	2880	430	6140	73	15000	28	800	260	1660	2900
	75	1893	62	12	158	170	81	14	1059	6	33	278	623	128	1260	23	7136	9	333	119	755	419

Charakterystyka geochemiczna węgla
Geochemical characteristics of coal in

Litostratygrafia Lithostratigraphy		Liczba próbek Quantity samples	Zawartość w węglu suchym Content in dry coal [%]											Zawartość Content			
			A ₈₁₅	Si	Al	Fe	Ca	Mg	Na	K	S _t	S _c	S _A	S _p	P	Cl	F
Górnośląska seria piaskowcowa warstwy siodłowe	min.	5	11,51	0,87	0,53	0,65	0,13	0,18	0,11	0,07	0,21	0,34	0,09	0,07	20	390	60
	max.		28,96	7,28	1,96	1,24	2,52	0,32	0,53	1,74	0,84	0,71	0,14	0,42	125	1580	200
	śr.		19,47	4,38	2,66	0,92	0,92	0,22	0,28	0,66	0,55	0,43	0,12	0,19	55	908	120
Seria paraliczna	warstwy porębskie	min	5,76	1,09	0,87	0,67	0,19	0,08	0,02	0,10	0,64	0,53	0,10	0,06	60	280	80
		max	28,50	8,28	3,45	4,19	0,60	0,29	0,12	0,69	4,42	4,31	0,19	3,98	975	460	170
		śr.	16,46	3,64	2,15	2,09	0,36	0,16	0,07	0,42	1,99	1,85	0,14	1,48	293	352	90
	warstwy jakłowieckie	min	2,96	0,30	0,27	0,72	0,14	0,11	0,02	0,02	0,53	0,42	0,11	0,03	50	380	50
		max	11,31	2,39	1,62	1,64	0,18	0,13	0,03	0,21	0,62	0,51	0,11	0,08	60	620	90
		śr.	7,14	1,34	0,94	1,18	0,18	0,12	0,02	0,12	0,58	0,46	0,11	0,06	55	500	70
	warstwy gruszowskie	min	2,91	0,45	0,59	0,24	0,07	3,00	0,02	0,02	0,53	0,43	0,10	0,01	25	420	50
		max	36,21	10,28	6,48	4,04	0,70	0,34	0,20	0,80	3,82	3,71	0,24	3,55	1025	1350	240
		śr.	16,00	3,81	2,35	1,46	0,25	0,16	0,07	0,32	1,28	1,15	0,14	0,72	287	646	141
	warstwy pietzkowickie	min	5,47	0,80	0,61	0,34	0,09	0,05	0,04	0,05	0,48	0,19	0,05	0,02	40	620	50
		max	24,39	4,11	2,44	4,85	1,34	0,57	0,20	0,35	3,22	3,09	0,29	2,56	530	930	400
		śr.	10,80	2,06	1,21	1,97	0,32	0,16	0,08	0,16	1,51	1,39	0,13	0,90	178	728	129
Cały profil	min	39	2,91	0,30	0,58	0,24	0,07	0,03	0,02	0,02	0,21	0,19	0,05	0,01	20	280	50
	max		28,96	10,28	6,48	1,88	2,52	0,57	0,53	1,74	4,42	4,31	0,29	3,98	1025	1580	400
	śr.		14,73	3,28	2,00	1,60	0,37	0,17	0,10	0,33	1,32	1,17	0,13	0,78	209	648	124

Przy obliczaniu średnich arytmetycznych zawartości pierwiastków poniżej granicy oznaczalności w popiele traktowano je jako równe zero. Zawartość P During the calculation of the average arithmetic element content below the determination in ash, they are considered as zero. The content of P and

Stosunek Al/Ti w węglu z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 (tab. 34) jest niewysoki, podobnie jak w innych węglach górnośląskich. Jego wartość zmienia się od 14 do 42 i wynosi średnio dla węgla z warstw siodłowych 24, a z pozostałych warstw i dla całego profilu średnio 20. W węglach australijskich stosunek Al/Ti waha się od 10 do 624. Obserwuje się niemal wprost proporcjonalną zależność pomiędzy zawartością Al i Ti w węglu z otworu Ruptawa IG 1.

Następnym wskaźnikiem omawianym w pracy Slansky (1985) jest stosunek Na/Al, wskazujący na ewentualną obecność minerałów typu dawsonitu (NaAl/CO₃//OH/2) czy analcytu (NaAlSi₂O₆H₂O). W węglu z otworu Ruptawa IG 1 stosunek ten wynosi 0,012–0,914 (średnio 0,074) i jest raczej odzwierciedleniem zawartości w węglu chloru, z którym jest związany głównie sód. W zależności Na_w/Al_w jest brak korelacji.

Zawartość K₂O w popiołach węgla z otworu Ruptawa IG 1 wynosi 0,35–7,24% (średnio 2,25%). W popiołach węgla z warstw siodłowych średnia zawartość K₂O wynosi 3,39% (jedna próba wyróżnia się wyjątkowo wysoką zawartością K₂O – 7,2%), w popiołach węgla z warstw porębskich – 2,75%, z warstw jakłowieckich – 1,62%, z warstw gruszowskich – 2,14%, z warstw pietzkowickich – 1,70%. Zależność K_w/A jest zbliżona do prostoliniowej. Współczynnik Na/K dla omawianego węgla kształtuje się w gra-

nicach 0,08–7,57 (średnio 0,68). Podobnie jak w przypadku wskaźnika Na/Al, wskaźnik Na/K odzwierciedla głównie zmienność w profilu chloru, z którym jest związany przede wszystkim sód. Najwyższe wartości wskaźnika Na/K dotyczą węgla o najwyższej zawartości sodu w popiele i chloru w węglu. Uważa się, że głównym źródłem potasu są skałki i miki. Potas w węglu może być związany w minerałach ilastych takich jak illit, minerały mieszano-pakietowe i smektyt (Slansky, 1985).

Zawartość Fe₂O₃ w popiołach węgla w otworze Ruptawa IG 1 wynosi 1,6–55,3% (średnio 18,8%). W popiołach węgla z warstw siodłowych średnia zawartość Fe₂O₃ wynosi 7,8%, z warstw porębskich – 17,8%, z warstw jakłowieckich – 27,7%, z warstw gruszowskich – 16,5%, a z warstw pietzkowickich – 27,1%. Zależności Fe_w/A i Fe₂O_{3A}/A przedstawiają bardzo duży rozrzut wyników. W relacji Fe_w/S_t obserwuje się zależność wprost proporcjonalną dla węgla, w których żelazo jest związane w formie siarczkowej.

Dla wszystkich przeanalizowanych próbek wykonano odpowiednie przeliczenia stechiometryczne, a wyniki zamieszczono w tabeli 34. Na podstawie znajomości zawartości siarki pirytovej obliczono zawartość pirytu, żelaza związanego w formie siarczkowej (Fe_p) oraz stosunki Fe_p/Fe_t i S_p/S_t. Zawartość pirytu wykazuje bardzo dużą zmienność i wynosi 0,02– do 7,44 % (średnio 1,46%). Zawartość

Tabela 33

z ogniw litostratygraficznych karbonu

Carboniferous lithostratigraphical units

w węglu suchym in dry coal [g/t]																					
As	Ba	Be	Br	Co	Cr	Ga	Ge	Mn	Mo	Nb	Ni	Pb	Rb	Sr	Th	Ti	U	V	Y	Zn	Zr
0,0	175	0,0	0,0	5	3	4	0,0	29	0,0	0,0	17	34	2	46	0,0	137	0,0	6	4	80	0
16,0	1080	3,3	8,0	49	47	20	2,0	359	1,5	6,0	55	303	125	464	7,0	2949	5,0	88	23	176	73
7,2	594	1,5	2,9	22	25	11	0,4	114	0,3	3,0	38	109	42	223	1,6	1368	1,5	36	15	117	37
0,0	93	0,0	0,5	5	10	4	0,0	87	0,0	1,0	12	27	6	47	0,0	349	0,0	24	9	42	8
36,0	645	6,3	2,0	31	43	17	0,0	385	7,0	6,0	54	240	56	242	4,0	2419	6,0	69	24	230	69
13,2	270	3,9	1,2	12	26	13	0,0	180	1,3	3,3	27	84	32	122	1,2	1176	2,1	46	15	95	31
0,0	48	1,8	0,5	2	4	2	0,0	85	0,0	0,5	6	10	2	36	0,5	141	0,0	6	4	14	19
0,5	111	4,2	1,0	19	24	10	0,0	453	0,0	2,5	25	31	16	52	1,0	788	2,5	54	17	35	25
0,2	80	3,0	0,8	10	14	6	0,0	269	0,0	1,5	16	20	9	44	0,8	464	1,2	30	10	24	22
0,0	58	2,3	0,0	2	8	6	0,0	29	0,0	1,0	10	18	3	35	1,0	305	0,0	12	6	24	8
23,0	323	14,7	2,0	52	63	29	5,0	203	2,0	11,0	48	150	82	275	10,0	2379	0,0	119	29	383	112
5,3	181	9,0	1,0	24	27	15	1,2	85	0,2	5,8	37	78	26	123	4,5	1195	1,3	53	17	104	61
0,0	68	3,4	0,5	4	8	3	0,0	22	0,0	1,0	13	17	2	32	1,0	309	0,0	11	7	29	9
28,0	179	13,5	3,0	39	38	11	7,0	344	1,0	7,0	34	75	17	333	4,0	985	1,5	79	15	119	157
9,2	111	7,4	1,0	14	16	6	2,0	102	0,1	3,2	27	51	8	109	2,4	625	0,4	33	11	73	52
0,0	48	0,0	0,0	2	3	2	0,0	22	0,0	0,0	6	10	2	32	0,0	137	0,0	6	1	14	0
36,0	1080	14,7	8,0	52	63	29	7,0	453	7,0	11,0	55	303	82	464	10,0	2949	6,0	219	29	383	157
7,9	232	6,2	1,3	18	22	10	1,0	123	0,4	3,8	31	72	23	129	2,6	1001	1,2	42	14	90	47

oraz pierwiastków od As do Zr oznaczono w 10 próbkach węgla z warstw gruszowskich; w sumie z całego profilu w 33 próbkach węgla. elements As–Zr was determined in 10 coal samples from Hrušov Beds; in total of the entire section in 33 coal samples.

powyżej 1% stwierdzono w 12 próbkach (30,8% ogółu przebadanych próbek). Bardzo niską zawartość pirytu stwierdzono w węglu występującym na głęb. 1458,40–1708,0 m. Stosunek Fe_p/Fe_t wynosi średnio 0,28, wskazując na powiązanie znacznej części żelaza w formie niesiarczkowej, prawdopodobnie syderytowej. Podobnie stosunek S_p/S_t wynosi 0,01–0,96 (średnio 0,33%). Znaczna część siarki nie jest związana w formie pirytowej.

Zawartość CaO w badanym węglu wynosi 0,48–30,65% (średnio 4,37%). Średnia zawartość CaO w popiołach węgla z warstw siodłowych wynosi 9,24% (wysoka zawartość CaO występuje jedynie w dwóch próbkach i wynosi 30,6% oraz 9,7%), w popiołach węgla z warstw z warstw porębskich średnia zawartość CaO wynosi 3,9%, z warstw jakłowieckich – 5,2%, z warstw gruszowskich – 3,2%, z warstw pietrkowickich – 3,9%. W zależności Ca_w/A nie ma korelacji, w zależności Ca_{O_A}/A rysuje się tendencja do korelacji ujemnej (fig. 21).

Zawartość MgO w popiołach węgla z otworu wynosi 0,82–6,16% (średnio 2,13%) dla popiołów z warstw siodłowych średnia zawartość MgO wynosi 2,25%, z warstw z warstw nie porębskich – 1,82%, z warstw jakłowieckich – 4,00%, z warstw gruszowskich – 1,92%, z warstw pietrkowickich – 2,22%. Zależności Mg_w/A oraz Mg_{O_A}/A przedstawiają dość duży rozrzut wyników. Stosunek $CaO/$

MgO do zawartości średnich wynosi: dla popiołów węgla z warstw siodłowych 4,10, dla popiołów węgla z warstw porębskich – 2,14, z warstw jakłowieckich – 1,29, z warstw gruszowskich – 1,67, z warstw pietrkowickich – 1,77.

Dla poszczególnych popiołów węglowych wyliczono wg Judowicza (1978) wartości modułu K (tab. 34):

- z warstw siodłowych – 0,006;
- z warstw porębskich – 0,57;
- z warstw jakłowieckich – 0,555;
- z warstw gruszowskich – 0,41;
- z warstw pietrkowickich – 0,55.

Powyższe dane wskazują na względnie wysoki udział żelaza w stosunku do wapnia i magnezu w popiołach węgla z serii paralicznej.

Zawartość Na_2O w popiołach przebadanego węgla wynosi 0,28–6,16% (średnio 1,04%); w popiołach węgla z warstw siodłowych średnia zawartość Na_2O wynosi 2,41%, w popiołach węgla z warstw porębskich – 0,70%, z warstw jakłowieckich – 0,74%, z warstw gruszowskich – 0,80%, z warstw pietrkowickich – 1,00%. Obserwuje się co prawda względne podwyższenie zawartości Na_2O w dwóch próbkach węgla z górnej części profilu o podwyższonej również zawartości chloru, nie ma jednak wyraźnej strefowości zaobserwowanej w węglu z innych przebadanych otworów wiertniczych, związanej z zawartością chlo-

Tabela 34

Współczynniki geochemiczne substancji mineralnej węgla
Geochemical coefficient of coal mineral substance

Lp.	Pokład węgla Coal bed		Współczynnik wg Judowicza Judowicz coefficient		Współczynnik wg Slansky Slansky coefficient				Na/Cl	Obliczenia zawartości pirytu Zawartość w węglu suchym Pyrite content in dry coale [%]					S _p /S _t	
	Głęb. spągu Depth of base [m]	Miaższność Thickness [m]	M ¹	K ²	Si/Al	Al/Ti	Na/K	Na/Al		S _t	S _p	piryt	Fe _p	Fe _t		Fe _p /Fe _t
1	435,35	1,25	0,60	-0,24	1,47	17	0,08	0,028	3,59	0,67	0,13	0,24	0,11	0,72	0,15	0,19
2	463,80	0,70	0,43	0,32	2,07	21	1,07	0,188	3,30	0,56	0,07	0,13	0,06	0,65	0,09	0,12
3	466,10	0,60	0,58	0,48	1,50	42	7,57	0,914	3,35	0,21	0,09	0,17	0,08	0,99	0,08	0,43
4	492,20	0,60	0,56	-0,02	1,58	24	0,38	0,073	4,20	0,84	0,42	0,79	0,36	0,98	0,37	0,50
5	563,10	2,50	0,47	-0,57	1,88	16	0,27	0,052	1,21	0,45	0,25	0,47	0,22	1,24	0,18	0,56
6	663,90	0,60	0,48	-0,72	1,85	20	0,12	0,024	2,42	0,65	0,22	0,41	0,19	1,61	0,12	0,34
7	707,10	1,00	0,54	-0,83	1,64	20	0,15	0,033	3,43	4,42	3,98	7,44	3,42	4,03	0,85	0,90
8	844,20	1,10	0,71	-0,40	1,24	24	0,15	0,019	0,54	1,48	0,88	1,65	0,76	1,28	0,59	0,59
9	855,15	0,45	0,48	-0,70	1,82	14	0,17	0,035	3,53	3,99	3,65	6,83	3,14	4,19	0,75	0,91
10	896,20	0,80	0,70	-0,37	1,25	25	0,60	0,069	2,14	0,64	0,08	0,15	0,07	0,67	0,10	0,12
11	908,85	0,35	0,49	-0,40	1,80	17	0,25	0,041	1,09	0,74	0,08	0,15	0,07	0,76	0,09	0,11
12	1023,05	0,40	0,60	-0,71	1,48	21	0,10	0,012	0,53	0,53	0,03	0,06	0,03	1,64	0,02	0,06
13	1025,15	0,20	0,78	-0,40	1,11	19	1,50	0,111	0,48	0,62	0,08	0,15	0,07	0,72	0,10	0,13
14	1300,90	0,30	0,47	-0,81	1,90	19	0,27	0,037	0,65	3,82	3,07	5,74	2,64	3,08	0,86	0,80
15	1308,40	0,15	0,78	-0,45	1,14	20	0,38	0,025	0,48	0,59	0,05	0,09	0,04	0,34	0,12	0,08
16	1359,35	0,35	0,52	-0,39	1,69	17	0,21	0,022	1,88	0,61	0,06	0,11	0,05	0,89	0,06	0,10
17	1436,30	0,10	0,44	-0,73	2,01	-	0,25	0,030	1,86	0,58	0,10	0,19	0,09	3,63	0,02	0,17
18	1458,40	0,10	0,56	-0,05	1,59	-	0,17	0,017	2,62	0,56	0,03	0,06	0,03	0,40	0,08	0,05
19	1521,75	0,15	0,58	-0,37	1,53	20	0,12	0,021	1,13	0,55	0,01	0,02	0,01	0,82	0,01	0,02
20	1542,35	0,35	0,58	-0,67	1,53	22	0,30	0,044	0,40	0,53	0,01	0,02	0,01	1,37	0,01	0,02
21	1626,40	0,80	0,63	0,08	1,40	24	0,45	0,064	1,29	0,59	0,01	0,02	0,01	0,45	0,02	0,02
22	1650,90	0,15	1,16	-0,07	0,76	-	3,50	0,119	1,04	0,67	0,01	0,02	0,01	0,24	0,04	0,01
23	1659,40	0,35	0,57	-0,31	1,55	17	0,26	0,050	3,57	0,58	0,01	0,02	0,01	0,71	0,01	0,02
24	1665,45	0,20	0,56	-0,44	1,58	-	0,35	0,070	1,21	0,58	0,02	0,04	0,02	0,71	0,03	0,03
25	1708,90	0,20	0,55	-0,32	1,60	17	0,19	0,024	0,95	0,62	0,03	0,06	0,03	0,56	0,05	0,05
26	1710,20	0,20	0,75	-0,71	1,17	-	0,67	0,031	0,34	3,70	3,55	6,64	3,05	4,04	0,75	0,96
27	1736,90	0,30	1,15	-0,34	0,77	29	0,75	0,022	0,22	2,11	1,28	2,39	1,10	1,42	0,77	0,61
28	1741,60	0,20	0,51	-0,44	1,72	-	0,14	0,030	1,59	1,08	0,50	0,94	0,43	1,12	0,38	0,46
29	1758,35	0,90	0,41	-0,56	2,16	13	0,19	0,031	1,13	3,39	2,72	5,09	2,34	3,53	0,66	0,80
30	1883,15	0,35	0,33	-0,81	2,65	16	0,21	0,032	0,81	3,22	2,09	3,91	1,80	3,46	0,52	0,65
31	1920,75	0,20	0,60	-0,78	1,47	22	0,88	0,095	1,04	2,69	2,09	3,91	1,80	2,28	0,79	0,78
32	1964,05	0,25	0,68	-0,54	1,31	20	0,86	0,098	0,83	0,64	0,02	0,04	0,02	1,19	0,02	0,03
33	1968,90	0,20	0,57	-0,42	1,54	25	0,69	0,082	2,15	0,48	0,03	0,06	0,03	4,88	0,01	0,06
34	2037,00	0,20	0,55	-0,60	1,63	21	0,75	0,071	0,77	1,17	0,58	1,08	0,50	1,00	0,05	0,50
35	2046,80	0,40	0,78	-0,88	1,12	16	0,80	0,049	0,58	3,13	2,56	4,79	2,20	2,71	0,81	0,82
36	2062,40	0,30	0,74	-0,75	1,18	16	0,50	0,053	0,52	1,96	1,46	2,73	1,26	1,53	0,82	0,74
37	2086,00	0,20	0,54	0,02	1,63	14	0,50	0,055	0,83	0,61	0,02	0,04	0,02	0,34	0,06	0,03
38	2125,00	0,50	0,54	-0,47	1,62	20	0,41	0,068	1,27	0,64	0,11	0,21	0,10	1,57	0,06	0,17
39	2136,85	0,25	0,47	-0,26	1,88	25	0,29	0,051	1,27	0,50	0,07	0,13	0,06	0,75	0,08	0,12

 $^1 M = Al_2O_3/SiO_2; ^2 K = ((CaO + MgO) - Fe_2O_3) / ((CaO + MgO) + Fe_2O_3)$

ru (Różkowska, 1997). Zależności Na_w/A , Na_2O_A/A jak również Na_w/Cl (fig. 21) przedstawiają duży rozrzut wyników. Jak wspomniano przy omawianiu zawartości glinu w popiołach węglowych, nie ma korelacji w stosunku Al_w/Na_w .

