

WPŁYW NIECIAĞŁOŚCI TEKTONICZNYCH NA STRUKTURĘ WEWNĘTRZNĄ WĘGLA KAMIENNEGO POCHODZĄCEGO Z WYBRANYCH POKŁADÓW KWK PNIÓWEK, BORYNIA-ZOFIÓWKA I BRZESZCZE GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

THE EFFECT OF TECTONIC DISCONTINUITIES UPON THE INTERNAL STRUCTURE OF COAL FROM SOME UPPER SILESIA COAL BASIN COAL SEAMS OF PNIÓWEK, BORYNIA-ZOFIÓWKA AND BRZESZCZE

KATARZYNA GODYŃ¹

Abstrakt. Węgiel kamienny pochodzący z pokładów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego odznacza się zróżnicowanymi cechami petrograficznymi. Parametry różnicujące tę kopalinę wiążą się również z oddziaływaniem zewnętrznych czynników tektonicznych na te formacje. Na obszarach pociętych uskokami węgiel ujawnia specyficzną osłabioną „odmienioną” budowę strukturalną. Taki przyuskokowy węgiel tworzy pokłady o podwyższonym stopniu ryzyka migracji gazów kopalnianych i w skutek znacznej porowatości, wykazuje zwiększoną pojemność gazową, jest więc obarczony podwyższonym ryzykiem zaistnienia zjawisk gazogeodynamicznych.

Analizom poddano materiał węglowy z trzech metanowych („wyrzutowych”) kopalni GZW (KWK Pniówek, Borynia-Zofiówka, Brzeszcze), z pokładów, w których stwierdzono występowanie lokalnych dyslokacji tektonicznych. Stosując analizy mikroskopowe wykonano ilościowy i jakościowy opis próbek węgla, uwzględniając grupy macerałów, rodzaj i stopień destrukcji struktury węgla. Przedstawiono wstępne wyniki badań dotyczące wpływu składu macerałowego na podatność węgla na powstawanie zniszczeń i deformacji w jego strukturze.

Słowa kluczowe: analizy stereologiczne, struktura węgla, macerały, węgiel kamienny, uskoki, GZW.

Abstract. The petrographic features of hard coal coming from the Upper Silesian Coal Basin (USCB) coal seams are very different. Additionally some differences among them are associated with the influence of external tectonic factors on these formations. The coal with specific, “altered” structure appears very often near tectonic disturbances. This “altered” and in consequence structure-weakened coal creates seams of elevated risk of mine gases migration, and – due to their high porosity – increased gas capacity. Therefore, in such locations there is a higher risk of some dangerous dynamic phenomena like outbursts.

Coal material which was analyzed came from three so called “outburst” mines from the USCB: Pniówek, Borynia-Zofiówka and Brzeszcze. The tested coal pieces were sampled from seams where local tectonic discontinuities occurred. A quantitative and qualitative description of the coal samples were performed by means of microscopic analysis. In the description maceral groups and type and degree of destruction of coal structure were taken into account. In the paper some preliminary results are presented with special consideration to the effect of maceral composition on the vulnerability of the coal formation and deformability of coal structure.

Key words: stereological analysis, coal structure, macerals, hard coal, faults, USCB.

¹ Instytut Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk, ul. Reymonta 27, 30-059 Kraków; e-mail: godyn@img-pan.krakow.pl

WSTĘP I CEL BADAŃ

W artykule przedstawiono wyniki badań próbek węgla kamiennego pobranych z czterech pociętych uskokami pokładów węgla kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW): KWK Pniówek, Borynia-Zofiówka oraz Brzeszcze. Próbkę analizowano pod kątem deformacji strukturalno-teksturalnych², zwracając szczególną uwagę na przyrost tych zmian w strefach przyuskokowej. Wyniki badań zestawiono z danymi otrzymanymi na podstawie analiz ilościowych grup macerałów: wityrynytu, inertynitu i liptynytu. Rezultatem prowadzonych analiz była próba znalezienia korelacji między stopniem zniszczenia wewnętrznej struktury węgla w strefie przyuskokowej, a składem macerałowym badanych próbek węgla.

Należyte rozpoznanie struktur tektonicznych obszarów górniczych jest niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa pracy kopalni. Zaburzenia geologiczne oddziałują bezpośrednio na zmianę cech strukturalno-teksturalnych, wytrzymałościowych czy też gazowych węgla i skał towarzyszących. W takich przyuskokowych obszarach zawsze występuje węgiel o specyficznych cechach (Bodziony, Lama, 1996; Godyń, 2011). Materiał pochodzący ze stref kontaktu węgiel-uskok charakteryzuje się różnym stopniem zniszczenia struktury. Miejsca takich przeobrażeń, nazywane „pułapkami gazowymi” są wyjątkowo niebezpieczne z uwagi na podwyższone ryzyko zaistnienia zjawisk gazogeodynamicznych. Szczególnie groźne pod kątem wyrzutowym są górnośląskie kopalnie: KWK Pniówek oraz Borynia-Zofiówka, w których doszło do

największych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) wyrzutów gazów kopalnianych (Jakubów i in., 2006; Zorychta i in., 2007; Stan bezpieczeństwa..., 2010).

Większość autorów opracowań dotyczących zjawisk gazogeodynamicznych jest zdania, że niemal wszystkie wyrzuty gazów i skał zachodzą w rejonach zaburzeń tektonicznych, gdyż występujący tam węgiel, osłabiony strukturalnie, jest „niestabilny” z uwagi na mniejszą zwięzłość oraz zwiększoną pojemność gazową (Shepherd i in., 1980; Beamish, Crosdale, 1998; Cao i in., 2000; Li i in., 2003).

Celem niniejszego pracy jest próba wykazanie zależności pomiędzy degradacją wewnętrznej struktury węgla w strefie przyuskokowej a zawartością procentową trzech głównych grup macerałów: wityrynytu, inertynitu oraz liptynytu. Właściwości mechaniczne węgla są uzależnione od takich parametrów jak: stopień uwęglenia, skład petrograficzny oraz szczelinywatość węgla. Z uwagi na to, do realizacji celów badawczych użyto próbek węgla pobranych z różnych, pociętych uskokami, „wyrzutowych” pokładów węgla, o zbliżonym stopniu metamorfizmu substancji organicznej. Wszystkie dyslokacje tektoniczne, z których rejonu pobrano węgiel, miały charakter lokalny, a parametry przemieszczenia uskokowego nie przekraczały 0,5 m. Na skutek sił powstałych pod wpływem ruchów tektonicznych doszło tam do częściowej degradacji, zniszczenia struktury węgla.

MATERIAŁ DO BADAŃ I STOSOWANA METODYKA

Do badań wybrano cztery pocięte uskokami pokłady węgla, pochodzące z KWK Pniówek – pokład 360/1 i pokład 403/3; KWK Borynia-Zofiówka – pokład 412 łg+łd oraz KWK Brzeszcze – pokład 352 zachód (fig. 1).

Z każdego pokładu pobrano od dziewięciu do dwunastu próbek węgla, usytuowanych w różnej odległości od dyslokacji (od 0 do 10 m w prawym i lewym kierunku od szczeliny uskokowej). Dokonano opisu petrograficzno-stereologicznego próbek, wykorzystując do tego celu polerowane preparaty ziarnowe wykonane z pojedynczych próbek kawałkowych pobranych z pokładu węgla. Wykonano analizy ilościowe i jakościowe próbek węglowych. Punktową analizę ilościową przeprowadzono na podstawie 2000 zli-

czeń/punktów pomiarowych, badając w ten sposób każdą próbkę. Analizowane parametry obejmowały: grupy macerałów (wityrynytu, inertynitu i liptynytu); spękania na poszczególnych grupach macerałów; węgiel kataklastyczny/mylonit; substancję mineralną; klej scalający próbkę (wykluczony następnie z analiz). W sposób szczególny skupiono się na analizie struktur odmienionych (spękanych, kataklastycznych/mylonitycznych) (fig. 2).

Do analiz stosowano mikroskop polaryzacyjny AXIOPLAN firmy ZEISS oraz sterowany komputerowo stolik mechaniczny XYZ. Pomiary prowadzono w świetle odbitym, stosując immersję olejową przy powiększeniach 200–500-krotnych (zgodnie z normą PN-ISO 7404-3: 2001).

² W dalszej części artykułu cechy strukturalno-teksturalne będą nazywane ogólnie „strukturą”, co jest stosowane w kontekście węgla w strefach przyuskokowych przez takich autorów jak m.in. Li i in. (2003), Jiang i in. (2004) oraz Gentzis (2006)

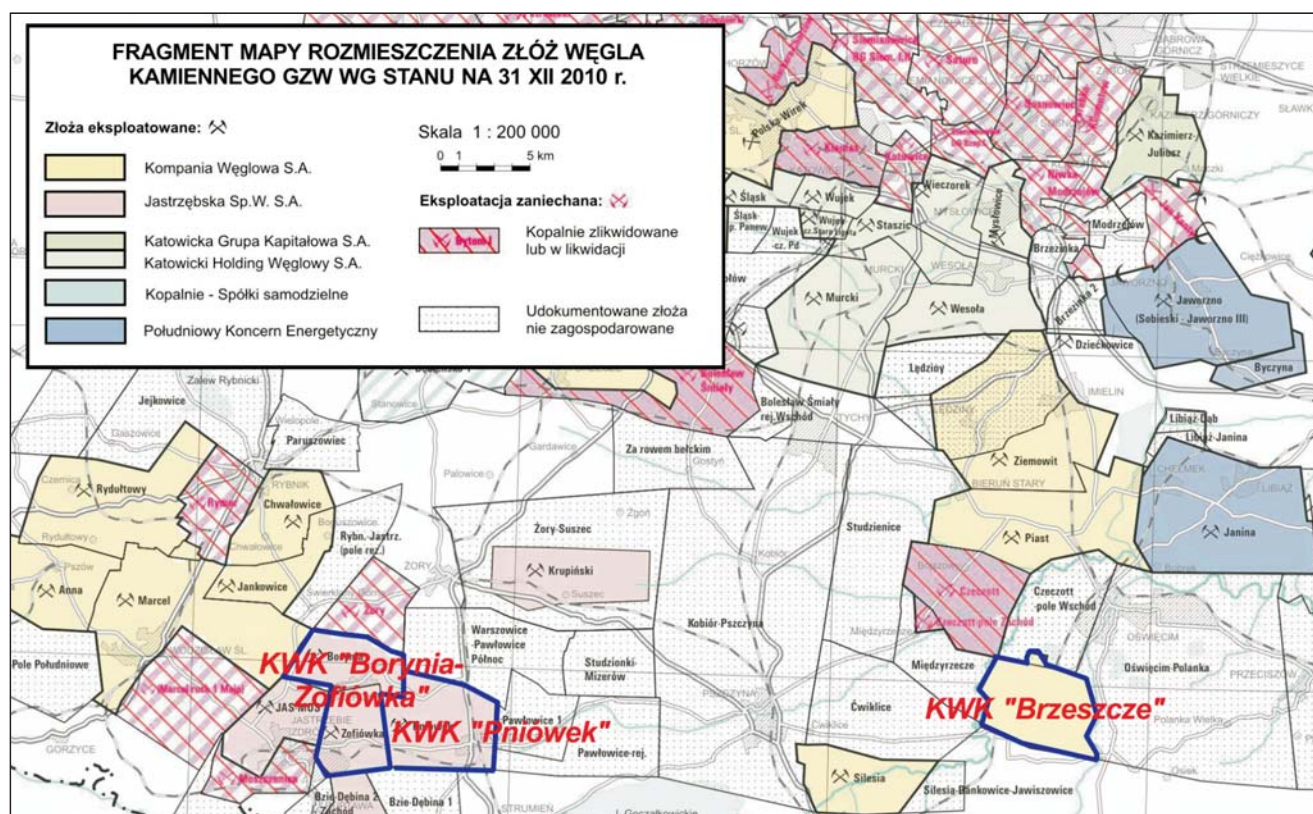


Fig. 1 Mapa rozmieszczenia złóż węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (wg stanu na 31 XII 2010 r.) (wg PIG-PIB 2011)

Na czerwono zaznaczono kopalnie, z których pobrano próbki węgla

Map of distribution of coal deposits of the Upper Silesian Coal Basin (as of 31 XII 2010) (acc. to PGI-NRI 2011)

In red were marked the mines from which coal samples were collected

WYNIKI BADAŃ

KWK PNIÓWEK POKŁAD 306/1

W ścianie P-3 pokładu 306/1, należącego do obszaru górniczego KWK Pniówek, stwierdzono występowanie dyslokacji tektonicznej. Prawe, zrzucone skrzydło uskoku miało niewielki, kilkudziesięciocentymetrowy zrzut. Z bezpośredniego sąsiedztwa uskoku pobrano dziewięć próbek węgla. Refleksyjność wityrynu (R_v) analizowanych próbek węgla wyniosła około 0,92%.

W badanych próbkach zidentyfikowano następujące grupy macerałów (tab. 1³, fig. 3A):

- grupę wityrynu – jej zawartość waha się w zależności od próbki od 76,33 do 82,7% obj. (średnio 79,4%) (fig. 4A, B);
- grupę inertynitu – od 10,5 do 20,0% obj. (średnio 15,45%) (fig. 4B);

– grupę liptynitu – od 3,22 do 8,23% obj. (średnio 5,52%) (fig. 4A).

W próbkach węgla pojawia się znaczna ilość substancji mineralnej, o zawartości od >1 do 28% w rejonie uskoku (tab. 2). Przeławienia substancji mineralnej występują często w formie karbopoliminerytu. W próbkach pobranych w miejscach oddalonych od uskoku występuje substancja pierwotna, natomiast w węglu z rejonu uskoku wzrost zawartości składników mineralnych wskazuje na występowanie substancji mineralnej postsedymentacyjnej, dostarczonej do pokładu w wyniku aktywności tektonicznej górotworu.