Zawartość chloru (Cl^d) w przebadanym węglu jest niewysoka i wynosi 280–1580 g/t (średnio 648 g/t). W węglu z warstw siodłowych średnia zawartość chloru wynosi 988 g/t, z warstw porębskich – 352 g/t, z warstw jakłowieckich – 500 g/t, z warstw gruszowskich – 646 g/t, z warstw pietrkowickich – 728 g/t. Jak wspomniano, brak tu wyraźnej strefowości w zawartości chloru zaobserwowanej w węglu z innych przebadanych otworów wiertniczych. Zawartość chloru powyżej 1000 g/t występuje jedynie w dwóch węglach (1580 g/t i 1350 g/t). Względnie niska zawartość chloru w węglu z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 jest zapewne związana z wysokim stopniem metamorfizmu tego węgla; poniżej głęb. 1300 m występują antracyty. Zawartość pierwiastka C (C^{daf}) jest wysoka w węglu z całego profilu, w węglu z warstw siodłowych wynosi średnio 81,4%, z warstw porębskich – 86,8%, z warstw jakłowieckich – 89,1%, z warstw gruszowskich – 89,2%, z warstw pietrkowickich – 90,0% (z całego profilu 88,1%).

Podobnie jak niska jest zawartość chloru, niska jest również zawartość chlorków w wyciągach wodnych z piaskowców. Wynoszą one średnio dla 18 próbek z warstw siodłowych 584 g/t, dla 39 próbek z warstw porębskich – 385 g/t, dla 11 próbek z warstw jakłowieckich – 438 g/t, dla 40 próbek z warstw gruszowskich – 586 g/t, dla 33 próbek z warstw pietrkowickich – 721 g/t (średnia dla 141 próbek 550), przy czym zawartość powyżej 100 mg Cl/100 g skały (1000 g/t) występują jedynie w kilku przypadkach. Nie ma zależności zawartość chloru w węglu z zapozieleniem węgla.

Zawartość fluoru (F^d) wynosi 50–400 g/t (średnio 124 g/t). W węglu z warstw siodłowych zawartość fluoru wynosi 120 g/t, z warstw porębskich – 90 g/t, z warstw jakłowieckich – 70 g/t, z warstw gruszowskich – 141 g/t, z warstw pietrkowickich – 129 g/t. Najwyższą zawartość fluoru (400 g/t) stwierdzono w próbce z głęb. 1968,9 m. Zawiera ona podwyższoną w stosunku do średniej zawartość fosforu (530 g/t) oraz CaO (w popiele 7,7%), co wskazuje na nieorganiczne powiązanie fluoru w węglu. Zależność F_w/A przedstawia dość duży rozrzut wyników.

Zawartość siarki całkowitej (S_t^d) w przebadanym węglu wynosi 0,21–4,42%, średnio 1,32%. W węglu z warstw siodłowych średnia zawartość siarki całkowitej wynosi 0,55%, z warstw porębskich – 1,99%, z warstw jakłowieckich – 0,58%, z warstw gruszowskich – 1,28%, z warstw pietrkowickich – 1,51%. Nie ma związku zawartość siarki w węglu z zapozieleniem. Związek siarki z zawartością żelaza przedstawiono na figurze 21 i omówiono przy przedstawianiu zawartości Fe_2O_3 w popiołach węglowych. Zwrócono uwagę, że stosunek S_p/S_t wynosi średnio 0,33%, co wskazuje, że znaczna część siarki nie jest związana w formie pirytovej. W badaniach przejawów mineralizacji szczelin w otworze wiertniczym Ruptawa IG 1 S. Wołkowicz (ten tom) stwierdził m.in. występowanie anhydrytu, ale sporadyczne. Natomiast w wyciągach wodnych piaskowców obserwuje się wzrost koncentracji jonu SO_4^{2-} po-

niżej głęb. 1264 m. Do tej głębokości średnia zawartość jonu SO_4^{2-} wynosi 9,8 mg/100 g skały, poniżej – 75,6 mg/100 g skały (średnia koncentracja jonu SO_4^{2-} dla wyciągów wodnych z piaskowców z całego profilu wynosi 40,1 mg/100 g skały).

Zawartość siarki palnej (S_c^d) wynosi 0,19–4,31% (średnio 1,32%), co stanowi 88,6% zawartości siarki całkowitej.

Zawartość siarki popiołowej (S_A^d) wynosi 0,05–0,29% (średnio 0,13%), co stanowi ok. 10% zawartości siarki całkowitej.

Zawartość siarki pirytovej (S_p^d) wynosi 0,01–3,98% (średnio 0,78%), co stanowi 59,1% zawartości siarki całkowitej. Zawartość siarki pirytovej jest niska w węglu z warstw siodłowych (0,19%), w obrębie serii paralicznej wykazuje kilka wzbogaceń, natomiast na głęb. 1308,40–1708,90 m jest bardzo niska.

Zawartość pirytu w przebadanym węglu, wyliczoną z zawartości siarki pirytovej, przedstawiono w tabeli 34, podobnie jak stosunek S_p/S_t . Przy wyższej od 1% zawartości siarki pirytovej obserwuje się bliską korelację zawartości S_t i S_p .

Zawartość fosforu (P^d), oznaczona w 33 próbkach, wynosi 20–1025 g/t (średnio 209 g/t). W węglu z warstw siodłowych średnia zawartość fosforu wynosi 55 g/t, z warstw porębskich – 293 g/t, z warstw jakłowieckich – 55 g/t, z warstw gruszowskich – 287 g/t, z warstw pietrkowickich – 178 g/t. Zawartość powyżej 600 g/t (klark dla skał osadowych) stwierdzono jedynie w dwóch próbkach (975 g/t i 1025 g/t). Nie ma zależności zawartość fosforu w węglu z zapozieleniem.

Pierwiastki podrzędne i śladowe zawarte w węglu można rozpatrywać w szeregu aspektów. Z punktu widzenia ochrony środowiska naturalnego do pierwiastków lotnych uważanych za najbardziej szkodliwe należy zaliczyć: Be, F, As, Se, Cd, Pb i Hg (Piperno, 1973). Spośród nich Be, As i Pb oznaczono w badanych popiołach, a F bezpośrednio w węglu. Do dalszych pierwiastków „mogących pojawić się w zakładzie przetwórstwa węgla w fazie gazowej lub gazowo-ciekłej” należą: V, Ni, Co, Mo, Sr, P, Mn (Hajdus i in., 1981), zawartość wszystkich wymienionych pierwiastków oznaczono w popiołach węgla, a zawartość fosforu w węglu otworu Ruptawa IG 1.

W popiołach węgla oznaczono również zawartość cynku. Według Twardowskiej (1981) cynk jest pierwiastkiem śladowym najbardziej podatnym na ługowanie z odpadów karbońskich (w dalszej kolejności ługowaniu podlegają: Pb, Cu, Ni i Cr). W popiołach węgla z otworu oznaczono ponadto zawartość: Ba, Br, Cr, Ga, Ge, Nb, Rb, Th, U, Y i Zr w celu uzyskania możliwie pełnej charakterystyki geochemicznej węgla.

Kryterium innego podziału pierwiastków podrzędnych i śladowych występujących w popiołach węglowych jest koncentracja. W popiołach węgla górnośląskiego w zawartości najwyższej (przeciętnie kilka tys. g/t) występują: Ti, Mn, Ba i Sr, w zawartości rzędu 500–100 g/t występują: Zn, Pb, Ni, Co, V, Zr, Cr, Rb, Y, w zawartości od kilku do kilkadziesiąt g/t występują As, Br, Be, Ga, Ge, Mo, Nb, Th i U. W przypadku prawie wszystkich wymienionych pierwiastków występują ekstremalnie wysokie ich wzbogacenia

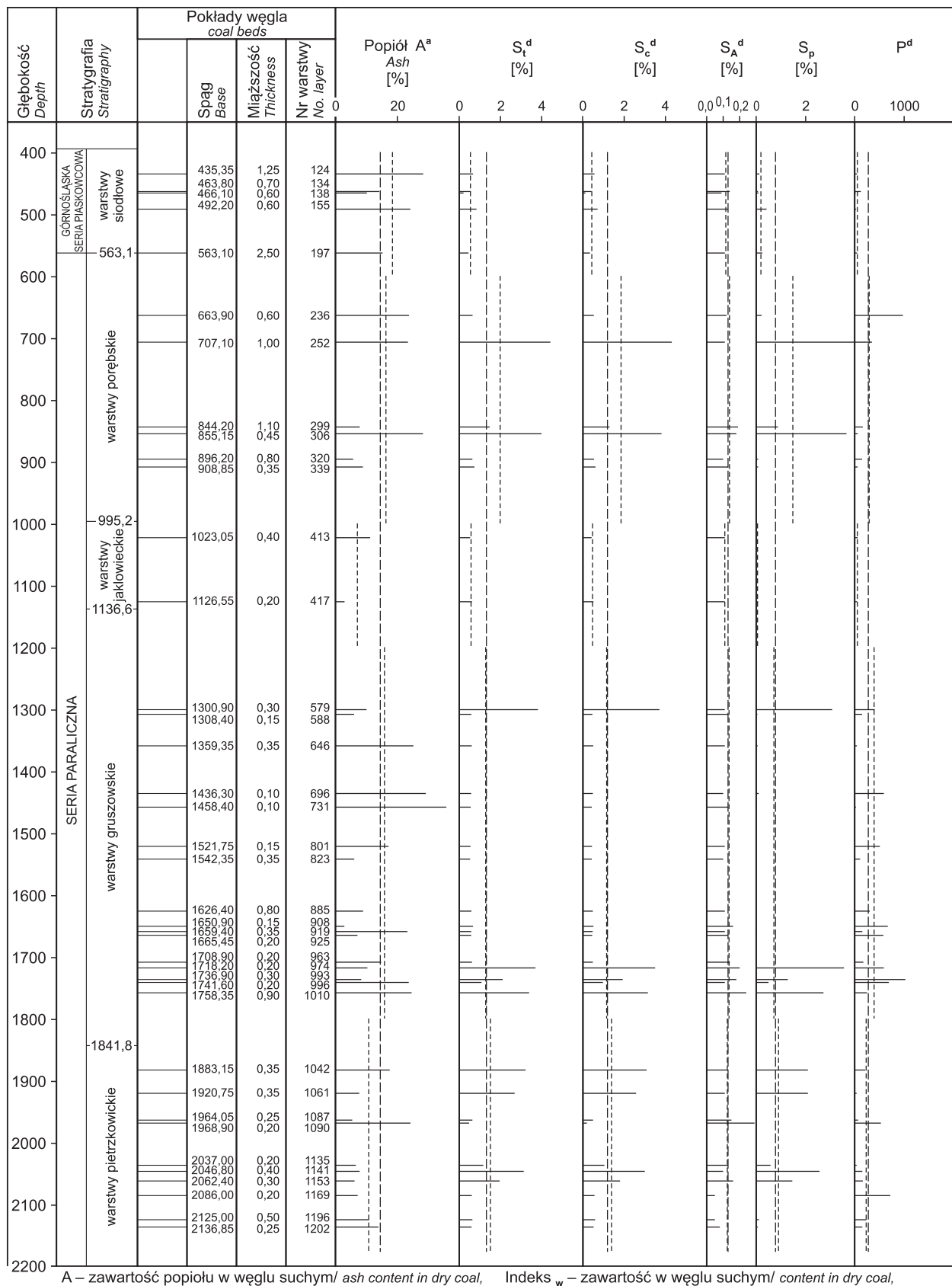
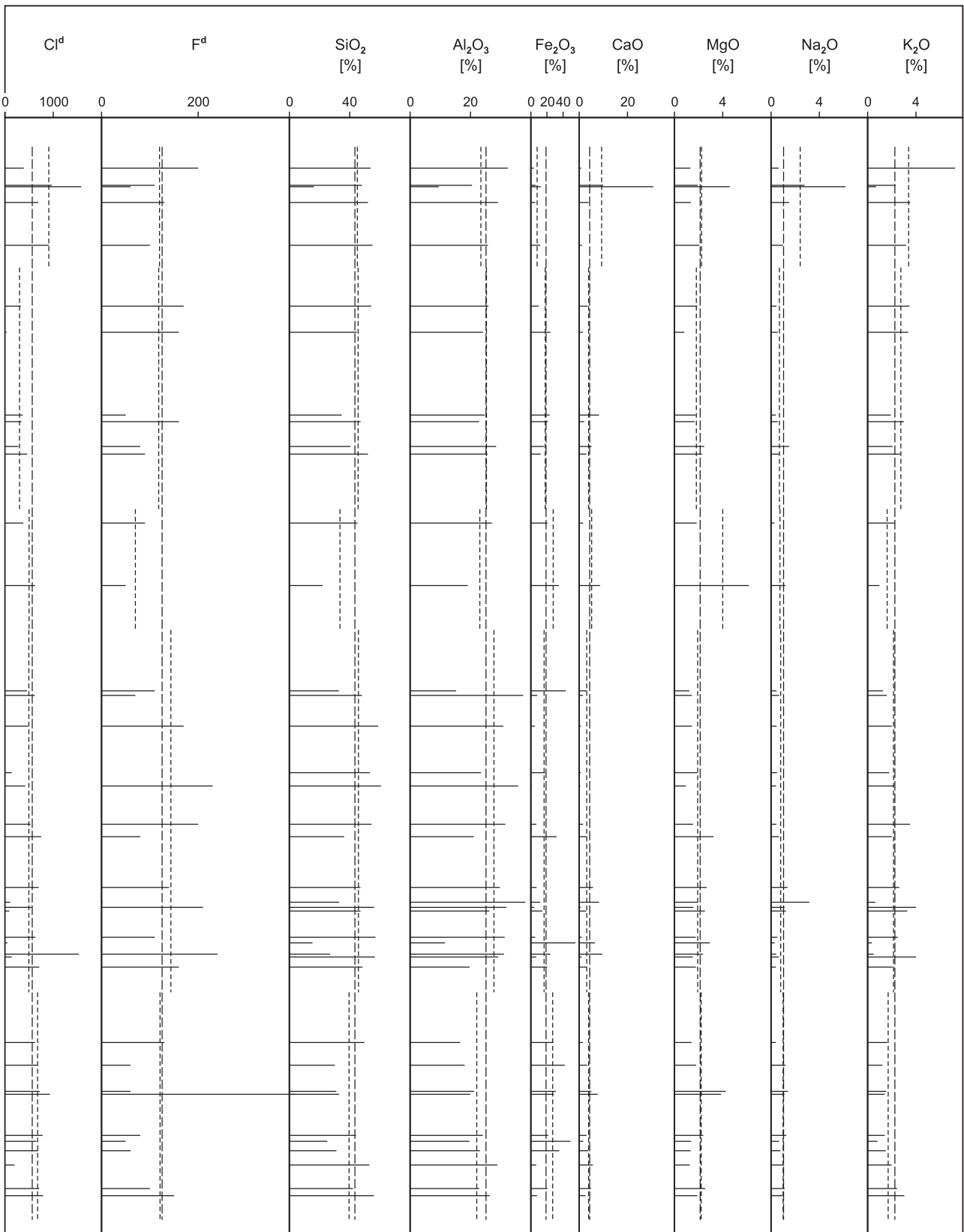