W miarę zbliżania się do uskoku, w analizowanych próbkach wzrasta zawartość węgla odmienionego strukturalnie (od <1 do 11% obj. w skrzydle wiszącym). Pojawiają się spękania o genezie egzogenicznej (mające zewnętrzną, tektoniczną przyczynę), kataklaza (fig. 4C, D), a w skraj-

³ Wyniki analizy ilościowej dotyczące zawartości procentowej poszczególnych grup macerałów w próbkach obejmują zawartość procentową w przeliczeniu na węgiel (wyłączając zawartość substancji mineralnej)

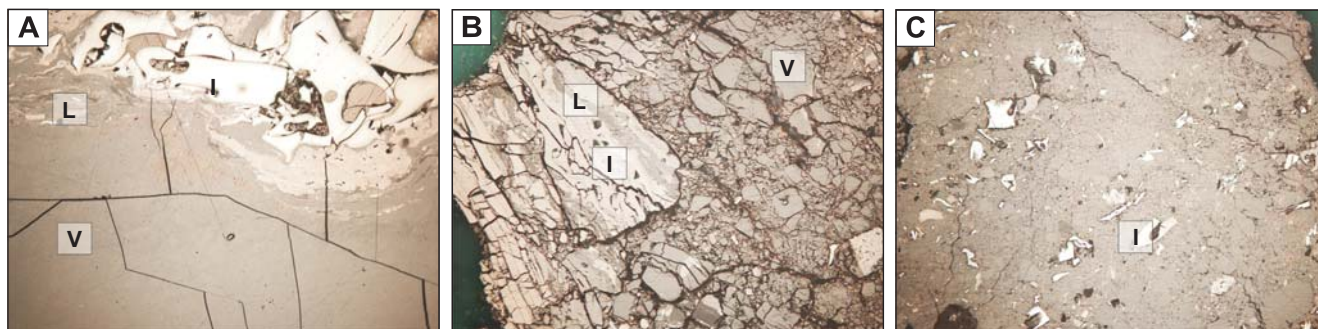


Fig. 2 Typy struktur węgla w strefach przyuskokowych

A – węgiel spękany; B – węgiel kataklastyczny; C – węgiel mylonityczny; V – grupa wityrynytu, I – grupa inertynytu, L – grupa liptynytu; węgiel pochodzący z KWK Pniówek (pokład 403/3), światło odbite, immersja, pow. $\times 500$

Types of the structure of coal sampled from near-fault area

A – cracked coal, B – cataclastic coal, C – mylonitic coal; V – vitrinite group, I – inertinite group, L – liptinite group; coal from H(ard) C(oal) M(ine) Pniówek, reflected light, immersion, magn. $\times 500$

Tabela 1

Procentowy udział poszczególnych grup macerałów występujących w pokładach KWK Pniówek, Borynia-Zofiówka oraz Brzeszcze

The percentage value of certain maceral groups in Pniówek, Borynia-Zofiówka and Brzeszcze coal seams

KWK Pniówek pokład 306/1														
Grupa macerałów	L-10	L-3	L-1,5	L-0,7	L-0		P-0,7	P-1,5	P-3	P-10	Średnia			
Wityrynit	76,33	71,78	81,86	80,21	80,54	↓	82,70	77,83	80,55	79,53	79,04			
Inertynit	16,69	20,00	10,50	16,28	15,68		10,25	18,95	15,79	14,87	15,45			
Liptynit	6,98	8,23	7,64	3,51	3,77		7,05	3,22	3,66	5,60	5,52			
KWK Pniówek pokład 403/3														
Grupa macerałów	L-10	L-5	L-2	L-1	L-0,5	L-0		P-0	P-0,5	P-1	P-2	P-5	P-10	Średnia
Wityrynit	88,04	90,76	89,93	91,84	90,95	90,78	↓	91,42	96,02	95,21	93,46	87,22	87,32	91,08
Inertynit	9,46	6,21	6,60	4,63	7,05	7,57		7,21	3,61	3,56	4,81	11,74	9,02	6,79
Liptynit	2,50	3,04	3,47	3,53	2,00	1,65		1,36	0,37	1,23	1,73	1,04	3,66	2,13
KWK Borynia-Zofiówka pokład 412 łg+łd														
Grupa macerałów	L-10	L-3	L-1,5	L-0,7	L-0		P-0,7	P-1,5	P-3	P-10	Średnia			
Wityrynit	83,09	86,61	80,09	83,54	85,65	↓	84,81	83,61	75,42	82,85	82,85			
Inertynit	15,07	11,46	19,19	13,10	10,73		12,00	13,47	19,82	13,71	14,28			
Liptynit	1,84	1,93	0,72	3,35	3,62		3,19	2,92	4,77	3,43	2,86			
KWK Brzeszcze pokład 352 zachód														
Grupa macerałów	L-10	L-5	L-2	L-1	L-0,5	L-0		P-0	P-0,5	P-1	P-2	P-5	P-10	Średnia
Wityrynit	81,06	69,84	53,39	82,77	79,27	78,19	↓	89,32	85,29	79,67	70,64	52,40	76,10	74,83
Inertynit	13,27	25,74	38,06	12,93	11,12	15,00		6,37	9,89	17,96	24,26	31,13	18,37	18,67
Liptynit	5,67	4,42	8,55	4,31	9,61	6,81		4,31	4,82	2,37	5,10	16,47	5,53	6,50

Podwójną linią zaznaczono schematyczne miejsca przebiegu uskóków, strzałką – zrzut uskoku
Doubled lines indicate the schematic fault run, arrow – throw fault

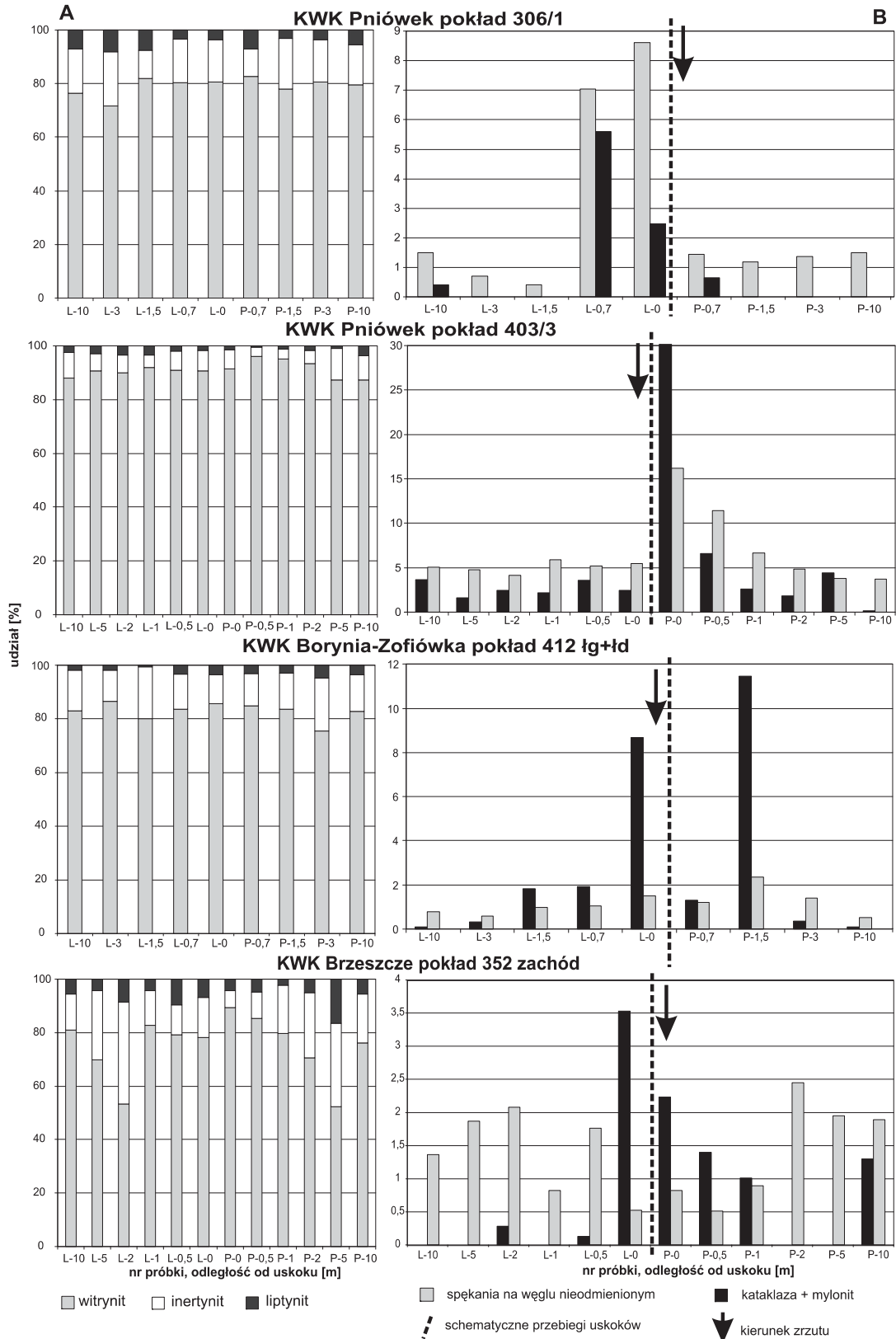


Fig. 3. A. Procentowy udział poszczególnych grup macerałów (bez minerałów). B. Procentowy udział spękań na węglu nieodmienionym oraz węgla silnie odmienionego (kataklazy i mylonitu) w poszczególnych próbkach

L, P – odpowiednio lewa i prawa strona szczeliny uskokuwej

A. The percentage value of maceral groups (excluding minerals). B. The percentage value of cracks in normal coal and in untransformed coal and in cataclastic/mylonitic coal in tested samples

L and P – left and right side of the fault respectively

Tabela 2

**Wyniki analizy ilościowej próbek węgla –
zawartość węgla i substancji mineralnej [% obj.]**
The results of quantitative analysis of coal samples –
coal and mineral matter content [vol.%]

KWK Pniówek pokład 306/1													
Nr próbki	L-10	L-3	L-1,5	L-0,7	L-0		P-0,7	P-1,5	P-3	P-10			
Węgiel	98,92	98,46	94,1	99,35	98,84	↓	71,39	99,05	98,87	99,19			
Substancja mineralna	1,08	1,54	5,91	0,65	1,17		28,6	0,94	1,13	0,81			
KWK Pniówek pokład 403/3													
Nr próbki	L-10	L-5	L-2	L-1	L-0,5	L-0		P-0	P-0,5	P-1	P-2	P-5	P-10
Węgiel	96,33	94,86	74,9	98,55	95,55	92,87	↓	93,06	96,75	95,18	98,3	85,3	98,32
Substancja mineralna	3,67	5,14	25,1	1,45	4,45	7,13		6,94	3,25	4,82	1,7	14,7	1,68
KWK Borynia-Zofiówka pokład 412 łg+łd													
Nr próbki	L-10	L-3	L-1,5	L-0,7	L-0		P-0,7	P-1,5	P-3	P-10			
Węgiel	98,41	99,66	98,17	96,61	97,56	↓	96,48	96	99,25	99,32			
Substancja mineralna	1,59	0,34	1,83	3,39	2,44		3,52	4	0,75	0,68			
KWK Brzeszcze pokład 352 zachód													
Nr próbki	L-10	L-5	L-2	L-1	L-0,5	L-0		P-0	P-0,5	P-1	P-2	P-5	P-10
Węgiel	97,7	93,13	85,87	65,22	66,39	28,8	↓	57,1	47,53	69,75	96,05	95,05	85,58
Substancja mineralna	2,3	6,87	14,13	34,78	33,61	71,2		42,9	52,47	30,25	3,95	4,95	14,42

Podwójną linią zaznaczono schematyczne miejsca przebiegu uskoku, strzałką – zrzut uskoku
Doubled lines indicate the schematic fault run, arrow – throw fault



Fig. 4. A. Węgiel zbudowany z macerałów grupy wityrynit (V), w centrum zdjęcia widoczna makrospora (L), miejscami wityrynit przera-
stają także macerały grupy liptynitu i inertynitu. Światło odbite, pow. × 200; KWK Pniówek pokład 306/1. **B.** Węgiel zbudowany z ma-
cerałów grupy wityrynit (V) oraz inertynitu (I). Światło odbite, pow. × 200; KWK Pniówek pokład 306/1. **C.** Okruch węgla
kataklastycznego, zbudowany z pokruszonych, zmielonych fragmentów wityrynit oraz niewielkiej domieszki inertynitu. Światło odbite,
pow. × 200; KWK Pniówek pokład 306/1. **D.** Fragment węgla o cechach kataklazy (1) i mylonitu (2). Światło odbite, pow. × 200; KWK
Pniówek pokład 306/1. **E.** Makrospora (L) widoczna w lekko spękany fragment węgla. Światło odbite, immersja, pow. × 500; KWK
Pniówek pokład 403/3. **F.** Fragment sklerotynitu (I) tkwiący pośród pasemek wityrynitowo-inertynitowo-liptynitowych. Światło odbite,
immersja, pow. × 500; KWK Pniówek pokład 403/3. **G.** Silnie spękany, częściowo kataklastyczny fragment wityrynit. Światło odbite,
immersja, pow. × 500; KWK Pniówek pokład 403/3. **H.** Kataklaza karbominerytowa, w której materiał węglowy został przemieszany
z substancją mineralną. Światło odbite, immersja, pow. × 500; KWK Pniówek pokład 403/3

A. A piece of coal, composed mainly of vitrinite group (V); there is a visible macrospore (L) in the centre of a picture. In some places vitrinite group is overwel-
med by other macerals groups (inertinite (I) and liptinite (L)). Reflected light, magn. × 200X; HCM Pniówek, seam 306/1. **B.** Coal made from vitrinite group
(V) and inertinite group (I). Reflected light, magn. × 200; HCM Pniówek, seam 306/1. **C.** A piece of cataclastic coal, made of crushed and grinded fragments of
vitrinite and a small addition of inertinite. Reflected light, magn. × 200; HCM Pniówek, seam 306/1. **D.** A piece of coal with features of cataclastic (1) and mylo-
nitic (2) coal. Reflected light, magn. × 200; HCM Pniówek, seam 306/1. **E.** A macrospore (L) visible in the slightly cracked piece of coal. Reflected light, im-
mersion, magn. × 500; HCM Pniówek seam 403/3. **F.** A piece of sclerotinite (I) residing among the inertinite and liptinite lamines. Reflected light, immersion,
magn. × 500; HCM Pniówek seam 403/3. **G.** Strongly cracked, partially cataclastic piece of vitrinite. Reflected light, immersion, magn. × 500; HCM Pniówek
seam 403/3. **H.** Carbominerite cataclasis where coal material was mixed with the mineral substance. Reflected light, immersion, magn. × 500; HCM Pniówek
seam 403/3