Fig. 20A. Charakterystyka geochemiczna

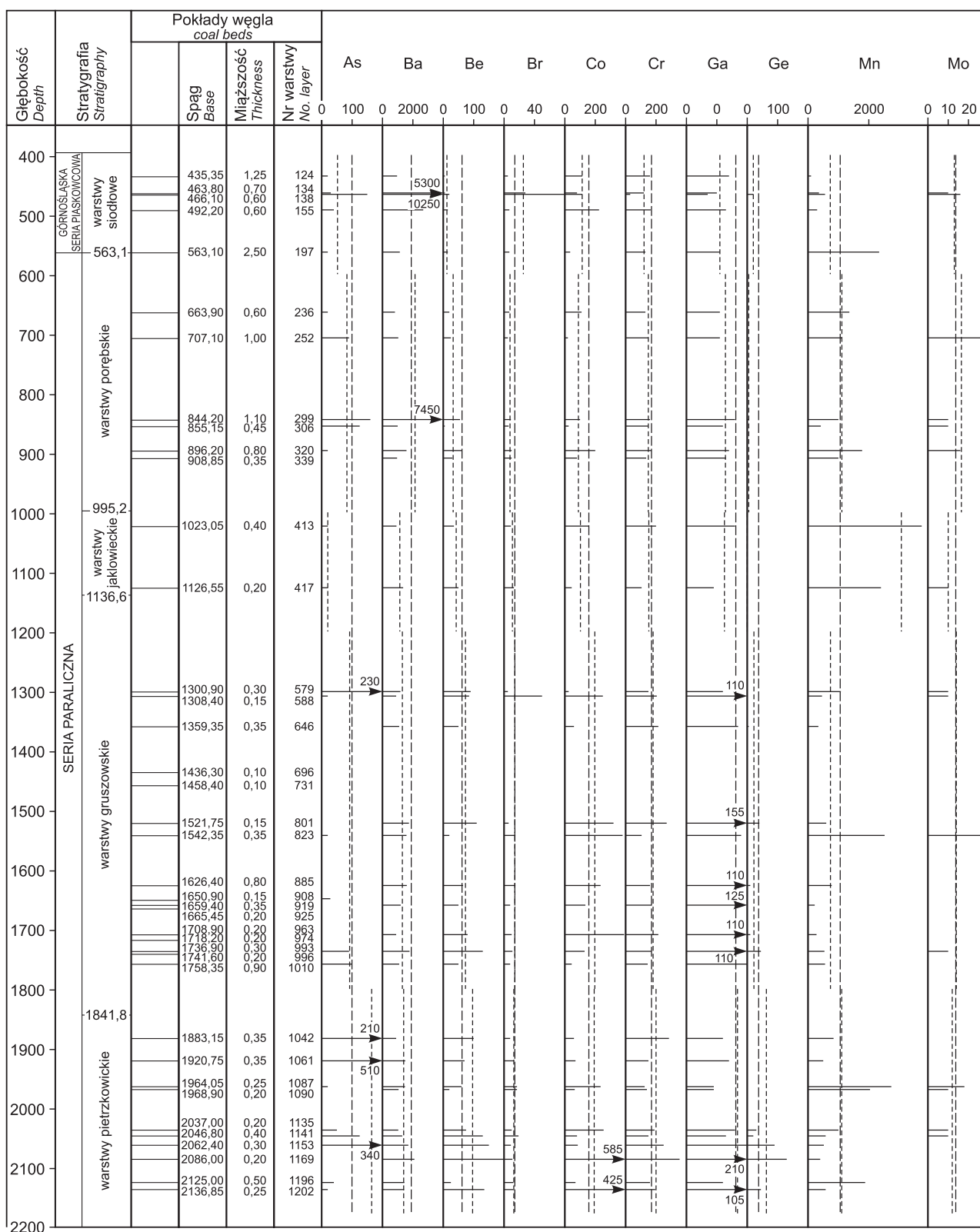
Geochemical characteristics of coal



Indeks _A – zawartość w popiele/ content in ash

węgla w profilu Ruptawa IG 1

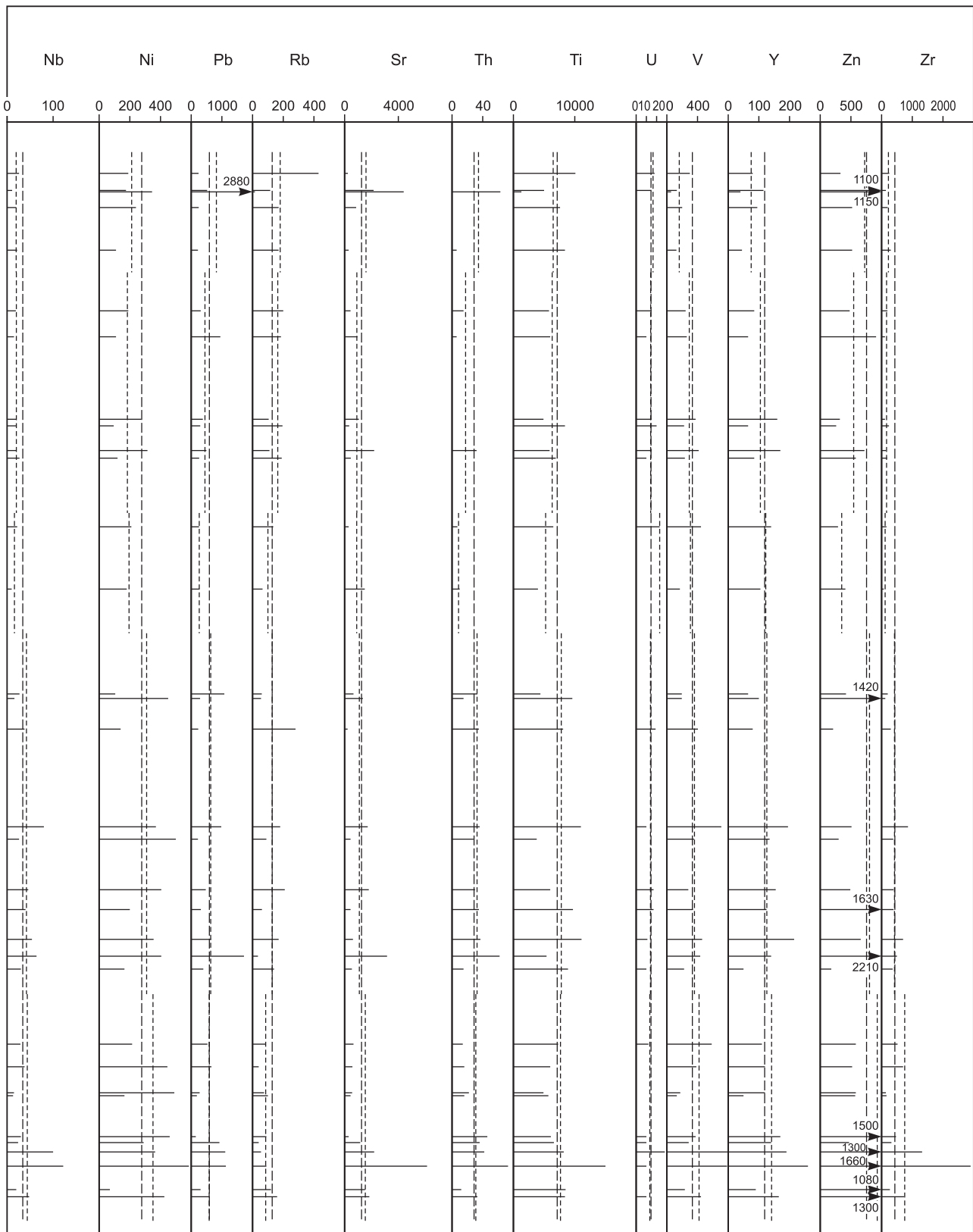
in the Ruptawa IG 1 borehole



Zawartość w popiele niskotemperaturowym (A_{525}) pierwiastków podrzędnych i śladowych w [g/t]
The secondary and trace elements content in lo-temperature ash

Fig. 20B. Charakterystyka geochemiczna

Geochemical characteristics of coal



węgla w profilu Ruptawa IG 1

in the Ruptawa IG 1 borehole

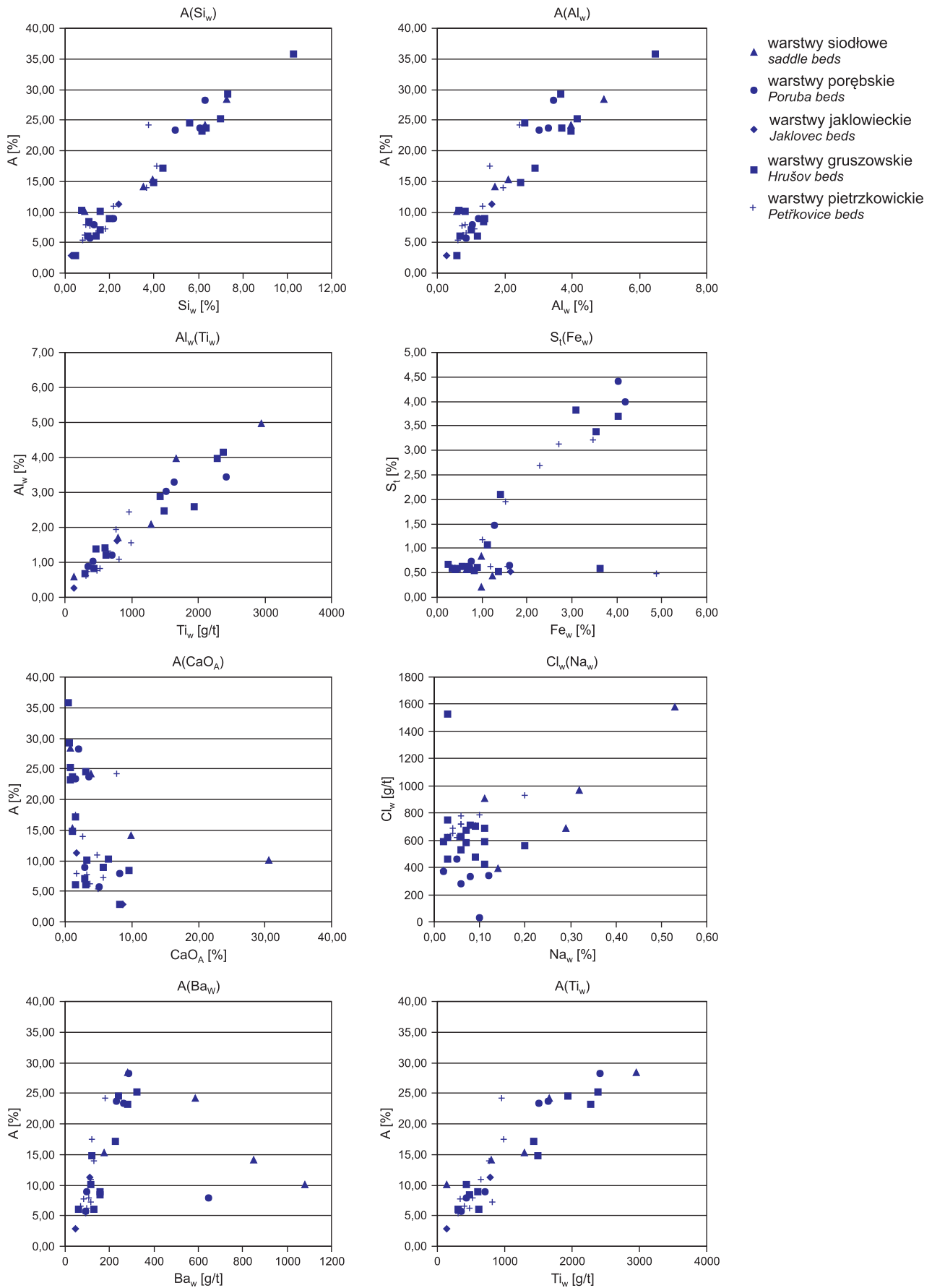


Fig. 21. Wybrane zależności korelacyjne w węglu i jego popiołach

Selected correlation equations in coal and ash coal

w pojedynczych próbkach węgla. W węglu z badanego otworu podobne wzbogacenia występują w przypadku As, Ba, Be, Co, Ga, Pb, Zn i Zr.

Judowicz i inni (1985) stosują podział pierwiastków w węglu na podstawie kryteriów geochemicznych, według ich właściwości migracji w korze ziemskiej. Do pierwiastków litofilnych zaliczają:

- typowo kationogenne: Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Ba, Ra i Hg;
- kationo- i anionogenne: Be, Sc, Y, Tr, Ga, Zr, Hf, Th, Ge, Ti, V, Mo, Nb, W, Re, Ta, U i Sn;
- typowo anionogenne: B, C, Si, N, P, F, Cl, Br i J.
Do pierwiastków chalkofilnych zaliczają:
- metale: Cu, Zn, Ag, Cd, In, Au, Hg, Pb i Bi;
- niemetale: As, Se, Sb i Te.
Do pierwiastków syderofilnych zaliczają:
- pierwiastki grupy żelaza: Cr, Mn, Fe, Co i Ni;
- pierwiastki grupy platyny: Ru, Rh, Pb, Os, Ir i Pt.

Pierwiastki podrzędne i śladowe oznaczone w popiołach węgla z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 omówiono w porządku alfabetycznym ich symboli chemicznych.

Zawartość arsenu (As) w popiołach węglowych niskotemperaturowych wynosi 0–510 g/t (średnio 75 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu 0–36 g/t (średnio 7,9 g/t). Średnia zawartość arsenu w popiołach węgla z warstw siodłowych wynosi 52 g/t, z warstw porębskich – 69 g/t, z warstw jakłowieckich – 20 g/t, z warstw gruszowskich – 46 g/t, z warstw pietrzkowickich – 132 g/t (w obrębie tych warstw zawartość arsenu powyżej 100 g/t stwierdzono w 4 próbkach). Zależność As_w/A przedstawia duży rozrzut wyników. Według Judowicza (1978) arsen należy do pierwiastków typomorficzy, tj. dających trwałe związki z substancją organiczną węgla. Autor ten pisze również o możliwości podstawiania przez arsen siarki w pirycie.

Zawartość baru (Ba) w popiołach węglowych wynosi 820–10250 g/t (średnio 1893 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu 48–1080 g/t (średnio 232 g/t). Średnia zawartość baru w popiołach węgla z warstw siodłowych wynosi 4066 g/t (występują tu wzbogacenia w dwóch próbkach – 10250 i 5300 g/t), w popiołach węgla z warstw porębskich średnia zawartość baru wynosi 2142 g/t (w jednej próbce – 7450 g/t), z warstw jakłowieckich – 1140 g/t, z warstw gruszowskich – 1308 g/t, z warstw pietrzkowickich – 1394 g/t. Relację Ba_w/A przedstawiono na [figurze 21](#). Judowicz (1978) umieszcza bar w grupie pierwiastków zazwyczaj wzbogacających popioły węglowe.

Zawartość berylu (Be) w popiołach węglowych wynosi od poniżej 5 do 200 g/t (średnio 62 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu od poniżej granicy oznaczalności do 14,7 g/t (średnio 6,2 g/t). W porównaniu do zawartości berylu w popiołach ze wschodniej części zagłębia (w profilu Chełmek IG 1 – średnio 117 g/t popiołu) jest to zawartość raczej niska. Średnia zawartość berylu w popiołach węgla z warstw siodłowych wynosi 12 g/t, z warstw porębskich – 32 g/t, z warstw jakłowieckich – 42 g/t, z warstw gruszowskich – 74 g/t, z warstw pietrzkowickich – 96 g/t. Zależność Be_w/A przedstawia duży rozrzut wyników. Judowicz (1978) umieszcza beryl w grupie pierwiastków zazwyczaj wzboga-

cających popioły węglowe. Zubovic (1965) określa przeciętną organofilność berylu (dla 15 próbek węgla z rejonu wschodniego terytorium USA) na 82%. Winnicki (1975) na podstawie badań statystycznych przeprowadzonych dla węgla z pokładów 419, 510 i 620 z GZW stwierdza ujemną korelację zawartości berylu w węglu z zapozieleniem, co wskazuje na powiązanie jego części z substancją organiczną. Autor ten ilość berylu związanego z substancją organiczną w przebadanym węglu GZW ocenia na 50–60%.

Zawartość bromu (Br) w popiołach węglowych wynosi 0–80 g/t (średnio 12 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu 0–8 g/t (średnio 1,3 g/t). Średnia zawartość bromu w popiołach węgla z warstw siodłowych wynosi 25 g/t, z serii paralicznej 8–13 g/t. Relację Br_w/A przedstawia bardzo duży rozrzut wyników. Judowicz (1978) zalicza brom, podobnie jak chlor i pozostałe halogeny, do pierwiastków czasem wzbogacających popioły węglowe a czasem dla nich deficytowych.

Zawartość kobaltu (Co) w popiołach węglowych wynosi 20–585 g/t (średnio 158 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu 2–52 g/t (średnio 18 g/t). Średnia zawartość kobaltu w popiołach węgla z warstw siodłowych wynosi 114 g/t, z warstw porębskich – 89 g/t, z warstw jakłowieckich – 102 g/t, z warstw gruszowskich – 197 g/t, z warstw pietrzkowickich – 193 g/t. Najwyższą zawartość kobaltu (585 g/t) stwierdzono w próbce z warstw pietrzkowickich, wzbogacającej również bardzo wysoko w Zr oraz w Ga, Ge, Ni, Sr, Th i Ti. W relacji Co_w/A obserwuje się duży rozrzut wyników. Judowicz (1978) określa kobalt jako pierwiastek typomorficzy, który należy do grupy pierwiastków czasem wzbogacających popioły węglowe, a czasem dla nich deficytowych. Zubovic (1965) określa przeciętną organofilność kobaltu na 53%. Winnicki (1975) ocenia związek kobaltu z substancją organiczną w badanym węglu GZW na 35–40%.

Zawartość chromu (Cr) w popiołach węglowych wynosi 30–355 g/t (średnio 170 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu 3–63 g/t (średnio 22 g/t). W profilu nie obserwuje się dużej zmienności koncentracji chromu, w popiołach węgla z warstw siodłowych średnia zawartość chromu wynosi 121 g/t, z warstw porębskich – 149 g/t, z warstw jakłowieckich – 152 g/t, z warstw gruszowskich – 180 g/t, z warstw pietrzkowickich 200 g/t. W relacji Cr_w/A rysuje się tendencja do zależności prostoliniowej. Judowicz (1978) zalicza chrom do pierwiastków typomorficzy i klasyfikuje go w grupie pierwiastków zazwyczaj wzbogacających węgiel. Zubovic (1965) określa jego przeciętną organofilność na 55%. Winnicki (1975) ocenia, że w badanym węglu GZW 40–45% chromu jest związane z substancją organiczną.

Zawartość galu (Ga) w popiołach węglowych wynosi 35–210 g/t (średnio 81 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu 2–29 g/t (średnio 10 g/t). W popiołach węgla z warstw siodłowych średnia zawartość galu wynosi 55 g/t, z warstw porębskich – 64 g/t, z warstw jakłowieckich – 62 g/t, z warstw gruszowskich – 106 g/t, z warstw pietrzkowickich – 84 g/t. Maksymalna zawartość galu (210 g/t) występuje we wspomnianej próbce z warstw pietrzkowickich. W zależności Ga_w/A rysuje się tendencja do korelacji prostoliniowej. Judowicz (1978) zalicza gal do pierwiastków

typomorficznych i klasyfikuje go w grupie pierwiastków zazwyczaj wzbogacających popioły węglowe. Zubovic (1965) określa jego przeciętną organofilność na 79%. Według Winnickiego (1975) główna część galu w węglu GZW jest związana nieorganicznie z ilastymi zanieczyszczeniami. Autor ten ocenia, że 30–40% galu jest związane z substancją organiczną w przebadanym węglu GZW.

Zawartość germanu (Ge) w popiołach węglowych wynosi 0–130 g/t (średnio 14 g/t; jest to zawartość niska), w przeliczeniu na zawartość w węglu 0–7 g/t (średnio 1 g/t). W popiołach węgla z warstw siodłowych zawartość germanu (20 g/t) stwierdzono tylko w jednej próbce, w pozostałych brak germanu, podobnie brak germanu (lub jego koncentracja jest bardzo niska) w popiołach pozostałego węgla poza dwoma próbkami (90 g/t i 130 g/t). W zależności Ge_w/A obserwuje się bardzo duży rozrzut wyników. Judowicz (1978) zalicza german do pierwiastków typomorficznych i klasyfikuje go w grupie pierwiastków zazwyczaj wzbogacających popioły węglowe. Zubovic (1965) określa jego przeciętną organofilność na 87%. Winnicki (1964) stwierdza powiązanie germanu w węglu GZW w większości sorbcyjne (german wymywany z węgla wodą), w wodorotlenkach i siarczkach żelaza (german wymywany rozcieńczonym kwasem solnym i pirydyną) oraz w huminach (pozostała część germanu). Winnicki (1975) badając węgiel z pokładów 419, 510 i 620 z GZW uzyskał ujemny współczynnik korelacji germanu w popiele ze stopniem zapopielenia węgla. Autor ten ilość germanu związanego z substancją organiczną dla przebadanego węgla z GZW określa na ok. 40%.