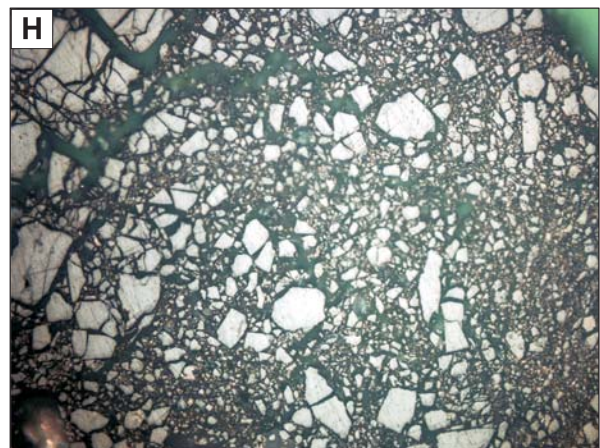
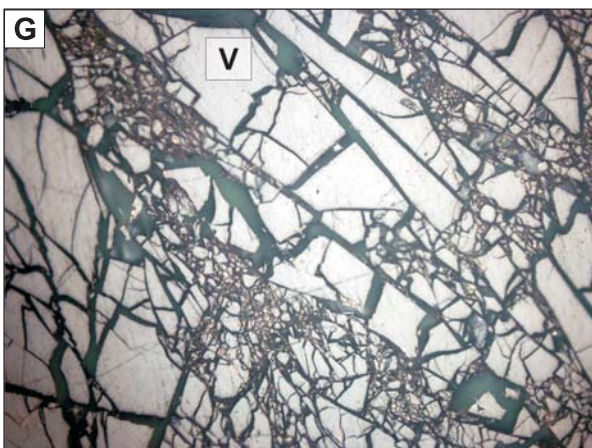
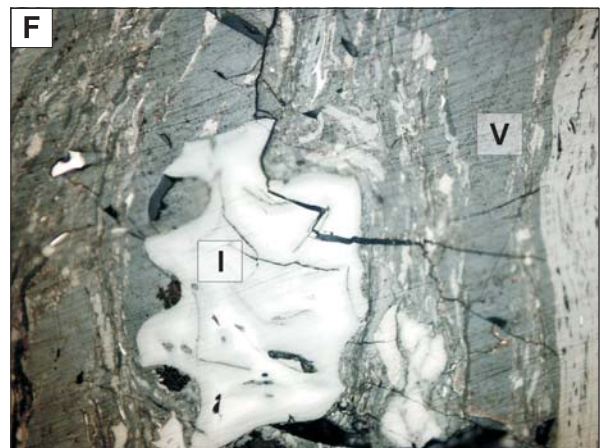
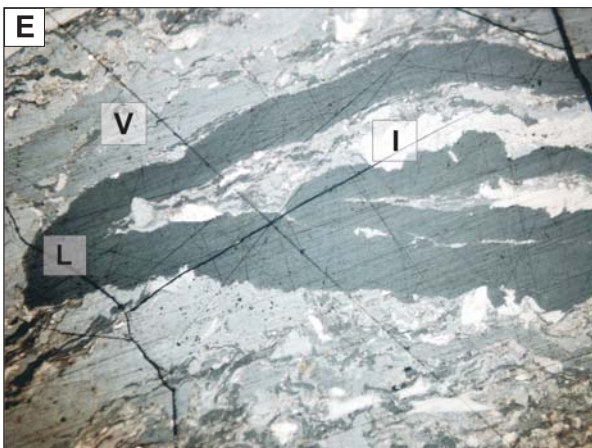
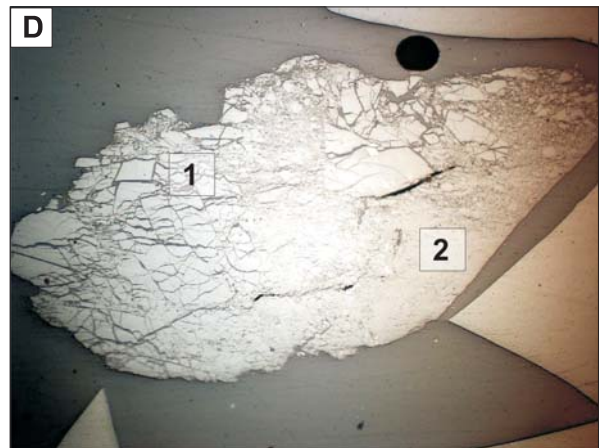
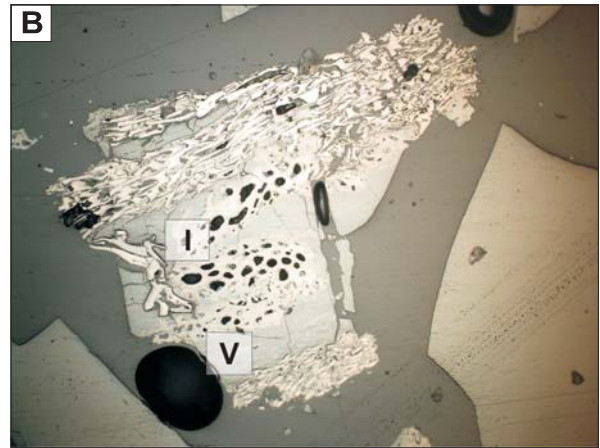
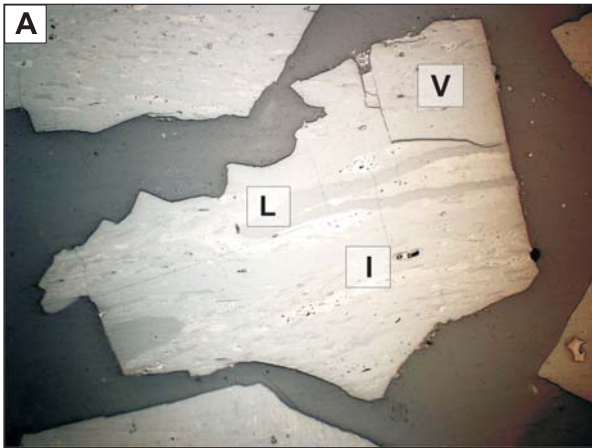


Tabela 3

Wyniki analizy punktowej dla przyuskokowych próbek węgla z KWK Pniówek, KWK Borynia-Zofiówka i KWK Brzeszcze
The results of point analysis obtained for near-fault coal samples coming from Pniówek, Borynia-Zofiówka and Brzeszcze mines

KWK Pniówek pokład 306/1												
Analizowana struktura	L-10	L-3	L-1,5	L-0,7	L-0	P-0,7	P-1,5	P-3	P-10			
Węgiel nieodmieniony	98,08	99,29	99,59	87,37	88,95	97,89	98,8	98,62	98,5			
Spękania na węglu nieodmienionym	1,50	0,71	0,41	7,04	8,61	1,44	1,19	1,38	1,50			
Węgiel odmieniony strukturalnie **	0,41	0	0	5,60	2,48	0,64	0	0	0			
Suma spękań i węgla odmienionego strukturalnie	1,91	0,71	0,41	12,64	11,09	2,08	1,19	1,38	1,5			
KWK Pniówek pokład 403/3												
Analizowana struktura	L-10	L-5	L-2	L-1	L-0,5	L-0	P-0	P-0,5	P-1	P-2	P-5	P-10
Węgiel nieodmieniony	90,93	93,26	91,15	91,85	90,8	91,46	49,81	81,34	90,29	93,22	90,34	96,1
Spękania na węglu nieodmienionym	5,25	5,03	5,55	5,97	5,46	5,92	17,40	11,81	6,98	4,93	4,45	3,78
Węgiel odmieniony strukturalnie **	3,81	1,72	3,30	2,19	3,74	2,63	32,80	6,84	2,73	1,85	5,21	0,12
Suma spękań i węgla odmienionego strukturalnie	9,06	6,75	8,85	8,16	9,2	8,55	50,2	18,65	9,71	9,06	6,75	8,85
KWK Borynia-Zofiówka pokład 412 1g+1d												
Analizowana struktura	L-10	L-3	L-1,5	L-0,7	L-0	P-0,7	P-1,5	P-3	P-10			
Węgiel nieodmieniony	97,47	97,85	95,13	94,81	86,49	94,82	80,69	95,36	98,28			
Spękania na węglu nieodmienionym	2,42	1,82	3,00	3,20	4,60	3,80	7,36	4,26	1,60			
Węgiel odmieniony strukturalnie **	0,11	0,34	1,86	1,99	8,91	1,37	11,95	0,37	0,11			
Suma spękań i węgla odmienionego strukturalnie	2,53	2,16	4,86	5,19	13,51	5,17	19,31	4,63	1,71			
KWK Brzeszcze pokład 352 zachód												
Analizowana struktura	L-10	L-5	L-2	L-1	L-0,5	L-0	P-0	P-0,5	P-1	P-2	P-5	P-10
Węgiel nieodmieniony	98,61	97,99	97,25	98,75	97,15	85,94	94,66	95,98	97,28	97,44	97,95	96,28
Spękania na węglu nieodmienionym	1,39	2,01	2,42	1,26	2,65	1,81	1,44	1,07	1,28	2,55	2,05	2,21
Węgiel odmieniony strukturalnie **	0	0	0,33	0	0,20	12,26	3,91	2,95	1,45	0	0	1,52
Suma spękań i węgla odmienionego strukturalnie	1,39	2,01	2,75	1,26	2,85	14,07	5,35	4,02	2,73	1,39	2,01	2,75

* udział węgla, bez uwzględnienia występujących w próbkach minerałów, ** kataklaza i mylonit; podwójną linią zaznaczono schematyczne miejsca przebiegu uskoku, strzałką – zrzut uskoku

* the contribution of coal, excluding minerals; ** cataclasis, mylonites; doubled lines indicate the schematic fault run, arrow – throw fault

nych przypadkach także mylonit (fig. 4D). Obecność takich form może wskazywać na bliskości deformacji tektonicznej (tab. 3, fig. 3B).

KWK PNIÓWEK POKŁAD 403/3

W ścianie B-5 pokładu 403/3 kopalni KWK Pniówek zaobserwowano niewielką, przecinającą pokład nieciągłość tektoniczną, ze skrzydłem zrzucającym z lewej strony. Z rejonu tej dyslokacji pobrano dwanaście próbek węgla. Średnia wartość refleksyjności wityryny (R_o), mierzona na zglądach węglowych wyniosła 0,98%.

Przeprowadzone analizy mikroskopowe wykazały obecność macerałów (tab. 1, fig. 3A):

- grupy wityryny – w ilości od 87,22 do 96,02% obj. (średnio 91,08%) (fig. 4E–G);
- grupy inertynitu – od 3,56 do 11,74% obj. (średnio 6,79%) (fig. 4E, F);
- grupy liptynitu – od 0,37 do 3,66% obj. (średnio 2,13%) (fig. 4E).

W próbkach węgla pojawia się miejscami znaczna domieszka substancji mineralnej (fig. 4H), ilastej i węglanowej, głównie pierwotnej, której zawartość zmienia się od 1,5 do nawet 25% (tab. 2).

W analizowanych próbkach występuje istotna zawartość węgla „odmienionego” strukturalnie. Najbardziej zdegradowany węgiel występuje w prawym, wiszącym skrzydle uskoku w ilości przekraczającej 50% obj. (średnio 12,82%) (fig. 3B, tab. 3). Objawami zniszczenia struktury węgla są liczne spękania egzogeniczne (fig. 4F, G), w różnym stopniu rozwinięta kataklaza (fig. 4G, H) oraz niekiedy także mylonity.

KWK BORYNIA-ZOFIÓWKA POKŁAD 412 ŁG+ŁD

W chodniku nadścianowym G-2, w pokładzie węgla 412 łg+łd KWK Borynia-Zofiówka napotkano uskok o niewielkim lewostronnym zrzucie. Z pokładu pobrano dziewięć próbek węgla. Stopień refleksyjności wityryny (R_o) w pobranych próbkach węgla wynosił średnio 1,17%.

Wyniki analizy ilościowej badanych próbek węgla wykazały obecność macerałów (tab. 1, fig. 3A):

- grupy wityryny – w ilości od 75,42 do 86,61% obj. (średnio 82,85%) (fig. 5A, B);
- grupy inertynitu – od 11,46 do 19,82% obj. (średnio 14,28%) (fig. 5A, B);
- grupy liptynitu – od 0,72 do 4,77% (średnio 2,86%) (fig. 5B).

W próbkach występuje nieznaczna domieszka substancji mineralnej, głównie o genezie synsedymenacyjnej (fig. 5C), której największą zawartość stwierdzono w rejonie uskoku (3,5%) (tab. 2). Minerale, głównie ilaste, rzadziej węglany, pojawiają się w spękaniach i między okrucami kataklazycznie zdeformowanego węgla.

W próbkach węgla pobranych 10 m od szczeliny uskokuwej pojawia się widoczny w badaniach mikroskopowych węgiel „odmieniony” strukturalnie (około 2% obj.). W miarę przybliżania się z lewej i prawej strony do dyslokacji, wyraźnie wzrasta jego zawartość. Największy procent deformacji strukturalnych (13,5% obj.) stwierdzono w lewym, zrzucanym skrzydle uskoku. W próbkach pojawiają się spękania egzogeniczne (fig. 5C, D) kataklaza (fig. 5C, D), a także niekiedy mylonit (fig. 5D) (tab. 3, fig. 3B).

KWK BRZESZCZE POKŁAD 352 ZACHÓD

W ścianie 111, pokładu 352 zachód, obszaru górniczego KWK Brzeszcze napotkano serię trzech niewielkich, lokalnych dyslokacji tektonicznych Z bezpośredniego sąsiedztwa jednego z tych uskokuw, którego prawe skrzydło zostało zrzucone o około 30 cm, pobrano dwanaście próbek węgla. Stopień uwęglania substancji organicznej, określony refleksyjnością (R_o) okazał się najniższy z wszystkich analizowanych w pracy próbek węgla i wynosił średnio zaledwie 0,79%.

W obrazie mikroskopowym stwierdzono obecność macerałów (tab. 1, fig. 3A):

- grupy wityryny – w ilości od 52,40 do 89,32% obj. (średnio 74,83%) (fig. 5E, F);
- grupy inertynitu – od 6,37 do 38,06% obj. (średnio 18,67%) (fig. 5E, G);
- grupy liptynitu – od 2,37 do 16,47% obj. (średnio 6,5%) (fig. 5F).

Badane próbki węgla są zbudowane w znacznej mierze z substancji mineralnej. W próbce pobranej 10 m na lewo od uskoku substancja ta pojawia się w ilości zaledwie 2,3%, lecz w rejonie uskoku jej zawartość wzrasta nawet do ponad 70% (tab. 2). Jej pochodzenie jest w dominującym stopniu postsedymenacyjne. Minerale współtworzące analizowane próbki należą głównie do minerałów ilastych. Są to karbomineryty bądź mineryty karbargilitowe.

W próbkach węgla z pokładu 352 zachód pojawia się stosunkowo niewiele deformacji strukturalnych. Jedynie w lewym skrzydle uskoku ich liczba wzrasta do około 14% i zwykle jest to kataklaza węglowo-skalna (tab. 3, fig. 3B, 5H). W miarę oddalania się od uskoku deformacje te maleją do 1–2%.