Zawartość manganu (Mn) w popiołach węglowych wynosi 100–3740 g/t (średnio 1059 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu 22–453 g/t (średnio 123 g/t). Średnia zawartość manganu w popiołach węgla z warstw siodłowych wynosi 732 g/t, z warstw porębskich – 1113 g/t, z warstw jakłowieckich – 3070 g/t, z warstw gruszowskich – 738 g/t, z warstw pietrzkowickich – 1108 g/t. Wysoka zawartość manganu towarzyszy podwyższonej zawartości żelaza węglanowego (o niskim stosunku Fe_p/Fe_t). W zależności Mn_w/A obserwuje się duży rozrzut wyników. Judowicz (1978) nie zalicza manganu do pierwiastków typomorficznych, klasyfikuje go w grupie pierwiastków czasem wzbogacających popioły węglowe, czasem dla nich deficytowych. Większość autorów badających organofilność pierwiastków w węglu stwierdza powiązanie manganu z substancją nieorganiczną.

Zawartość molibdenu (Mo) w popiołach węglowych jest bardzo niska i wynosi 0–30 g/t (średnio 6 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu 0–7 g/t (średnio 0,4 g/t; oznaczenia półilościowe). Judowicz (1978) zalicza molibden do pierwiastków typomorficznych, zazwyczaj wzbogacających popioły węglowe. Zubovic (1965) określa jego organofilność na 40%.

Zawartość niobu (Nb) w popiołach węglowych wynosi 0–122 g/t (średnio 33 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu 0–11 g/t (średnio 3,8 g/t). Nie ma większych różnicowań w profilu, w popiołach węgla z warstw gruszowskich i pietrzkowickich stwierdzono pewne podwyższenie

zawartości niobu w stosunku do zawartości dla całego otworu. Zależność Nb_w/A przedstawia dość duży rozrzut wyników. Judowicz (1978) określa niob jako pierwiastek egzotyczny dla popiołów węglowych.

Zawartość niklu (Ni) w popiołach węglowych wynosi 70–585 g/t (średnio 278 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu 6–55 g/t (średnio 31 g/t; oznaczenia półilościowe). Średnia zawartość niklu w popiołach węgla z warstw siodłowych wynosi 212 g/t, z warstw porębskich – 184 g/t, z warstw jakłowieckich – 195 g/t, z warstw gruszowskich – 310 g/t, z warstw pietrzkowickich – 351 g/t. Obserwuje się podwyższoną zawartość niklu w stosunku do zawartości średniej w popiołach węgla z dolnej części profilu. W zależności Ni_w/A obserwuje się duży rozrzut wyników. Judowicz (1978) zalicza nikiel do pierwiastków typomorficznych, które czasem wzbogacają popioły węglowe, a czasem są dla nich deficytowe. Zubovic (1965) określa organofilność niklu na 59%. Winnicki (1975) ocenia związek niklu z substancją organiczną w badanym węglu GZW na ok. 40%.

Zawartość ołowiu (Pb) w popiołach węglowych wynosi 185–2880 g/t (średnio 623 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu 10–303 g/t (średnio 72 g/t). Najwyższą zawartość ołowiu stwierdzono w próbce z głęb. 466,10 m. Średnia zawartość ołowiu w popiołach węgla z warstw siodłowych wynosi 821 g/t, z warstw porębskich – 448 g/t, z warstw jakłowieckich – 262 g/t, z warstw gruszowskich – 636 g/t, z warstw pietrzkowickich – 686 g/t. W badaniach przejawów mineralizacji szczelin S. Wołkowicz (ten tom) stwierdził w kilku przypadkach obecność galeny. Nie ma związku zawartości Pb_w z zapopieleniem. Według Judowicza (1978) ołów należy do pierwiastków typomorficznych zazwyczaj wzbogacających popioły węglowe. Inni autorzy stwierdzają powiązanie ołowiu niemal wyłącznie z substancją nieorganiczną węgla.

Zawartość rubidu (Rb) w popiołach węglowych wynosi 15–430 g/t (średnio 128 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu 2–82 g/t (średnio 23 g/t). Względne obniżenie zawartości rubidu stwierdzono w popiołach węgla w dolnej części profilu (warstwy pietrzkowickie). Korelacja Rb_w/A jest zbliżona do prostoliniowej. Również zbliżona do prostoliniowej jest zależność Rb_w/K_w , co wskazuje na związanie rubidu w minerałach potasowych. Judowicz (1978) nie zalicza rubidu do pierwiastków typomorficznych i klasyfikuje go w grupie pierwiastków czasem wzbogacających popioły węglowe a czasem dla nich deficytowych.

Zawartość strontu (Sr) w popiołach węglowych wynosi 220–6140 g/t (średnio 1260 g/t), w przeliczeniu na zawartość w węglu 32–464 g/t (średnio 129 g/t). W popiołach węgla z warstw siodłowych średnia zawartość strontu wynosi 1592 g/t, z warstw porębskich – 910 g/t, z warstw jakłowieckich – 990 g/t, z warstw gruszowskich – 1090 g/t, z warstw pietrzkowickich – 1540 g/t. Najwyższa zawartość strontu występuje w dwóch próbkach (4400 g Sr/t – próbka ta ma charakter węglanowy, zawiera 30,6% CaO oraz 6140 g Sr/t). Zależność Sr_w/A przedstawia dość duży rozrzut wyników. Judowicz (1978) zalicza stront do pierwiastków zazwyczaj wzbogacających popioły węglowe.

Zawartość toru (Th) w popiołach węglowych wynosi 0–73 g/t (średnio 23 g/t), w przeliczeniu na zawartość węgla 0–10 g/t (średnio 2,6 g/t). W profilu obserwuje się podwyższoną zawartość toru w popiołach węgla z warstw gruszowskich i pietrkowickich. Zależność Th_w/A przedstawia dość duży rozrzut wyników. Judowicz (1978) zalicza tor do pierwiastków czasem wzbogacających popioły węglowe, a czasem dla nich deficytowych.

Zawartość tytanu (Ti) w popiołach węglowych wynosi 1300–15000 g/t (średnio 7136 g/t), w przeliczeniu na zawartość węgla 137–2949 g/t (średnio 1001 g/t). W popiołach węgla z warstw siodłowych średnia zawartość tytanu wynosi 6480 g/t, z warstw porębskich – 6317 g/t, z warstw jakłowieckich – 5250 g/t, z warstw gruszowskich – 7800 g/t, z warstw pietrkowickich – 7670 g/t. Najwyższa zawartość tytanu (15000 g/t) występuje w jednej omawianej próbce z warstw pietrkowickich. Zależność Ti_w/A wskazuje na udział tytanu w substancji mineralnej klastogenicznej. Judowicz (1978) określa tytan jako pierwiastek typomorficzny lecz umieszcza go w grupie pierwiastków czasem wzbogacających popioły węglowe, a czasem dla nich deficytowych. Zubovic (1965) określa organofilność tytanu na 78%. Stosunek Al/Ti, wskazujący na względne wzbogacenie węgla górnośląskiego w tytan, przedstawiono uprzednio przy omawianiu zawartości glinu w popiołach węglowych.

Zawartość uranu (U) w popiołach węgla jest niska: 0–20 g/t (średnio 1,2 g/t). Nie ma większych zróżnicowań w badanym profilu, jak również brak związku z zapoziemieniem węgla. Judowicz (1978) zalicza uran, podobnie jak tor, do pierwiastków czasem wzbogacających popioły węglowe a czasem dla nich deficytowych.

Zawartość wanadu (V) w popiołach przebadanego węgla wynosi 55–800 g/t (średnio 333 g/t), w przeliczeniu na zawartość węgla 6–119 g/t (średnio 42 g/t). Najniższą średnią zawartość wanadu stwierdzono w popiołach węgla z warstw siodłowych – 162 g/t, w popiołach węgla z warstw porębskich średnia zawartość wanadu wynosi 292 g/t, z warstw jakłowieckich – 308 g/t, z warstw gruszowskich – 360 g/t, z warstw pietrkowickich – 420 g/t. W relacji V_w/A obserwuje się dość duży rozrzut wyników. Judowicz (1978) zalicza wanad do pierwiastków typomorficznych i umieszcza go w grupie pierwiastków czasem wzbogacających popioły węglowe, a czasem dla nich deficytowych. Zubovic (1965) określa organofilność wanadu na 76%. Winnicki (1975) stwierdza, że zawartość wanadu w krajowym węglu jest znaczna i niezależna od stopnia uwęglenia. Wyższą zawartość wanadu spotyka się w węglu stosunkowo czystym tzn. poniżej 10% popiołu, ale również w silnie zanieczyszczonym. Autor ten ilość wanadu związanego z substancją organiczną w przebadanym węglu z GZW ocenia na 50–60%.

Zawartość itru (Y) w popiołach węglowych wynosi 40–260 g/t (średnio 119 g/t), w przeliczeniu na zawartość węgla 8–29 g/t (średnio 14 g/t). Zmienność w profilu jest podobna do zmienności innych pierwiastków; najniższą zawartość stwierdzono w popiołach węgla z warstw siodłowych. W relacji Y_w/A obserwuje się duży rozrzut wyników. Judowicz (1978) określa itr jako pierwiastek typomorficzny i umieszcza go w grupie pierwiastków czasem wzbogacających popioły węglowe, a czasem dla nich deficytowych. Zubovic (1965) określa jego organofilność na 53%.

Zawartość cynku (Zn) w popiołach węglowych wynosi 260–1660 g/t (średnio 755 g/t), w przeliczeniu na zawartość węgla 14–383 g/t (średnio 1 g/t). W popiołach węgla z warstw siodłowych średnia zawartość cynku wynosi 724 g/t, z warstw porębskich – 545 g/t, z warstw jakłowieckich – 350 g/t, z warstw gruszowskich – 803 g/t, z warstw pietrkowickich – 929 g/t. Wzbogacenie w cynk jest nieregularne. W zależności Zn_w/A obserwuje się duży rozrzut wyników. Judowicz (1978) zalicza cynk do pierwiastków typomorficznych i umieszcza go w grupie pierwiastków czasem wzbogacających popioły węglowe, a czasem dla nich deficytowych. Zubovic (1965) określa organofilność cynku na 0%.

Zawartość cyrkonu (Zr) w popiołach węglowych wynosi 0–2900 g/t (średnio 419 g/t), w przeliczeniu na zawartość węgla 0–157 g/t (średnio 47 g/t). W popiołach węgla z warstw siodłowych średnia zawartość cyrkonu wynosi 178 g/t, z warstw porębskich – 162 g/t, z warstw jakłowieckich – 115 g/t, z warstw gruszowskich – 420 g/t, z warstw pietrkowickich – 753 g/t. W zależności Zr_w/A obserwuje się dość duży rozrzut wyników. Judowicz (1978) określa cyrkon jako pierwiastek typomorficzny i umieszcza go w grupie pierwiastków zazwyczaj wzbogacających popioły węglowe.

W podsumowaniu przedstawionych informacji, dotyczących zawartości pierwiastków podrzędnych i śladowych w popiołach węgla z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1, należy stwierdzić, że większość omawianych pierwiastków występuje w koncentracjach zbliżonych do koncentracji przeciętnych dla popiołów węgla z centralnej części zagłębia. Większość omawianych pierwiastków (As, Be, Co, Cr, Ge, Mn, Nb, Ni, Ti, V, Y, Zn i Zr) wykazuje podwyższenie koncentracji w popiołach węgla z dolnej części badanego profilu karbonu. W węglu warstw siodłowych, zalegających w stropie karbonu w badanym profilu, wzbogacenia dotyczą Ba i Pb. Węgiel z warstw pietrkowickich z głęb. 2086,00 m (o miąższości 0,20 m i zawartość popiołu 7,2%) wyróżnia się wysokim wzbogaceniem w szereg pierwiastków podrzędnych i śladowych (Be, Co, Cr, Ga, Ge, Nb, Ni, Sr, Th, Ti, Y i Zr).

ANALIZA ZMIENNOŚCI GEOCHEMICZNYCH WĘGLA W ODNIESIENIU DO OGNIW LITOSTRATYGRAFICZNYCH KARBONU

Zmienności geochemiczne węgla oraz wartości średnich arytmetycznych w obrębie poszczególnych ogniw litostratygraficznych karbonu przedstawiono w tabelach: 31 (w pokładach bilansowych), 32 (w popiołach całego przebadanego węgla) i 33 (w całym przebadanym węglu) oraz graficznie na figurze 20A, B.

Z górnośląskiej serii piaskowcowej, z warstw siodłowych przeanalizowano geochemicznie pięć próbek węgla (w tym dwie z pokładów bilansowych), co stanowi 12,8% ogółu przebadanych próbek. Zawartość popiołu w węglu z warstw siodłowych wynosi 11,5–29,0% (średnio 19,5%). Podstawowy skład chemiczny popiołów węglowych stanowią SiO_2 (średnio 45,0%) oraz Al_2O_3 (średnio 23,4%). Zawartość Fe_2O_3 jest względnie niska (średnio 7,8%), natomiast wysoka jest średnia zawartość CaO (9,2%), rzutuje na nią głównie jedna próbka o zawartości 30,6% CaO . Wysoka jest również średnia zawartość K_2O (3,4%), na którą rzutuje także jedna próbka o zawartości 7,2% K_2O . Średnia wartość modułu M wynosi 0,53, a stosunek $\text{Si}/\text{Al} = 1,70$. Wartości te wskazują na względnie wysoki udział krzemionki w stosunku do zawartości Al_2O_3 . Średnia wartość modułu $K = -0,006$ wskazuje na niewielką tylko przewagę zawartości Fe_2O_3 nad sumą $\text{CaO} + \text{MgO}$. Stosunek Fe_p/Fe_t wynosi średnio 0,14. Stosunek CaO/MgO jest wysoki i wynosi 4,10. Wysoki średni stosunek Na/K (1,87) wynika z wysokiej wartości tego współczynnika (7,57 i 1,07) dla dwóch próbek. Średnia zawartość chloru (908 g/t), niska w porównaniu z węglem z innych przebadanych otworów wiertniczych GZW, jest w otworze Ruptawa IG 1 najwyższa w profilu. Zawartość siarki całkowitej jest niewysoka i wynosi 0,21–0,84% (średnio 0,55%), przy czym średnia zawartość siarki pirytovej wynosi 0,19%. Średnia zawartość fosforu jest niska i wynosi 55 g/t, a średnia zawartość fluoru – 120 g/t. Wśród większości pierwiastków podrzędnych i śladowych stwierdzono koncentracje niższe od średnich otworowych, podwyższenie wykazują Ba i Pb.

Z warstw porębskich (seria paraliczna) przebadano sześć próbek węgla (15,4% ogółu przebadanych próbek), w tym trzy z pokładów bilansowych. Średnie zapopielenie wynosi 16,5%. Średnia zawartość podstawowych składników popiołów wynosi: SiO_2 – 45,6%, Al_2O_3 – 25,3%, Fe_2O_3 – 17,8%, CaO – 3,90%, MgO – 1,82%, Na_2O – 0,70%, K_2O – 2,75%. Średnia wartość modułu $M = 0,57$ oraz średni stosunek $\text{Si}/\text{Al} = 1,60$ wskazują na wyraźną przewagę krzemionki nad Al_2O_3 . Wartość modułu $K = -0,57$ wskazuje na podwyższenie zawartości Fe_2O_3 w stosunku do $\text{CaO} + \text{MgO}$ w porównaniu z popiołami węgla z warstw siodłowych. Stosunek Fe_p/Fe_t w stosunku wynosi średnio 0,42 (w trzech próbkach Fe_p stanowi większość Fe_t). Stosunek CaO/MgO wynosi średnio 2,14. Średni stosunek Na/K jest niski i wynosi 0,24. Zawartość siarki całkowitej $S_t = 1,99\%$, w trzech próbkach zawartość S_t przekracza 1% i jest to głównie siarka pirytovej. Średnia zawartość fosforu wynosi 293 g/t (względnie wysoką zawartość $P = 975$ g/t stwierdzono w jednej próbce). Średnia zawartość fluoru wynosi

90 g/t. Średnia zawartość szeregu pierwiastków podrzędnych i śladowych (Be, Co, Ga, Ge, Nb, Ni, Pb, Zn i Zr) są niższe od średnich otworowych lub im bliskie, zawartość Mn jest nieco wyższa.

Z warstw jakłowieckich przebadano tylko dwie próbki węgla z cienkich pokładów (0,4 m i 0,25 m). Średnia zawartość SiO_2 wynosi 33,6%, Al_2O_3 – 22,1%, Fe_2O_3 – 27,2%, CaO – 5,16%, MgO – 4,00%, Na_2O – 0,74%, K_2O – 1,68%. Średnia wartość modułu $M = 0,69$, średni stosunek $\text{Si}/\text{Al} = 1,30$. Wartość modułu $K = -0,555$ wskazuje na względnie wysoką zawartość Fe_2O_3 w stosunku do $\text{CaO} + \text{MgO}$. Stosunek Fe_p/Fe_t wynosi zaledwie 0,06. Stosunek $\text{CaO}/\text{MgO} = 1,29$, średni stosunek $\text{Na}/\text{K} = 0,8$. Średnia zawartość chloru wynosi 500 g/t, siarki całkowitej $S_t = 0,58\%$, $P = 55$ g/t i $F = 70$ g/t. Spośród pierwiastków podrzędnych i śladowych jedynie mangan występuje w koncentracji wyraźnie wyższej od średniej otworowej, podczas gdy koncentracje pozostałych pierwiastków są nieco niższe lub bliskie średnim otworowym.

Z warstw gruszowskich przebadano 16 próbek węgla (41% ogółu przebadanych próbek), w tym tylko jedną z pokładu bilansowego. Średnia zawartość popiołu w przebadanym węglu wynosi 16,0%. Podstawowy skład chemiczny popiołów przedstawia się następująco (zawartość średnia): SiO_2 – 45,8%, Al_2O_3 – 27,6%, Fe_2O_3 – 16,5%, CaO – 3,20%, MgO – 1,92%, Na_2O – 0,80% i K_2O – 2,14%. Wartość modułu $M = 0,64$ oraz średnia wartość wskaźnika $\text{Si}/\text{Al} = 1,51$ wskazują na wyraźną przewagę SiO_2 nad Al_2O_3 . Wartość modułu K wynosi $-0,44$. Stosunek Fe_p/Fe_t wynosi średnio 0,24. Jak wspomniano przy omawianiu zmienności koncentracji Fe_2O_3 w popiołach węglowych profilu otworu, w interwale głęb. 1308,4–1708,9 m stosunek Fe_p/Fe_t jest bardzo niski i wynosi średnio 0,04. Podobnie niski jest stosunek S_p/S_t . W pozostałych próbkach z tego ogniw żelazo pirytovej stanowi na ogół większość żelaza całkowitego. Stosunek CaO/MgO wynosi średnio 1,67, a stosunek $\text{Na}/\text{K} = 0,51$. Średnia zawartość chloru jest niska i wynosi 646 g/t, a średnia zawartość siarki całkowitej $S_t = 1,28\%$ (średnia zawartość siarki pirytovej $S_p = 0,72\%$). Średnia zawartość fosforu P wynosi 287 g/t (tylko w jednej próbce zawartość P przekracza 1000 g/t, wynosząc 1025 g/t). Średnia zawartość fluoru F wynosi 141 g/t. Spośród pierwiastków podrzędnych i śladowych większość występuje w koncentracjach nieco wyższych od średnich otworowych (Be, Co, Ga, Nb, Ni, Th, Ti, V i Zn), część jest bliska średnim otworowym (Br, Ge, Mo, Pb, Rb, Sr, U, Y i Zr), kilka ma koncentracje niższe od średnich otworowych (As, Ba i Mn).

Z warstw pietrkowickich przebadano 10 próbek węgla, z których żadna nie pochodziła z pokładu bilansowego (stanowi to 25,6% ogółu przebadanych próbek). Średnia zawartość popiołu w omawianym węglu wynosi 10,8%. Średni skład chemiczny popiołów węglowych przedstawia się następująco: SiO_2 – 39,6%, Al_2O_3 – 22,0%, Fe_2O_3 – 27,1%, CaO – 3,92%, MgO – 2,22%, Na_2O – 1,01%, K_2O – 1,70%. Średnia wartość modułu $M = 0,58$ oraz wskaźnik $\text{Si}/\text{Al} =$

1,60 świadczą o wyraźnej przewodzie krzemionki nad Al_2O_3 . Wartość modułu K wynosi $-0,55$. Stosunek Fe_p/Fe_t wynosi średnio 0,37 (w pięciu próbkach jest bardzo niski 0,01–0,08, w pozostałych 0,50–0,82), podobny jest stosunek S_p/S_t . Średni stosunek CaO/MgO wynosi 1,77, a $Na/K - 0,59$. Średnia zawartość chloru jest względnie niska i wynosi 728 g/t (średnia zawartość siarki całkowitej $S_t = 1,51\%$, siarki pirytovej $S_p = 0,90\%$). Średnia zawartość fosforu wynosi 178 g/t, fluoru – 129 g/t. Spośród pierwiastków podrzędnych i śladowych średnie koncentracje większości z nich są wyższe od średnich otworowych (As, Be, Co, Cr,

Ge, Nb, Ni, Pb, Sr, Th, Ti, V, Y, Zn i Zr), średnie koncentracje kilku są bliskie średnim otworowym (Br, Ga, Mn, Mo i U), jedynie średnie koncentracje Ba i Rb są niższe od średnich otworowych.

W obrębie warstw pietrzkowickich występuje, omawia na wyżej, warstwa węgla z głęb. 2086,00 m o wysokiej zawartości $SiO_2 - 53\%$, wzbogacona w szereg pierwiastków pobocznych i śladowych. Wyjątkowo wysoka jest tu zawartość cyrkonu Zr (2900 g/t), podwyższoną zawartość stwierdzono także w przypadku Be, Co, Cr, Ga, Nb, Ni, Sr, Th, Ti, V, Y i Zn.

PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy chemicznej 39 próbek węgla z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 (w tym sześć próbek z pokładów bilansowych) przedstawiono zakresy koncentracji oraz korelacje poszczególnych składników geochemicznych oraz przebieg ich zmienności w profilu karbonu w odniesieniu do ogniw litostratygraficznych karbonu.

Zapocielenie omawianego węgla wynosi przeciętnie 14,7% (węgiel z pokładów bilansowych 15,1%). Podstawowy skład chemiczny popiołów jest głównie glinowo-krzemianowy, aczkolwiek w popiołach z węgla z warstw siodłowych występują wzbogacenia w CaO oraz w Na_2O (w jednej próbce w K_2O), w popiołach węgla z serii paralicznej wzbogacenia w Fe_2O_3 . Zawartość pirytu w omawianym węglu wynosi 0,02–7,44%, najwyższa średnia zawartość pirytu występuje w węglu z warstw porębskich (2,77%), natomiast bardzo niska jest jego zawartość w środkowej części warstw gruszowskich. Średnia zawartość chloru jest względnie niska (648 g/t), nieco podwyższoną zawartość stwierdzono w węglu z warstw siodłowych. Zawartość siarki całkowitej

wynosi 0,21–4,42% (średnio 1,32%). Najniższa zawartość siarki całkowitej występuje w węglu z warstw siodłowych, w węglu z serii paralicznej (poza dwoma próbkami węgla z warstw jakłowieckich) średnia zawartość siarki całkowitej przekracza 1%. Średnia zawartość fosforu w badanym węglu wynosi 209 g/t, zawartość powyżej 600 g/t (klark dla skał osadowych) występuje tylko w dwóch próbkach. Średnia zawartość fluoru wynosi 124 g/t.

Zawartość pierwiastków podrzędnych i śladowych jest zbliżona do zawartości przeciętnych dla węgla ze środkowej części zagłębia. Większość omawianych pierwiastków (As, Be, Co, Cr, Ge, Mn, Nb, Ni, Ti, V, Y, Zn i Zr) wykazuje podwyższoną koncentrację w stosunku do średnich otworowych w popiołach węgla z dolnej części badanego profilu. W warstwach siodłowych, zalegających w stropie karbonu w badanym profilu, wzbogacenia dotyczą Ba i Pb. Jedna próbka węgla z warstw gruszowskich wyróżnia się wysokim wzbogaceniem w Zr oraz w szereg innych pierwiastków.

Janusz JURECZKA, Zbigniew PĘKAŁA

BADANIA GAZOWE WĘGLA

W otworze Ruptawa IG 1 przeprowadzono następujące rodzaje badań gazowych (Pękała, 1988):

- badania zawartości metanu i jakości gazu w pokładach węgla metodą degazacji próżniowej,

- badania desorbometryczne pokładów węgla,
- badania zawartości węglowodorów w płuczce wiertniczej.

METODY I ZAKRES BADAŃ

Badania zawartości metanu i jakości gazu w pokładach węgla metodą degazacji próżniowej

Opróbowanie polegało na pobraniu na otworze próbki rdzenia węglowego do specjalnego, hermetycznie zamykanego pojemnika. Następnie pobraną próbkę odgazowywano w próżni w dwóch fazach (z mieleniem węgla w drugiej fa-

zie), a otrzymany w ten sposób gaz analizowano w aparacie chromatograficznym na zawartość węglowodorów i innych składników towarzyszących (N_2 , CO , CO_2 , H_2 i He). Na podstawie analizy określono zawartość metanu w pokładzie węgla w m^3/t węgla, a po uwzględnieniu zawartości wilgoci i popiołu w badanym węglu oraz współczynnika zwiększającego 1,33 (z uwagi na nieuniknione straty gazu podczas

pobierania próbki) ostateczny wynik badania podano w m³ metanu na tonę czystej (bezpopiołowej) i suchej (bez wilgoci) substancji węglowej (m³CH₄/t csw). Tak obliczona metanonośność była podstawą do określenia stopnia (kategorii) zagrożenia metanowego danego pokładu węgla.

Do pojemników hermetycznych opróbowano 23 pokłady węgla z głęb. 465,50–2226,90 m.

Badania desorbometryczne pokładów węgla

Bezpośrednio na otworze wykonano badania desorbometryczne dla 26 pokładów węgla z głęb. 434,10–2204,75 m. Polegały one na pomiarze intensywności wydzielania się gazu mierzonej przyrostem ciśnienia ΔP z odpowiednio przygotowanej (rozdrobnionej) próbki węgla umieszczonej w desorbometrze typu DMC-2. Wynik pomiaru ΔP w mm słupa H₂O odczytywano na skali przyrządu po drugiej (ΔP_2) i czwartej (ΔP_4) minucie od chwili rozpoczęcia pomiaru. W toku dalszych prac określono ciśnienie gazu w pokładzie oraz właściwości desorpcyjne, czyli zdolność wydzielania się gazu z pokładu w zależności od ciśnienia nasycenia. Wartość ΔP_2 wraz z metanonośnością pokładu i wskaźnikiem zwięzłości węgla informuje o zdolności węgla do wyrzutów metanu. Węgiel jest skłonny do wyrzutów metanu, gdy $\Delta P_2 > 120$ mm H₂O, metanonośność $> 8,0$ m³ CH₄/t csw i wskaźnik zwięzłości węgla $< 0,3$.

Badania zawartości węglowodorów w płuczce wiertniczej

Badania zawartości węglowodorów w płuczce wiertniczej wykonano w trakcie wiercenia w laboratorium polowym metodą pełnej degazacji termiczno-próżniowej próbek płuczki w aparacie DMS-1. Wyniki badań podano w cm³ CH₄/dm³ płuczki. Ogółem przebadano 37 próbek płuczki z głęb. 450,00–2450,00 m.

Charakterystyka metanonośności przewierconych pokładów węgla

Zawartość metanu w pokładach węgla jest zróżnicowana z głębokością zalegania pokładów (tab. 35, fig. 22). Do głęb. ok. 2050,00 m występują pokłady średnio i wysoko metanowe, głównie II i III kategorii zagrożenia metanowe-

go, przy czym przeważają w tym interwale pokłady III kategorii o metanonośności większej niż 4,5 m³ CH₄/t csw. Najwyższą metanonośność (9,67 m³ CH₄/t csw) stwierdzono w pokładzie węgla 510 na głęb. 563,10 m i jest to jednocześnie jedyny przypadek IV najwyższej kategorii zagrożenia (powyżej 8,0 m³ CH₄/t csw). Wysokie metanonośności rzędu 6–7 m³ CH₄/t csw występują na głęb. 1359,35–1758,35 m. Poniżej tej głębokości metanonośność pokładów węgla się zmniejsza, a od głęb. ok. 2050,00 m występują wyłącznie pokłady I i II kategorii zagrożenia metanowego. Taki rozkład metanonośności potwierdzają badania desorbometryczne. Określone na ich podstawie ciśnienie gazu w pokładach waha się w granicach 1,5 do ponad 18 atm do głęb. 2050,00 m i 4,5–10,7 atm poniżej. Średnie właściwości desorpcyjne dla całego otworu wynoszą od 13 mm H₂O/3 g csw dla ciśnienia nasycenia 2 atm do 80 mm H₂O/3 g csw dla ciśnienia nasycenia 10 atm. Najintensywniej wydziela metan pokład z głęb. 560,6–563,1 m (pokład 510 z warstw siodłowych), najslabiej pokład z głęb. 2046,4–2046,8 m (w warstwach pietrkowickich).

Występujący w otworze wiertniczym Ruptawa IG 1 rozkład metanonośności pokładów węgla względem głębokości potwierdza ogólnie przyjmowany dla południowej części GZW pionowy model zmienności metanu, tzw. model południowy. W modelu tym występuje przystropowa (pod mioceniem) strefa wtórnego nasycenia metanem pokładów węgla, następnie zawartość metanu maleje do głęb. ok. 1000 m, aby ponowne maksimum osiągnąć na głęb. 1500–1600 m (Kotas i in., 1994).

Na podstawie przeprowadzonych badań w profilu otworu Ruptawa IG 1 nie stwierdzono skłonności węgla do wyrzutów metanu.

Zawartość metanu w płuczce wiertniczej jest niska i bardzo niska (maks. do 3,24 cm³/t) i jest związana z metanonośnymi pokładami węgla.

Chemizm gazu z pokładów węgla

Uzyskany z pokładów węgla gaz ogólnie jest mieszaniną metanu i azotu (tab. 36). Przeważającym składnikiem w całym profilu jest metan występujący w ilości 58,60–86,11%. Azot występuje w ilości 13,15–40,03%. Zawartość etanu waha się w granicach 0,05–5,58%. Poniżej głęb. 1750,00 m zauważono wzrost zawartości dwutlenku węgla do kilku procent, a poniżej głęb. 2000 m także helu do 0,15%.

PODSUMOWANIE

- W otworze wiertniczym Ruptawa IG 1 wykonano następujące badania gazowe:
- badania zawartości metanu w pokładach węgla metodą degazacji próżniowej – 23 oznaczenia,
- badania desorbometryczne pokładów węgla – 26 oznaczeń,
- badania zawartości metanu w płuczce wiertniczej – 37 oznaczeń.
- Do głęb. ok. 2050,00 m występują głównie pokłady węgla II–III kategorii zagrożenia metanowego (zawartość metanu większa niż 4,5 m³ CH₄/t csw), poniżej głęb. 2050,00 m są to pokłady I–II kategorii. Ciśnienie gazu

Tabela 35

Metanonośność pokładów węgla
Volume of methane in coal seams

Litostratygrafia Lithostratigraphy		Zaleganie pokładów węgla Deposition of coal seams [m]		Maksymalna zawartość CH ₄ i C ₂ H ₆ przy odgazowaniu Maximum content of CH ₄ and C ₂ H ₆ during degasification [% obj.]		Zawartość CH ₄ [m ³ /t węgla] CH ₄ content [m ³ /t of coal]	Dane analityczne węgla Analytical data of the coal			Zawartość CH ₄ [m ³ /t csw] CH ₄ content [m ³ /t coal ^{daf}]	Metanonośność pokładu węgla [m ³ CH ₄ /t csw] Coal-bed methane content [m ³ /t coal ^{daf}]	Uwagi Remarks
		spąg base	miąższość thickness	CH ₄	C ₂ H ₆		wilgoć moisture [%]	popiół ash [%]	części lotne volatile matter [%]			
GSP	warstwy siodłowe	466,10	0,60	65,77	0,16	0,581	18,82	9,34	26,59	0,809	>1,076	poj. nieszczelny
		492,20	0,60	91,03	0,21	1,798	10,07	23,23	19,74	2,696	3,585	
		563,10	2,50	66,62	0,04	5,728	8,80	14,00	20,65	7,420	9,668	
Seria paraliczna	warstwy porębskie	707,10	1,00	83,71	0,01	3,353	2,89	22,97	22,61	4,522	6,015	
		856,15	0,45	71,94	0,09	2,443	3,70	27,44	17,28	3,548	4,718	
		896,20	0,80	68,18	1,00	3,552	1,97	8,78	13,80	3,980	5,293	
		908,85	0,35	49,47	1,08	0,717	1,97	8,78	13,80	0,803	>1,068	poj. nieszczelny
	warstwy jakłowieckie	1023,05	0,40	61,83	4,37	2,782	1,75	11,11	15,47	3,192	4,246	
	warstwy gruszowskie	1359,35	0,35	48,38	0,29	3,730	1,97	24,96	12,24	5,105	6,789	
		1659,40	0,35	75,35	0,43	2,932	2,29	22,98	9,44	3,923	5,218	
		1718,20	0,20	78,25	0,29	3,951	2,08	10,22	6,25	4,505	5,992	
		1736,90	0,30	64,62	0,27	4,628	1,98	8,24	6,20	5,155	6,856	
		1741,60	0,20	52,40	0,33	0,855	2,31	23,41	7,14	1,151	1,531	
		1758,35	0,90	78,67	0,27	3,441	1,90	24,37	8,06	4,667	6,207	
	warstwy pietrkowickie	1883,15	0,35	79,27	0,25	2,660	1,57	17,37	8,12	3,281	4,364	
		1920,75	0,35	65,81	0,18	3,072	1,67	7,61	6,37	3,386	4,504	
		2037,00	0,20	63,61	0,14	3,178	2,58	6,45	3,97	3,493	4,646	
		2046,80	0,40	59,82	0,08	1,771	1,41	7,75	4,99	1,949	2,593	
2086,00		0,20	70,93	0,13	1,645	1,48	7,10	4,81	1,799	2,393		
2125,00		0,50	56,55	0,12	1,984	2,45	10,68	6,15	2,284	3,037		
2136,85		0,25	54,73	0,12	1,863	6,62	13,03	6,71	2,319	3,084		
2204,75		0,25	70,96	0,14	1,701	0,94	1,63	4,72	1,746	2,322		
2226,90	0,40	78,09	0,11	2,418	0,94	1,77	4,12	2,485	3,305			

GSP – górnośląska seria piaskowcowa; cs w – czysta substancja węglowa
GSP – Upper Silesian Sandstone Series; daf – dry ash free

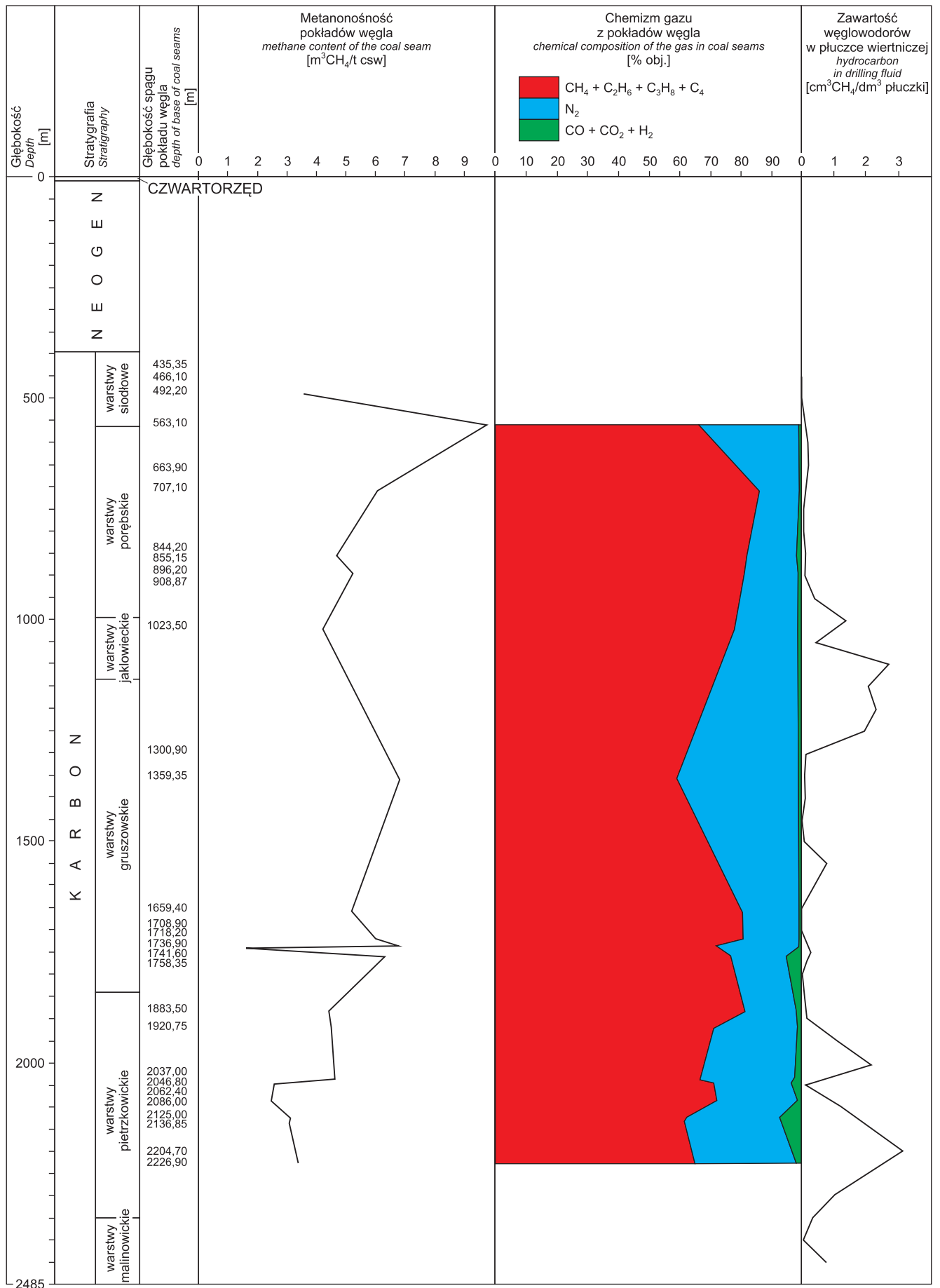


Fig. 22. Metanonośność i chemizm gazu w pokładach węgla otworu wiertniczego Ruptawa IG 1