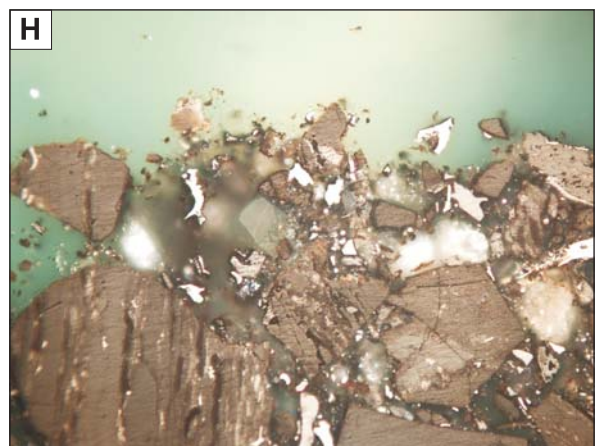
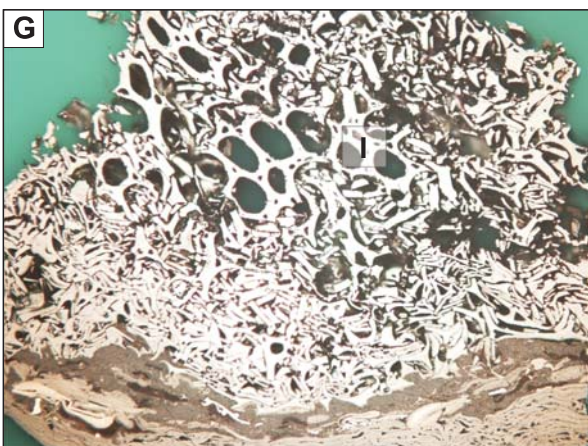
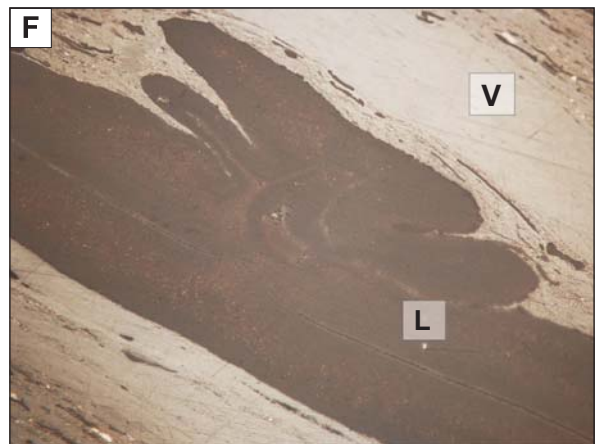
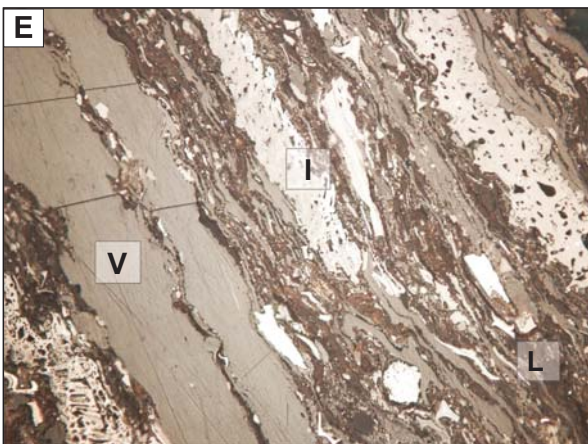
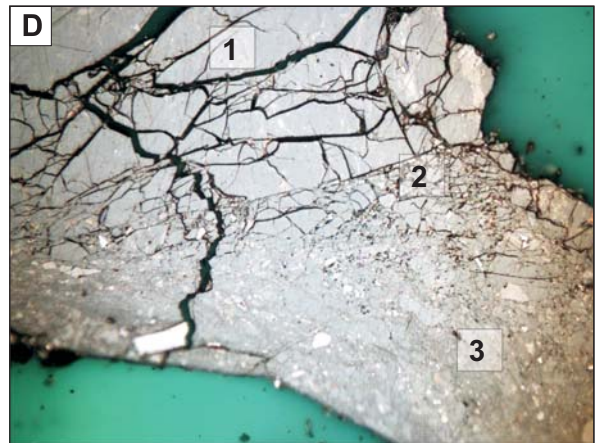
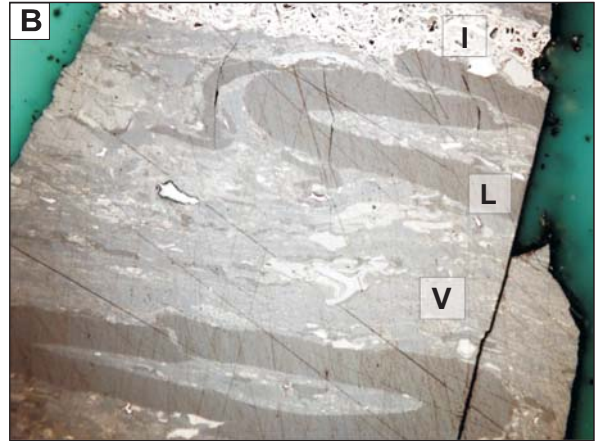
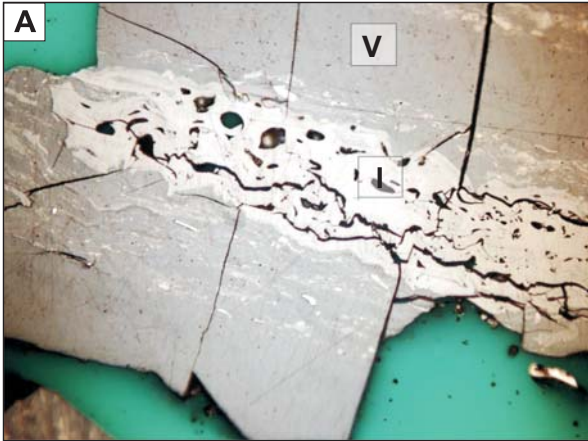


Fig. 5. **A.** Spękany fragment węgla zbudowany z macerałów grupy wityrinitu (V) oraz w centralnej części z inertynitu (I). Światło odbite, immersja, pow. $\times 500$; KWK Borynia-Zofiówka pokład 412 łg+łd. **B.** Okruch węgla pasemkowego z dobrze zachowanymi makrosporaми (L). Światło odbite, immersja, pow. $\times 500$; KWK Borynia-Zofiówka pokład 412 łg+łd. **C.** Silnie spękany (1) oraz kataklastyczny (2) okruch węgla, zawierającego domieszkę substancji mineralnej. Światło odbite, immersja, pow. $\times 500$; KWK Borynia-Zofiówka pokład 412 łg+łd. **D.** Węgiel silnie spękany (1), kataklastyczny (2) oraz zmylonityzowany (3), zbudowany głównie z macerałów wityrinitowych. Światło odbite, immersja, pow. $\times 500$; KWK Borynia-Zofiówka pokład 412 łg+łd. **E.** Fragment węgla pasemkowego zbudowany z wszystkich trzech grup macerałów (V, I, L). Na wtrynicie widoczne są spęknięcia. Światło odbite, immersja, pow. $\times 500$; KWK Brzeszcze pokład 352 zachód. **F.** Fragment dużej makrospory (L) tkwiącej w wtrynicie (V). Światło odbite, immersja, pow. $\times 500$; KWK Brzeszcze pokład 352 zachód. **G.** Inertynitowy fragment węgla. Światło odbite, immersja, pow. $\times 500$, KWK Brzeszcze pokład 352 zachód. **H.** Kataklastyczny fragment węgla, przemieszany z substancją mineralną. Światło odbite, immersja, pow. $\times 500$; KWK Brzeszcze pokład 352 zachód