Methane content and chemical composition of the gas in the Ruptawa IG 1 coal seams

**Tabela 36****Chemizm gazu z pokładów węgla**

Gas chemistry in the coal seams

Lp.	Głębokość zalegania pokładów węgla Depth of coal seam deposition [m]		Skład chemiczny gazu Chemical composition of gas [%]								
	spąg bottom	miąższość thickness	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄	N ₂	CO	CO ₂	H ₂	He
1	563,10	2,50	66,99	0,05	0,00	0,00	32,61	0,00	0,30	0,047	0,000
2	707,10	1,00	86,11	0,01	0,00	0,00	13,15	0,00	0,33	0,390	0,000
3	855,15	0,45	83,29	0,10	0,00	0,00	14,93	0,00	1,45	0,220	0,000
4	896,20	0,80	79,81	1,17	0,01	0,00	17,91	0,00	1,06	0,020	0,009
5	1023,50	0,40	72,07	5,58	0,23	0,01	20,87	0,00	1,10	0,140	0,004
6	1359,35	0,35	58,60	0,38	0,00	0,00	40,03	0,00	0,53	0,410	0,047
7	1659,40	0,35	81,94	0,47	0,00	0,00	17,15	0,00	0,19	0,240	0,000
8	1718,20	0,20	80,59	0,30	0,00	0,00	18,37	0,00	0,52	0,180	0,020
9	1736,90	1,30	72,36	0,30	0,00	0,00	26,95	0,00	0,13	0,230	0,026
10	1758,35	0,90	92,04	0,28	0,00	0,00	13,21	0,00	4,33	0,130	0,000
11	1893,15	0,35	82,21	0,26	0,00	0,00	15,96	0,00	0,81	0,760	0,000
12	1920,75	0,35	72,89	0,20	0,00	0,00	25,85	0,00	0,43	0,620	0,000
13	2037,00	0,20	67,03	0,15	0,00	0,00	30,10	0,00	1,79	0,830	0,096
14	2046,80	0,40	72,23	0,10	0,00	0,00	24,16	0,00	3,17	0,180	0,150
15	2086,00	0,20	74,03	0,13	0,00	0,00	24,24	0,00	0,95	0,530	0,100
16	2125,00	0,50	65,22	0,14	0,00	0,00	26,88	0,00	7,17	0,480	0,110
17	2136,85	0,25	63,82	0,14	0,00	0,00	29,39	0,00	6,18	0,350	0,110
18	2226,90	0,40	80,11	0,11	0,00	0,00	18,11	0,00	1,12	0,530	0,028

waha się w granicach 1,5 do ponad 18 atm na głęb. do 2050,00 m i 4,5–10,7 atm poniżej tej głębokości. Nie stwierdzono skłonności węgla do wyrzutów metanu.

- Niewielka zawartość węglowodorów w płucze wiertniczej jest związana z metanonośnymi pokładami węgla.

- Przeważającym składnikiem gazu (od ok. 60% do pow. 80%) jest metan. Poniżej głęb. 1750,00 m obserwowano wzrost zawartości dwutlenku węgla do kilku procent, a poniżej głęb. 2000,00 m również helu do 0,15%.

Stanisław WOŁKOWICZ**PRZEJAWY MINERALIZACJI SZCZELIN W SKAŁACH KARBONU**

Do badań mineralogicznych pobrano 131 próbek ze skał karbonu górnego z głęb. 782,6–2425,5 m. Na potrzeby szczegółowych badań mikroskopowych wykonano 16 preparatów do światła przechodzącego (płytki cienkie) i 12 preparatów do światła odbitego (płytki polerowane).

W opisywanym otworze mineralizacja występuje przede wszystkim w postaci wypełnienia szczelin, najczęściej o upadzie 60–80°, oraz w formie kongrecji syderyto-

wych i pirytowych. Żyłki wypełniające spękania tektoniczne zazwyczaj mają małą miąższość, wynoszącą 1–3 mm, rzadko rejestrowano żyłki o miąższości do 4 cm. Spękania są zwykle w całości wypełnione treścią mineralną. Najczęściej występują w skałach piaskowcowych, rzadziej w mułowcach i iłowcach. Wypełnienia spękań stanowią najczęściej kwarc, dolomit, ankeryt, piryt, rzadziej kalcyt, anhydryt kaolinit i galena. W dolnej części profilu otworu spo-

radycznie zaobserwowano występowanie spękań wzajemnie przecinających się. Spękania pierwszej generacji wypełnia kwarc, a drugiej – młodszej – dolomit i ankeryt.

Formy konkrecyjne są dość rzadko spotykane. Konkrecje syderytowe mają rozmiary od 5 do ponad 10 cm. Duże

formy mają przeważnie rozwiniętą sieć żyłek septariowych, których treść stanowią kwarc, kalcyt, dolomit i ankeryt. Minerale te często tworzą formy automorficzne w centralnych częściach dużych septarii. Konkrecje pirytowe są monomineralne i mają niewielkie rozmiary, wynoszące 1–2 cm.

CHARAKTERYSTYKA MINERAŁÓW

Kwarc jest najczęściej spotykanym minerałem, wypełnia zarówno spękania, jak i żyłki septariowe. Przeważnie jest wykształcony ksenomorficznie, jest przezroczysty, niekiedy szaro-biały. W wolnych przestrzeniach w szczelinach tworzy automorficzne formy w postaci słupa o długości do 5 mm zakończonego piramidką.

Minerały z grupy dolomit-ankeryt stanowią szereg izomorficzny $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 - \text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$, jednak czyste odmiany są spotykane rzadko. Najpospolitszy jest dolomit wzbogacony w Fe. Ankeryt jest przeważnie hipautomorficzny, tworząc duże kryształy o rozmiarach do 1 cm. Jest brunatny, występuje przeważnie w centralnych częściach żyłek, wypełniając je w pełni, rzadziej w postaci izolowanych romboedrów o wielkości 2–3 mm. Najczęściej występuje w kwarcu i jest minerałem od niego późniejszym. Dolomit przeważnie jest hipautomorficzny, białawy. W pustkach jest automorficzny i tworzy kryształy o wielkości do 1 cm. Najczęściej towarzyszy kwarcowi, od którego jest późniejszy. Towarzyszą mu niekiedy kaolinit i piryty.

Piryty jest minerałem najczęściej spotykanym w badanym materiale, lecz występującym w podrzędnych ilościach. Tworzy kryształy automorficzne o wielkości ok. 1 mm i występuje na innych minerałach stanowiących podstawową treść mineralną wypełniającą spękania (kwarc, anhydryt i dolomit). Piryty występuje również w formach konkrecyjnych, budując konkrecje pirytowe w całości. W kon-

kreacjach syderytowych występuje przeważnie w postaci drobnych (do 0,1 mm) hipautomorficznych wydzielen, niekiedy tworzy agregaty o wielkości 2–3 mm.

Kalcyt jest rzadko spotykany i występuje poniżej głęb. 2140 m. Jest wykształcony w postaci tabliczek o wielkości do 1 cm, jest barwy białej. W całości wypełnia spękania. Przeważnie występuje samodzielnie, rzadko towarzyszy mu kwarc i piryty.

Anhydryt rzadko występuje w profilu Ruptawa IG 1. Jego występowanie ogranicza się do głęb. 1403–1493 m. Jest bardzo drobnoziarnisty, ma białoszarą barwę. Wypełnia zewnętrzne części żyłek. Towarzyszą mu inne minerały: kwarc, dolomit, piryty i ankeryt.

Kaolinit jest minerałem rzadko spotykanym w postaci wypełnienia żyłek. Występuje w postaci białego proszku wypełniającego centralne części spękań.

Galena jest minerałem występującym sporadycznie w badanym materiale i została stwierdzona jedynie na głęb. 1400, 1491 i 1619 m. Tworzy wprysnięcia o wielkości do 5 mm w centralnych częściach żyłek. Jest wykształcona automorficznie i charakteryzuje się doskonałą łupliwością.

Syderyt tworzy stosunkowo nielicznie występujące konkrecje. Jest wykształcony w postaci bardzo drobno-kryształicznej masy, w której są obecne kryształy i agregaty piryty.

PODSUMOWANIE

- Najpospolitszą formą występowania mineralizacji w profilu Ruptawa IG 1 są wypełnienia spękań tektonicznych. Rzadziej występującą formą są konkrecje syderytowe i pirytowe. Spękania najczęściej występują w skałach piaskowcowych, rzadziej w iłowcach i mułowcach
- Spękania tektoniczne są wypełnione kwarcem, dolomi-

tem, ankerytem, pirytem, kalcytem, anhydrytem, kaolinitem i galeną. Starsza generacja spękań jest wypełniona kwarcem.

- Formy konkrecyjne są zbudowane z syderytu i piryty. Septarie w konkrecjach syderytowych są wypełnione kwarcem, kalcytem, dolomitom i anhydrytem.

Marcin JANAS

BADANIA GEOCHEMICZNE MATERII ORGANICZNEJ METODĄ ROCK-EVAL

Analiza pirolityczna Rock-Eval (R-E) jest wstępną, geochemiczną metodą badania potencjalnych skał macierzystych i zbiornikowych dla węglowodorów, stosowaną na całym świecie od kilku dekad. Metodę tę opracowano w latach

siedemdziesiątych we Francuskim Instytucie Naftowym – IFP. Zarys metod badań przedstawiono w pracach polskich i zagranicznych autorów (np. Espitalié i in., 1977a, b, 1985; Kotarba, Szafran, 1985; Wilczek, Merta, 1992; Mc Carthy

i in., 2011). Zalety i udoskonalenia najnowszej wersji aparatu Rock-Eval 6, wykorzystywanego w Pracowni Geochemicznej PIG-PIB, przedstawiono m.in. w pracach Behar'a i in. (2001), Lafargue'a i in. (1998) oraz Bielenia i in. (2008).

Analiza pirolityczna R-E dostarcza parametry i wskaźniki pozwalające na określenie m.in. typu kerogenu zawartego w skałach, stopnia dojrzałości termicznej materii organicznej oraz potencjału węglowodorowego (tab. 37 i 38).

PRZYGOTOWANIE PRÓBEK

Do badań pirolitycznych aparatem Rock-Eval 6 pobrano 23 próbki geologiczne z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 z głęb. 491,0–2403,5 m. Próbkę stanowiły fragmenty rdzenia wiertniczego przechowywanego w archiwum rdzeni wiertniczych i próbek geologicznych Narodowego Archiwum Geologicznego (NAG) w Hołownie. Próbki reprezen-

towały karbońskie utwory mułowcowe, iłowcowe i łupki węglaste. Pobór próbek w nieregularnych odstępach był podyktowany dostępnością rdzenia. Przed wykonaniem analiz próbki przemyto wodą, wysuszono, a następnie skruszono do odpowiedniej frakcji (<0,2 mm). Waga każdej badanej próbki wynosiła 40–60 mg.

INTERPRETACJA WYNIKÓW

Typ kerogenu

Kerogen jest określany mianem prekursora węglowodorów i jest ściślej definiowany jako ta część materii organicznej rozproszonej w skałach osadowych, która nie rozpuszcza się w powszechnie używanych rozpuszczalnikach organicznych (Durand, 1980). Ze względu na odmienny rodzaj organicznego materiału źródłowego oraz jego środowiska depozycji, wyróżnia się cztery typy kerogenu: ropo-

twórzy kerogen typu I, ropo- i gazotwórczy kerogen typu II, gazotwórczy kerogen typu III oraz inertny kerogen typu IV (tab. 39; np. Peters i in., 2005).

Najpraktyczniejszą metodą rozróżnienia typów kerogenu zawartych w skałach macierzystych jest interpretacja wskaźników wodorowych (HI) i tlenowych (OI) wraz z temperaturami maksymalnego generowania węglowodorów ($T_{maks.}$). Typy kerogenu można określić za pomocą rzutowania punktów, których współrzędne są równe warto-

Tabela 37

Parametry mierzone podczas analizy pirolitycznej Rock-Eval 6

Parameters measured during Rock-Eval 6 analysis

Mierzone parametry Measured parameters	Jednostka Unit	Nazwa Name
S1	mgHC/g skały	wolne węglowodory
S2	mgHC/g skały	węglowodory generowane w wyniku pirolizy – rezydualny potencjał węglowodorowy
TpS2	°C	temperatura maksymalnej powierzchni piku S2
S3	mgCO ₂ /g skały	CO ₂ powiązane z materią organiczną
S3'	mgCO ₂ /g skały	CO ₂ powiązane z materią mineralną
TpS3'	°C	temperatura maksymalnej powierzchni piku S3'
S3CO	mgCO/g skały	CO powiązane z materią organiczną
TpS3CO	°C	temperatura maksymalnej powierzchni piku S3CO
S3'CO	mgCO/g skały	CO powiązane z materią organiczną i materią mineralną
S4CO ₂	mgCO ₂ /g skały	CO ₂ powiązane z materią organiczną
S5	mgCO ₂ /g skały	CO ₂ powiązane z materią mineralną
TpS5	°C	temperatura maksymalnej powierzchni piku S5
S4CO	mgCO/g skały	CO powiązane z materią organiczną

Tabela 38

Wskaźniki obliczone na podstawie parametrów pomierzonych podczas analizy pirolitycznej Rock-Eval 6
Indicators based on parameters measured during Rock-Eval 6 analysis

Obliczone wskaźniki Calculated indicators	Jednostka Unit	Wzór Formula	Nazwa Name
$T_{maks.}$	°C	$TP_{S2} - \Delta T_{maks.}$	$T_{maks.}$ – temperatura maksymalnego generowania węglowodorów
PI		$S1/(S1+S2)$	wskaźnik generowania
PC	% wag.	$[(S1+S2) \cdot 0,83] + [S3 \cdot 12/44] + [(S3CO+S3'CO/2) \cdot 12/28]/10$	węgiel organiczny podatny na proces pirolizy
RC CO	% wag.	$(S4CO \cdot 12/28)/10$	węgiel organiczny rezydualny (CO)
RC CO ₂	% wag.	$(S4CO_2 \cdot 12/44)/10$	węgiel organiczny rezydualny (CO ₂)
RC	% wag.	RC CO + RC CO ₂	węgiel organiczny rezydualny
TOC	% wag.	PC + RC	całkowita zawartość węgla organicznego
HI	mg HC/g TOC	$(S2 \cdot 100)/TOC$	wskaźnik wodorowy
OI	mg CO ₂ /g TOC	$(S3 \cdot 100)/TOC$	wskaźnik tlenowy
OI CO	mg CO/g TOC	$(S3CO \cdot 100)/TOC$	indeks tlenowy (CO)
pyroMINC	% wag.	$[(S3' \cdot 12/44) + (S3'CO \cdot 12/56)]/10$	zawartość węgla mineralnego pirolitycznego
oxiMINC	% wag.	$(S5 \cdot 12/44)/10$	zawartość węgla mineralnego oksydacyjnego
MINC	% wag.	pyroMINC + oxiMINC	węgiel mineralny

Tabela 39

Typy kerogenu (wg Waples, 1985 zmienione)
Kerogen types (after Waples, 1985 modified)

Grupa macerałów Maceral group	Typ kerogenu Kerogen type	Materiał źródłowy Source material	Środowisko depozycji Depositional environment
liptynitu	I	algi słodkowodne	jeziorne
	II	niepewnego pochodzenia	morskie/ lądowe
		lipidy wszelakich roślin; algi morskie	morskie/ lądowe
		detrytus	morskie/ lądowe
		żywice i woski wypełniające komórki	lądowe/ morskie
		spory i ziarna pyłku	lądowe/ morskie
	kutikule (nabłonki liści) roślin lądowych	lądowe/ morskie	
witrynitu	III	materiał drzewny roślin lądowych	lądowe
inertynitu	IV	silnie utleniony lub przerobiony materiał organiczny dowolnego rodzaju	lądowe

ściom tychże wskaźników, na tzw. zmodyfikowany diagram Van Krevelen'a (diagram HI/OI) (fig. 23) oraz diagram HI/ T_{maks} . (fig. 24). Pierwszy z powyższych sposobów jest praktycznym uproszczeniem analizy elementarnej kerogenu i interpretacji stosunków atomowych wodoru do węgla i tlenu do węgla na diagramie Van Krevelen'a.

Wszystkie wyniki przebadanych próbek geologicznych z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 znajdują się w lewym dolnym rogu diagramu HI/OI, co świadczy o wysokim stopniu przeobrażenia termicznego badanej materii organicznej. Wysokie przeobrażenie termiczne znacznie utrudnia identyfikację pierwotnego typu kerogenu. Wynika to z faktu, że wraz ze wzrostem dojrzałości termicznej, następuje proces uwęglania, prowadzący do redukcji zawartości wodoru i tlenu w stosunku do węgla w składzie chemicznym kerogenu (Peters i in., 2005). W efekcie, wyniki badań próbek, zawierających wysoko przeobrażony kerogen dowolnego typu lub mieszkankę wysoko przeobrażonych kerogenów różnego typu, mogą znaleźć się w lewym dolnym rogu diagramu HI/OI i być mylnie zinterpretowane jako kerogen źródłowy typu IV (Dembicki, 2009). Analizując wy-

niki przebadanych próbek na diagramie HI/OI (fig. 23), można zauważyć, że wraz ze wzrostem głębokości i dojrzałości termicznej, wyniki zbliżają się do wartości zerowych wskaźnika wodorowego i tlenowego. Można też zaryzykować stwierdzenie, że wyniki podążają za trendem przeobrażeń termicznych, charakterystycznym dla humusowego kerogenu typu III.

Rozmieszczenie wyników na diagramie HI/ T_{maks} , również jest zgodne z trendem przeobrażeń termicznych kerogenu typu III, natomiast kerogen próbek o wartościach wskaźnika wodorowego poniżej 50 mg HC/g TOC, znajdujący się na najwyższym stopniu przeobrażenia termicznego, może wykazywać właściwości kerogenu inertnego typu IV (fig. 24). Interpretacja diagramów HI/OI oraz HI/ T_{maks} wskazuje więc, że próbki skał z całego profilu karbonu otworu Ruptawa IG 1 są zdominowane przez humusowy kerogen typu III z domieszką kerogenu typu IV, których materiałem źródłowym była głównie roślinność lądowa.

Kerogeny typu III i IV charakteryzują się zazwyczaj niskimi wartościami wskaźnika wodorowego oraz podwyższonymi wartościami wskaźnika tlenowego. Kerogen typu

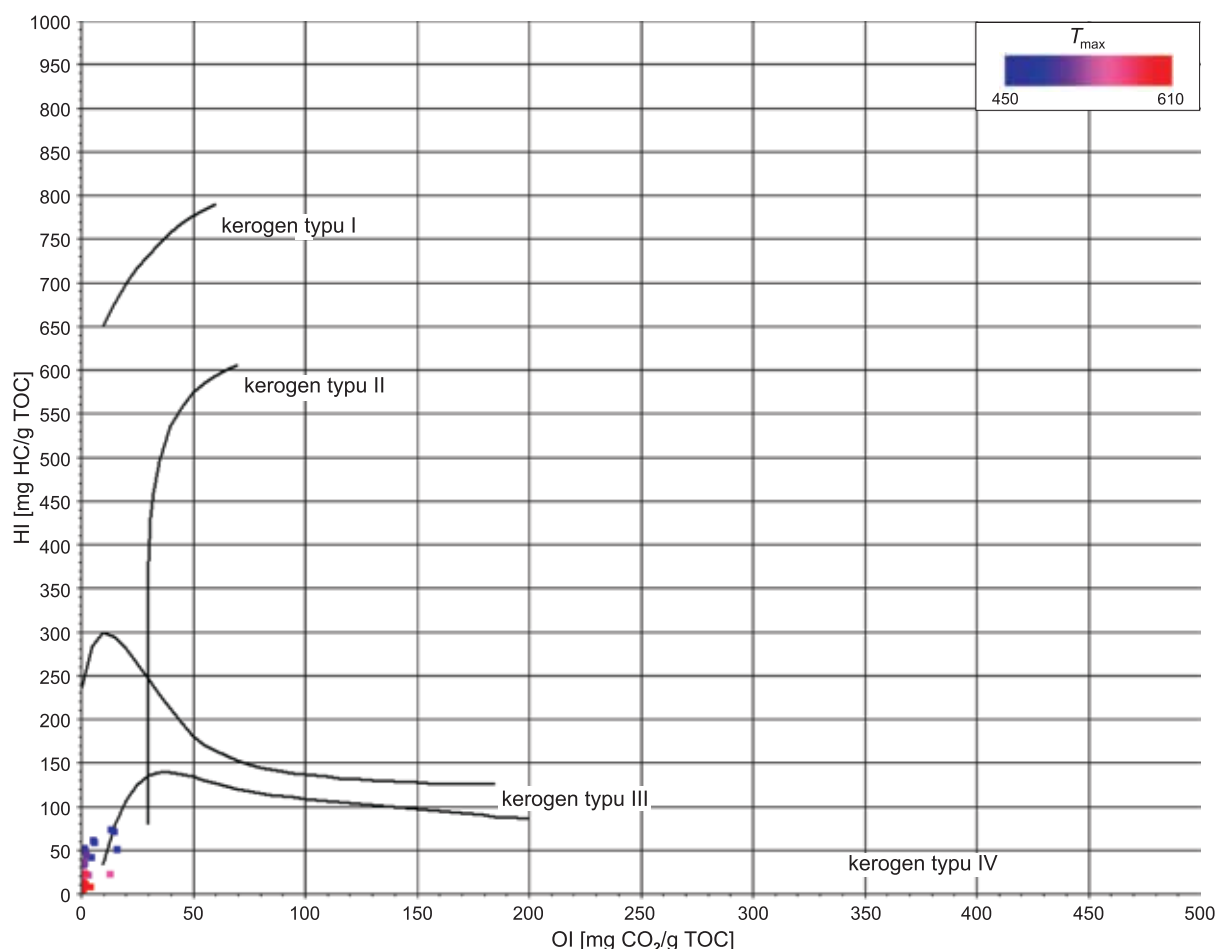


Fig. 23. Zmodyfikowany diagram Van Krevelena przedstawiający wyniki badanych próbek. Ścieżki przeobrażenia termicznego dla poszczególnych typów kerogenu wg Espitalié i in. (1985)

Modified Van Krevelen diagram showing the results of analyzed samples. Maturity paths of individual kerogen types after Espitalié *et al.* (1985)

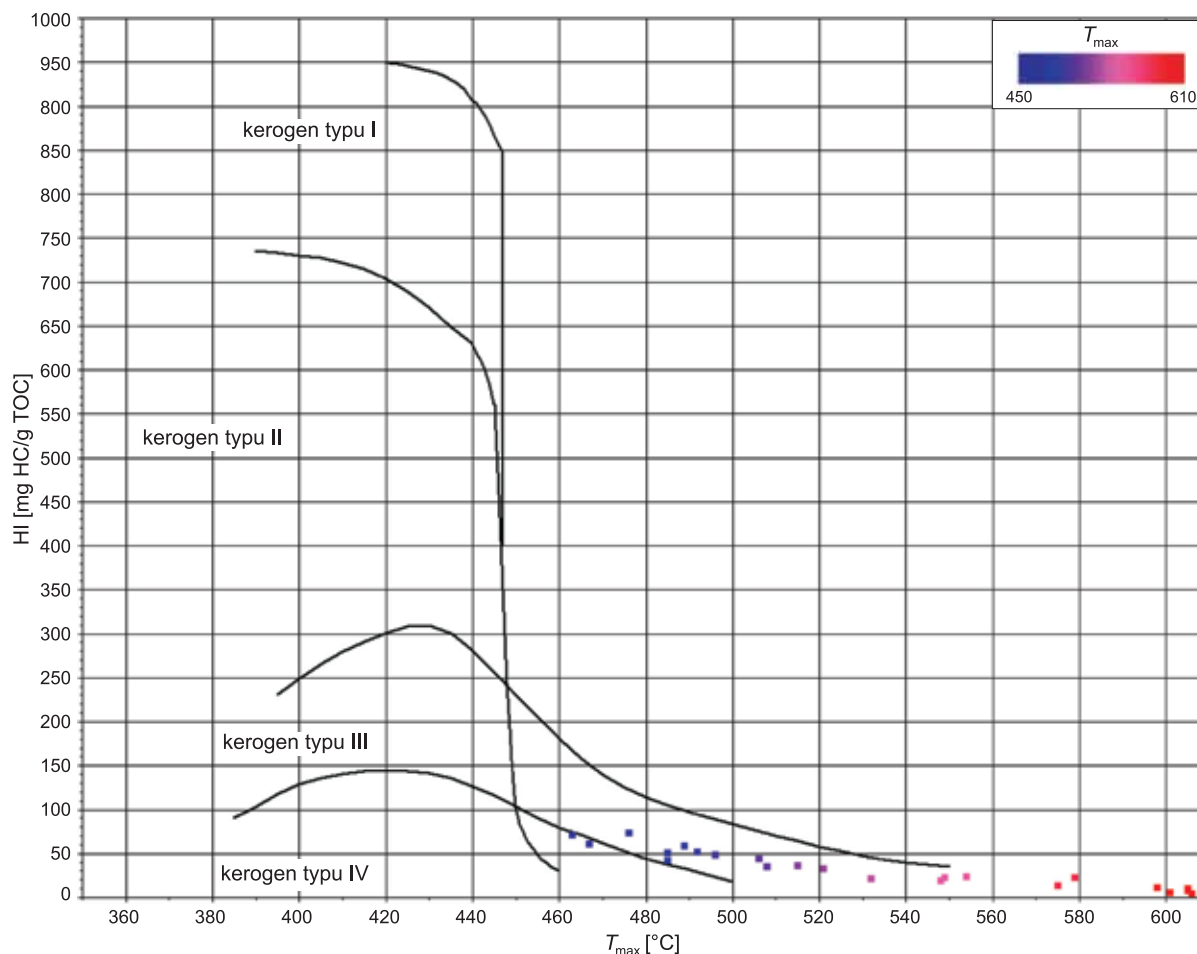


Fig. 24. Diagram zależności HI/ $T_{maks.}$ przedstawiający wyniki badanych próbek. Linie klasyfikacyjne kerogenu wg Espitalié i in. (1985)

HI/ $T_{maks.}$ diagram showing the results of analyzed samples.
Kerogen classification lines after Espitalié *et al.* (1985).

IV cechują ponadto wysokie wartości $T_{maks.}$ oraz redukcja wartości parametru S2 (Peters, 1986). Zatem na zawartość kerogenu typu III i domieszkę kerogenu typu IV w badanych próbkach wskazują przede wszystkim niskie wartości wskaźników wodorowych (HI; 4–73 mg HC/g TOC, średnio 33 mg HC/g TOC) oraz wartości parametru S2, który w wielu bardziej przeobrażonych termicznie próbkach ($T_{maks.} > 540^{\circ}\text{C}$) przyjmuje wartości poniżej 1 mg HC/g skały. Interpretacja diagramu S2/TOC w skali liniowej również sugeruje gazotwórczy kerogen typu III/IV (fig. 25).

Potwierdzeniem występowania zinterpretowanych wyżej typów kerogenu mogą być wyniki badań petrograficznych pokładów węgla z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 (Swadowska, Jurczak-Drabek, 1988). Stwierdzono w nich, że główną grupę macerałów węgla stanowi grupa witynitu (kerogen III typu), której udział wynosi 65–80%. Zawartość macerałów grupy inertynitu (kerogen typu IV) w węglu wynosi 17–27%, a udział macerałów grupy liptynitu (kerogen typu II) wynosi zazwyczaj poniżej 10% (Swadowska, Jurczak-Drabek, 1988; Jurczak-Drabek – ten tom). W obliczu powyższych badań petrograficznych należy za-

znaczyć, że wyniki analizy geochemicznej Rock-Eval nie pozwalają na stwierdzenie obecności źródłowego kerogenu typu II (reprezentowanego przez macerały węgla grupy liptynitu, dawniej określanej jako grupa egzynitu) w badanych skałach. Może to być spowodowane tym, że macerały tej grupy stanowią mniejszość w całkowitym składzie macerałów węgla (poniżej 10%) oraz zaobserwowanym przez Swadowską i Jurczak-Drabek (1988) zjawiskiem witynityzacji macerałów tej grupy wraz ze wzrostem głębokości. Proces witynityzacji spowodował zapewne, że badana materia organiczna, która z petrograficznego punktu widzenia stanowi kerogen typu II (macerale grupy liptynitu), ma na obecnym, wysokim stopniu przeobrażenia termicznego geochemiczną charakterystykę kerogenu typu III.

Dojrzałość termiczna (stopień uwęglenia)

Temperatura $T_{maks.}$ jest wskaźnikiem wyrażającym stopień dojrzałości (stopień uwęglenia) materii organicznej. Jest to temperatura maksymalnego generowania węglowo-

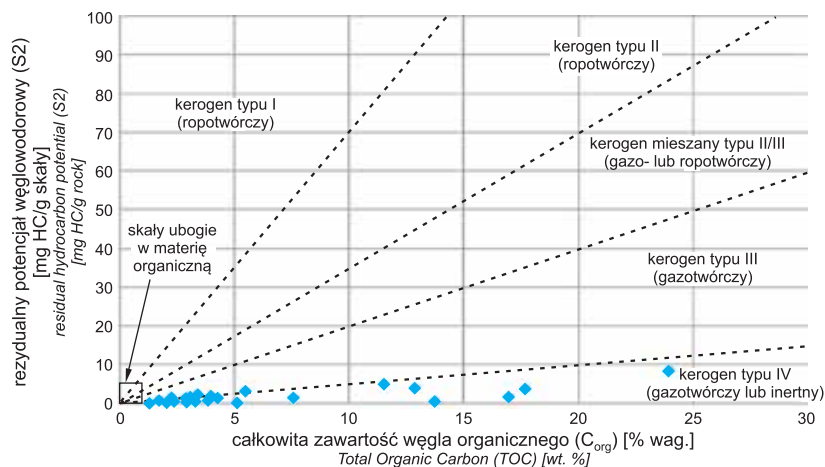


Fig. 25. Diagram zależności S2/TOC badanych próbek w skali liniowej. Linie klasyfikacyjne kerogenu wg Jarvie (2010)

S2/TOC diagram of analyzed samples in linear scale. Kerogen classification lines after Jarvie (2010)

dorów obliczona jako pik krzywej S2, reprezentującej generowane węglowodory w trakcie procesu pirolizy. Wartości parametru $T_{maks.}$ wyraźnie wzrastają w kierunku spągu profilu utworów karbonu. Mogą one posłużyć jako wiarygodne narzędzie do określenia stopnia przeobrażenia termicznego materii organicznej badanych skał, gdyż parametry S2 są większe od 0,01 mg HC/g skały, a całkowita zawartość materii organicznej (TOC) znacznie przewyższa 0,2% wag. we wszystkich przebadanych próbkach. Analiza parametrów $T_{maks.}$ wzdłuż profilu utworów karbonu ($T_{maks.}$ w zakresie 463–606°C) pozwala stwierdzić, że badana materia organiczna znajduje się na stopniu przeobrażenia termicznego odpowiadającego trzem fazom generacyjnym w zależności od głębokości występowania. Wg Espitalié (1986) materia organiczna reprezentująca kerogen typu III jest niedojrzała, znajduje się w fazie generowania ropy, gazu mokrego i suchego w odpowiednich zakresach $T_{maks.}$: <430, 430–465, 465–540, >540°C (fig. 26). Przyjmując poprawność założenia dominacji kerogenu typu III w badanych próbkach oraz uwzględniając granice poszczególnych faz generacyjnych za Espitalié (fig. 26) można przypuszczać, że materia organiczna rozproszona w skałach na głęb. od 491,0 do ok. 590,1 m znajduje się w końcowej fazie tzw. okna ropnego, w skałach na głęb. od ok. 590,1 do ok. 1445,9 m w fazie tzw. okna gazu mokrego, a w skałach na głęb. od ok. 1445,9 do 2403,5 m w fazie tzw. okna gazu suchego. Niskie wartości indeksu produktywności (PI w zakresie 0,03–0,16, średnio 0,08), wydają się być mało wiarygodne ze względu na obniżone wartości parametru S1 (0,02–0,73 mg HC/g skały, średnio 0,15 mg HC/g skały) i są nieprzydatne w celu określenia stopnia przeobrażenia materii organicznej, dlatego interpretacja jest oparta wyłącznie na parametrze $T_{maks.}$.

Całkowita zawartość węgla organicznego (TOC) i potencjał węglowodorowy

Całkowita zawartość węgla organicznego (TOC) jest jednym z podstawowych wskaźników decydujących o tym, czy mamy do czynienia ze skałą macierzystą dobrej lub złej jakości. Uznaje się, że skała macierzysta zdolna do ge-

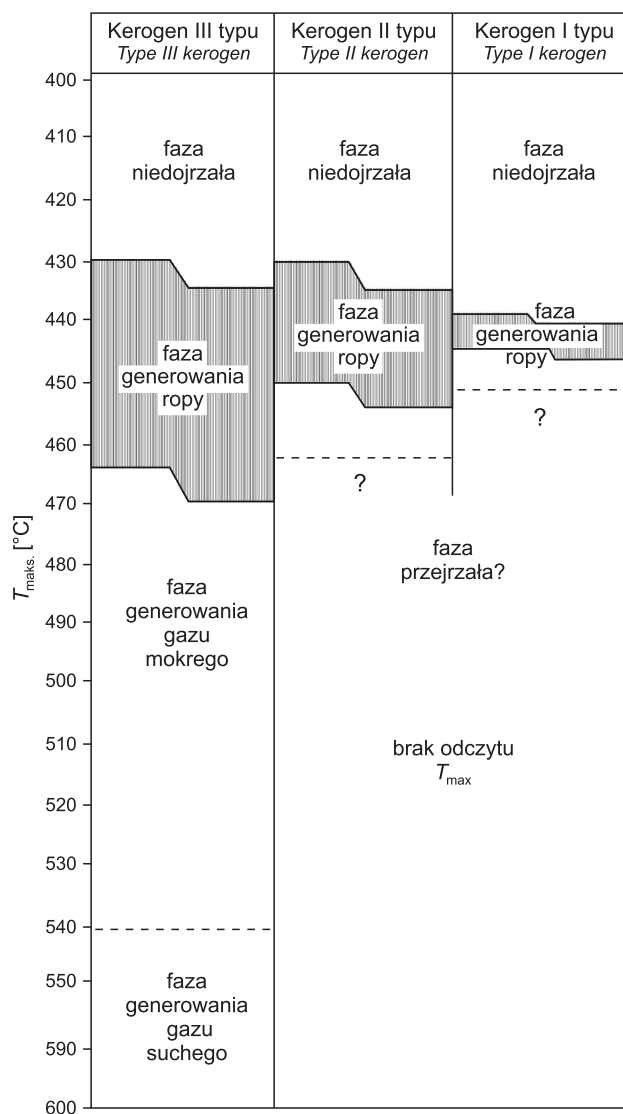


Fig. 26. Zastosowanie wskaźnika $T_{maks.}$ w celu wytypowania głównych stref generowania ropy i gazu wg Espitalié (1986)

Use of $T_{maks.}$ to determine the principal zones of oil and gas formation after Espitalié (1986)

Tabela 40

Zestawienie parametrów i wskaźników geochemicznych badanych próbek

List of the geochemical parameters and indicators of analyzed samples

Głębokość Depth [m]	S1	S2	S3	$T_{maks.}$	HI	OI	PI	TOC	RC	PC	MinC
	[mg HC/g skały]		[mg CO ₂ /g skały]	[°C]	[mg HC/g TOC]	[mg CO ₂ /g TOC]	[% wag.]				
491,00	0,14	2,41	0,50	463	71	15	0,06	3,39	3,16	0,24	0,33
590,40	0,13	1,86	0,17	467	61	6	0,07	3,06	2,88	0,17	0,17
686,50	0,18	1,64	0,30	476	73	13	0,10	2,25	2,09	0,16	0,29
853,90	0,11	0,74	0,08	485	42	4	0,13	1,79	1,71	0,07	0,10
890,50	0,10	0,87	0,03	492	51	2	0,10	1,70	1,62	0,08	0,08
913,50	0,31	2,01	0,64	485	51	16	0,14	3,97	3,75	0,22	0,57
965,40	0,32	3,22	0,33	489	59	6	0,09	5,48	5,18	0,30	0,26
1013,90	0,09	1,39	0,06	496	48	2	0,06	2,87	2,74	0,13	0,13
1124,30	0,47	5,00	0,29	506	43	2	0,09	11,52	11,05	0,48	0,51
1217,70	0,34	4,08	0,14	521	32	1	0,08	12,88	12,50	0,38	1,73
1331,60	0,08	1,45	0,07	508	34	2	0,05	4,27	4,13	0,13	0,13
1367,90	0,28	8,56	0,21	515	36	1	0,03	23,97	23,23	0,74	1,27
1445,90	0,06	0,56	0,04	554	24	2	0,09	2,38	2,32	0,05	0,31
1515,00	0,06	0,85	0,49	549	22	13	0,07	3,84	3,70	0,14	0,99
1593,60	0,05	1,56	0,25	532	21	3	0,03	7,58	7,44	0,14	0,49
1655,40	0,04	0,61	0,04	548	19	1	0,06	3,27	3,22	0,06	0,12
1708,40	0,17	3,81	0,33	579	22	2	0,04	17,71	17,35	0,35	9,04
1883,15	0,03	0,37	0,03	575	13	1	0,07	2,93	2,89	0,04	0,10
1937,40	0,04	0,27	0,05	601	5	1	0,14	5,11	5,08	0,03	0,15
2078,70	0,03	0,20	0,04	605	10	2	0,11	2,04	2,02	0,02	0,45
2221,40	0,07	0,60	0,12	606	4	1	0,11	13,75	13,69	0,06	1,34
2288,90	0,07	1,75	0,31	598	10	2	0,04	16,97	16,80	0,16	17,28
2403,50	0,02	0,10	0,06	605	8	4	0,16	1,30	1,29	0,01	0,34

S1 – zawartość wolnych węglowodorów obecnych w próbce skalnej, uwolnionych w trakcie pirolizy w temperaturze 300°C

S2 – zawartość węglowodorów powstałych podczas pierwotnego krakingu kerogenu w temperaturze od 300 do 650°C

S3 – zawartość CO₂ z destrukcji materii organicznej $T_{maks.}$ – temperatura, w której występuje maksymalny kraking kerogenu i następuje maksimum generowania węglowodorówHI – wskaźnik wodorowy liczony ze wzoru: $100 \times S2 / TOC$ OI – wskaźnik tlenowy liczony ze wzoru: $100 \times S3 / TOC$ PI – wskaźnik produktywności liczony ze wzoru: $S1 / (S1 + S2)$ TOC – całkowita zawartość węgla organicznego liczona ze wzoru: $PC + RC$ RC – zawartość węgla rezydualnego liczona ze wzoru: $(S4CO_2 \times 12 / 440) + (S4CO \times 12 / 280)$ PC – zawartość węgla pirolitycznego liczona ze wzoru: $[(S1 + S2) \times 0,083 + (S3 \times 12 / 440) + (S3CO + 0,5 S3'CO) \times 12 / 280]$ MinC – całkowita zawartość węgla mineralnego liczona ze wzoru $[(S3' \times 12 / 440) + (S3'CO / 2) \times (12 / 280)] + [(S5 \times 12 / 440)]$

S1 – content of free hydrocarbons released during pyrolysis at 300°C

S2 – content of hydrocarbons released during primary cracking of kerogen at temperature between 300 and 650°C

S3 – CO₂ content released from organic matter $T_{maks.}$ – temperature of maximum cracking of kerogen and maximum generation of hydrocarbon

HI – hydrogen index calculated from the formula as above

OI – oxygen index calculated from the formula as above

PI – production index calculated from the formula as above

TOC – total organic carbon content calculated from the formula as above

RC – residual organic carbon content calculated from the formula as above

PC – pyrolytic organic carbon content calculated from the formula as above

MinC – total mineral carbon content calculated from the formula as above

nerowania węglowodorów o znaczeniu ekonomicznym musi zawierać co najmniej 0,5% wag. węgla organicznego. Wszystkie przebadane próbki z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 wykazały wartość wskaźnika TOC znacznie powyżej tej progowej wartości (tab. 40). Wysokie wartości wskaźnika TOC wzdłuż całego profilu utworów karbonu, wskazują na ciągłą i obfitą dostawę materii organicznej do zbiornika, w którym musiały panować dogodne warunki fizykochemiczne do jej zachowania. Przebadane mułowce i ilowce piaszczyste zawierają poniżej 2% wag. TOC, natomiast zawartość materii organicznej w mułowcach i ilowcach pozbawionych ziaren frakcji piaszczystej wzrasta konsekwentnie w miarę zbliżania się w profilu do wkładek i pokładów węgla (TOC od 2,04 do 3,97% wag., średnio 3% wag.). W próbkach bezpośrednio sąsiadujących z wkładkami i pokładami węgla, zawartość rozproszonej materii organicznej waha się w przedziale 4,05–23,97% wag. TOC (średnio 11,9% wag. TOC). Wśród przebadanych próbek, najbogatsze w materię organiczną są łupki węglaste, które charakteryzują się wskaźnikiem TOC powyżej 10% wag. Takie wartości TOC mogą określać skały macierzyste o wysokim, bardzo wysokim i doskonałym potencjale węglowodorowym (tab. 41). Udział procentowy węgla organicznego rezydualnego (RC) do węgla organicznego pirolizowanego (PC) względem całkowitej zawartości węgla organicznego (TOC = RC + PC), wynosi 92–100% (tab. 40). Liniowy wzrost udziału procentowego RC do PC wraz z głębokością i dojrzałością termiczną, wskazuje na wysoki stopień uwęglenia materii organicznej (przeobrażenia termicznego), zwłaszcza w dolnej części profilu karbonu, gdzie wnioskować można o całkowitym wyczerpaniu potencjału węglowodorowego. Proces uwęglenia materii organicznej, wyrażany przez parametry geochemiczne, wydaje się być odzwierciedleniem procesów wityrynyzacji macerałów węgla zaobserwowanych i opisanych przez Swadowską i Jurczak-Drabek (Swadowska, Jurczak-Drabek, 1988; Jurczak-Drabek – ten tom).

Warunek wysokiej zawartości TOC nie jest wystarczającym by określić efektywną skałę macierzystą. Ważne jest by wysoka zawartość TOC szła w parze z wysoką wartością parametru S2 oraz wskaźnika HI, stanowiących pośredni wyznacznik ilości wodoru powiązanego z materią organiczną

(Dembicki, 2009). Parametr S2, wyrażony w mg HC/g skały, przedstawia także szacunkową ilość węglowodorów, jaką skały te mogą wygenerować, jeśli zostaną odpowiednio pogrążone i/lub podgrzane. W zależności od wartości parametru S2, potencjał skał macierzystych może być niski (<2 mg HC/g skały), średni (2–5 mg HC/g skały), dobry (5–10 mg HC/g skały) i doskonały (>10 mg HC/g skały) (tab. 41). Ograniczeniem stosowania tej klasyfikacji może być zaawansowany stopień przeobrażenia termicznego materii organicznej, zaniżający wyniki TOC oraz S2 (znaczna część węglowodorów została już wygenerowana, skutkując niższymi, niż przed przeobrażeniem, odczytami parametru S2 i wskaźnika TOC; Dembicki, 2009). Parametr HI wyraźnie maleje wraz z głębokością (od 89 do poniżej 10 mg HC/g TOC), uwidaczniając stopniowe uwęglenie (przeobrażenie termiczne) materii organicznej oraz wyczerpywanie potencjału węglowodorowego. Ponadto, można zauważyć, że poniżej głęb. 1217,7 m wartości parametru HI są niższe od 50 mg HC/g TOC, a poniżej głęb. 1593,6 m są niższe nawet od 20 mg HC/g TOC, co zdecydowanie wpływa na ograniczenie omawianego potencjału.

Wartość parametru S2 analizowanych próbek zawiera się w przedziale 0,10–8,56 mg HC/g skały (średnio 1,91 mg HC/g skały) (tab. 40), wykazując duże zróżnicowanie potencjału generacyjnego wzdłuż całego profilu utworów karbonu. Większość przebadanych próbek wykazuje niski i średni potencjał generacyjny (S2 <2 mg HC/g skały; tab. 41). Zauważyć można jednak ważną zależność, mianowicie wysokie wartości parametru S2 (cechujące skały macierzyste o wysokim i bardzo wysokim potencjale generacyjnym; S2 >2 mg HC/g skały) korelują się z wysokimi wartościami wskaźników TOC w górnej części profilu utworów karbonu (491,0–1445,9 m), natomiast w dolnej części profilu (1445,9–2403,5 m) parametr S2 przyjmuje bardzo niskie wartości (bliskie 0 mg HC/g skały), przy jednoczesnej wysokiej całkowitej zawartości materii organicznej (TOC; fig. 27). Może to wynikać np. z całkiem odmienną charakterystyki geochemicznej materii organicznej w poszczególnych częściach profilu, ale zdaniem autora jest ona spowodowana procesem uwęglenia (przeobrażenia termicznego) materii organicznej w dolnej części profilu utworów karbonu, który doprowadził do wyczerpania potencjału generacyjnego, objawiającego się zredukowanymi wartościami parametru S2. Potwierdzeniem tego stanu są pomiary dojrzałości termicznej (T_{maks} ; fig. 27) ukazujące, że górna część profilu utworów karbonu znajduje się w końcowej fazie tzw. okna ropnego i gazu mokrego, a dolna część profilu jest w fazie odpowiadającej tzw. oknu gazu suchego. Jednowymiarowe modelowania historii termicznej i warunków pogrzebienia powinny wykazać kiedy badane skały weszły w poszczególne fazy generacyjne (Dyrka – ten tom).

Interpretacja diagramów S2/TOC w skali logarytmicznej (fig. 28) pozwala na przypisanie potencjału węglowodorowego wyłącznie próbkom charakteryzującym się wysokimi wartościami parametru S2 i wskaźnika TOC, czyli większości próbek z górnej części profilu utworów karbonu. Pozostałe próbki, a zwłaszcza te z dolnej części profilu, nie wykazują cech dobrych skał macierzystych albo wyka-

Tabela 41

Parametry i wskaźniki określające potencjał węglowodorowy (Peters i in., 2005; Dembicki, 2009)

Parameters and indicators describing the hydrocarbon potential (Peters *et al.*, 2005; Dembicki, 2009)

Potencjał węglowodorowy Hydrocarbon potential	TOC [% wag.]	S2 [mg HC/g skały]
niski	0,0–0,5	<2
średni	0,5–1,0	
wysoki	1,0–2,0	2–5
bardzo wysoki	2,0–4,0	5–10
doskonały	>4,0	>10

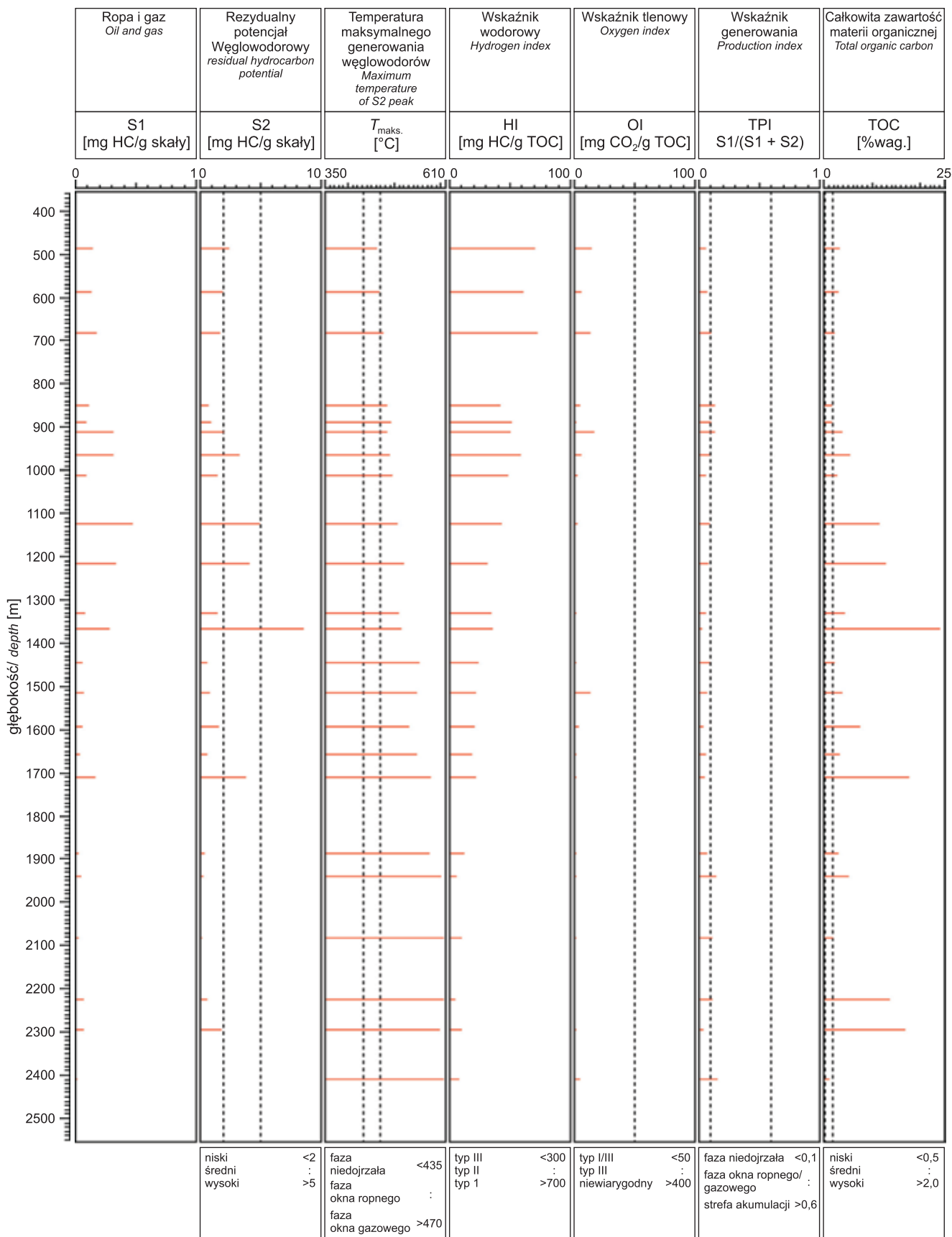


Fig. 27. Log geochemiczny przedstawiający wyniki badań w otworze wiertniczym Ruptawa IG 1

Geochemical log showing the summary of results for Ruptawa IG 1 borehole

zywały je w przeszłości, lecz dziś wyczerpały już swój potencjał generacyjny.

Próba odnalezienia korelacji parametru S1 z wynikami badań gazowych (zawartość węglowodorów w płuczce wiertniczej) w otworze wiertniczym Ruptawa IG 1 nie odniosła skutku, co może być spowodowane tym, że wartości S1 są dziś znacznie obniżone w porównaniu do wartości możliwych do uzyskania przez analizę R-E bezpośrednio po wydobyciu rdzenia wiertniczego na powierzchnię. Wartości parametru S1, reprezentujące obecność wolnych węglowodorów w matrycy skalnej, wydają się wskazywać trend malejący wraz z głębokością (fig. 27) i nie korelują się z podwyższonymi odczytami zawartości węglowodorów w płuczce wiertniczej w przedziałach głęb.: 950–1250, 1550–1600, 1950–2000 i 2100–2300 m. Odczyty zawartości węglowodorów w płuczce wydają się natomiast wykazywać pozytywną korelację ze strefami profilu utworów karbonu z podwyższoną całkowitą zawartością materii organicznej (TOC) rozproszonej w skałach (lub strefami nadległymi) oraz, co naturalne, z bliskością wkładek i pokładów węgla w obrębie profilu.

PODSUMOWANIE

Przebadane próbki utworów karbonu z otworu wiertniczego Ruptawa IG 1 charakteryzują się bardzo wysoką zawartością materii organicznej (TOC), świadcząca o ciągłej i obfitej dostawie do zbiornika, w którym musiały panować dogodne warunki fizykochemiczne do jej zachowania. Materia organiczna ma charakterystykę geochemiczną gazotwórczego kerogenu typu III i inertnego typu IV, co potwierdzają archiwalne badania petrograficzne pokładów węgla z tego otworu wiertniczego. Materia organiczna utworów karbonu znajduje się na etapie trzech faz generacyjnych, w zależności od głębokości: w tzw. oknie ropnym ($T_{maks.} = 430\text{--}465^\circ\text{C}$; 491–590 m), oknie gazu mokrego ($T_{maks.} = 465\text{--}540^\circ\text{C}$; 590,1–1445,9 m) i oknie gazu suchego ($T_{maks.} > 540^\circ\text{C}$; 1445,9–2403,5 m). Wyniki wskazują na duże zróżnicowanie potencjału generacyjnego wzdłuż całego profilu utworów karbonu. Górna część profilu, znajdująca się w końcowej fazie generowania ropy i fazie generowania gazu mokrego, wykazuje wysoki potencjał generacyjny, natomiast w dolnej części profilu, gdzie skały znajdują się w fazie generowania gazu suchego, potencjał generacyjny wydaje się być wyczerpany. Analiza odczytów zawartości węglowodorów w płuczce sugeruje, że podwyż-

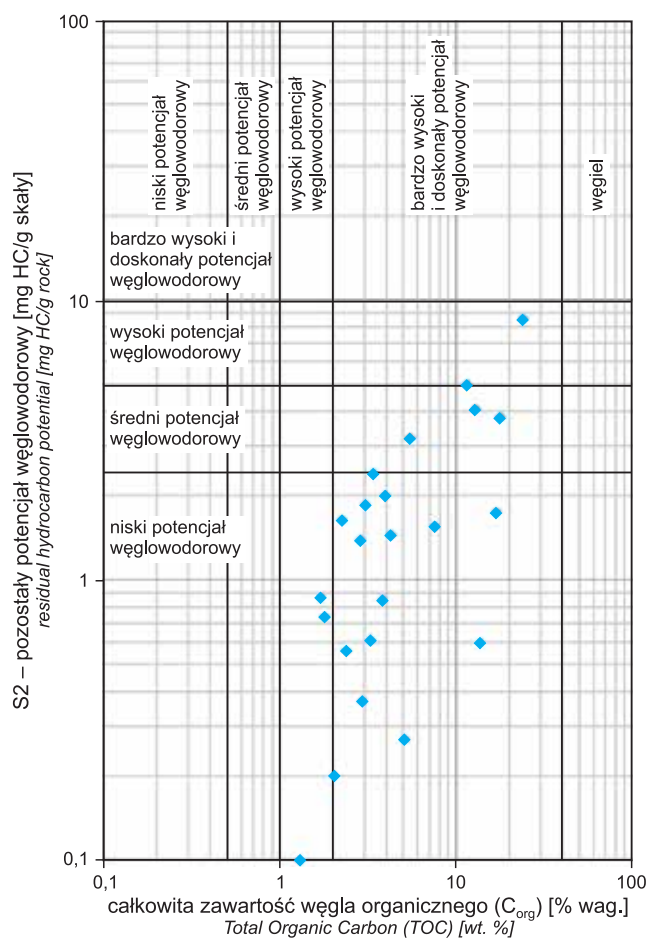


Fig. 28. Diagram zależności S2/TOC badanych próbek w skali logarytmicznej. Linie klasyfikacyjne wg Dembicki (2009)

S2/TOC diagram of analyzed samples in logarithmic scale. Classification lines after Dembicki (2009)

szona zawartość węglowodorów może być powiązana z podwyższoną całkowitą zawartością materii organicznej (TOC) rozproszonej w skałach oraz z bliskością wkładek i pokładów węgla w obrębie profilu.

Analizy R-E wykonano w ramach tematu PIG-PIB pt. Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania złóż węglowodorów niekonwencjonalnych w Polsce – etap I, finansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.