A. Cracked piece of coal built of vitrinite maceral group (V) and – in central part – of inertinite (I). Reflected light, immersion, magn. $\times 500$; HCM Borynia-Zofiówka, seam 412 łg+łd. **B.** Cracked piece of laminar coal with good preserved macrospores (L). Reflected light, immersion, magn. $\times 500$; HCM Borynia-Zofiówka, seam 412 łg+łd. **C.** Strongly cracked (1) and cataclastic (2) piece of coal, containing an addition of mineral substance. Reflected light, immersion, magn. $\times 500$; HCM Borynia-Zofiówka, seam 412 łg+łd. **D.** A piece of strongly cracked (1), cataclastic (2) and mylonitic (3) coal, built mainly of vitrinite macerals. Reflected light, immersion, magn. $\times 500$; HCM Borynia-Zofiówka, seam 412 łg+łd. **E.** A piece of laminar coal made from all three maceral groups (V, I, L); some cracks visible in vitrinite. Reflected light, immersion, magn. $\times 500$; HCM Brzeszcze seam 352 zachód. **F.** A piece of large size macrospore (L) inside vitrinite (V). Reflected light, immersion, magn. $\times 500$; HCM Brzeszcze seam 352 zachód. **G.** An inertinite coal. Reflected light, immersion, magn. $\times 500$; HCM Brzeszcze seam 352 zachód. **H.** A piece of cataclastic coal, mixed with mineral substance. Reflected light, immersion, magn. $\times 500$; HCM Brzeszcze seam 352 zachód

WNIOSKI

Węgiel występujący w pokładach pociętych uskokami wykazuje charakterystyczne zmiany struktury. Zaobserwowano je nawet w próbkach pobranych w odległości 10 m od każdego z czterech uskoków (fig. 3B, tab. 3). W miarę zbliżania się do uskoku, we wszystkich badanych próbkach węgla zawartość egzospękań, kataklazy oraz mylonitu zdecydowanie wzrasta. W analizowanych pokładach węgla kamiennego dostrzeżono asymetryczność rozkładu zmian w strukturze węgla względem uskoku. Cechuje się to tym, że po jednej stronie uskoku występuje zdecydowany wzrost zawartości „odmienionych” form strukturalnych, gdy w drugim skrzydle uskoku zmiany te są nieznaczne. W obu pokładach węgla kamiennego KWK Pniówek oraz w węglu z KWK Brzeszcze zaobserwowano również, że zdecydowanie bardziej zdegradowane struktury są obecne w wiszących skrzydłach uskoków. Jedynie w KWK Borynia-Zofiówka występuje sy-

tuacja odwrotna. Większe zniszczenia strukturalne pojawia się tam w skrzydle zrzuconym. Obecność takich „odmienionych” struktur jest więc typowa dla węgla stref przyuskokowych. Jednak zaburzenia w strukturze węgla mają różny charakter i intensywność. Wielkość i skala zjawiska tektonicznego (uskoku) ma kluczową rolę w odniesieniu do deformacji struktury węgla. Na stopień wewnętrznych zaburzeń strukturalnych niewątpliwie ma wpływ również stopień uwęglenia substancji organicznej – im jest wyższy, tym węgiel jest bardziej odporny na działanie tektoniki (Bukowska, 2004). Powstaje pytanie, co dzieje się w sytuacji, gdy analizy przeprowadza się (tak jak w niniejszej pracy) na węglu z pokładów, w których substancja organiczna wykazuje zbliżony stopień uwęglenia, a dyslokacje tektoniczne cechują się małym zasięgiem i niewielkimi parametrami przemieszczenia? Wyniki badań mikroskopowych węgla z czte-

Tabela 4

Średnie zawartości procentowe wityrinitu, inertynitu i liptynitu oraz węgla „odmienionego” strukturalnie (spękanego, kataklazy i mylonitu) z przyuskokowych pokładów KWK Pniówek, KWK Borynia-Zofiówka oraz KWK Brzeszcze

Average percentage values of vitrinite, inertinite and liptinite groups and “altered” coal (cracks, cataclasis, mylonites)
Results obtained for near-fault samples from Pniówek, Borynia-Zofiówka and Brzeszcze mines

Średnia zawartość [%]	KWK Pniówek pokład 306/1	KWK Pniówek pokład 403/3	KWK Borynia-Zofiówka pokład 412 łg+łd	KWK Brzeszcze pokład 352 zachód
Wityrinit	79,04	91,08	82,85	74,83
Inertynit	15,45	6,79	14,28	18,67
Liptynit	5,52	2,13	2,86	6,50
Spęknięcia i węgiel kataklastyczny/mylonit	3,66	12,82	6,56	3,55

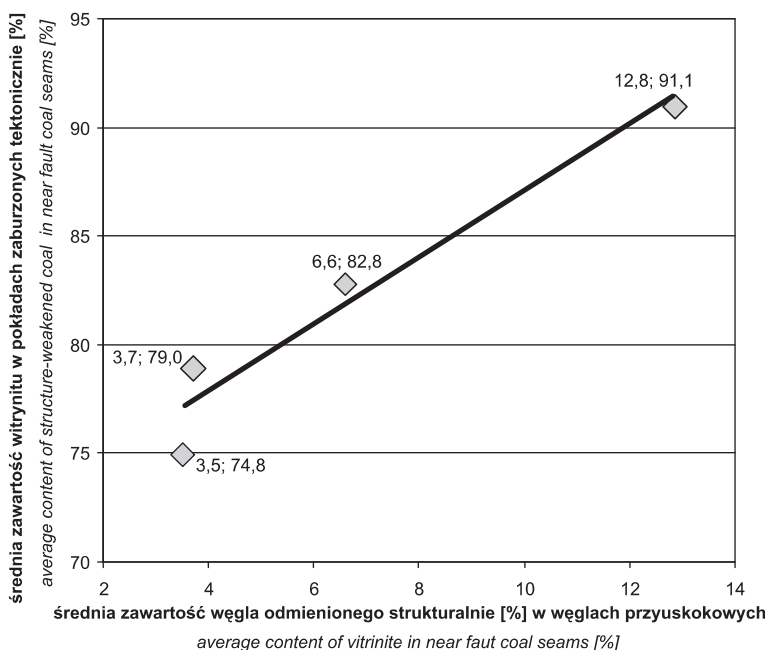


Fig. 6. Średnia zawartość węgla odmienionego strukturalnie w stosunku do średniej zawartości wityrynytu w pokładach zaburzonych tektonicznie

Average content of structurally “altered” coal vs. average content of the vitrinite, in tectonically disturbed coal seams

rech różnych pokładów GZW wykazały, że najbardziej zmieniony strukturalnie jest węgiel występujący w pokładzie 403/3 KWK Pniówek. W pokładzie tym, w prawym, wiszącym skrzydle uskoku dochodzi do ponad 50-procentowych zmian struktury. W pozostałych analizowanych próbkach pobranych ze stref przyuskokowych deformacje strukturalne sięgają kilkunastu procent. Przyczyną tych różnic są dysproporcje dotyczące zawartości procentowej poszczególnych grup macerałów. Według Bukowskiej (2004) węgiel kamienny pochodzący z GZW wykazuje znaczną zmienność cech wytrzymałościowych, co jest spowodowane

różną zawartością poszczególnych grup macerałów. Autorka ta wykazała tendencję wzrostową wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie wraz ze wzrostem udziału litotypów zawierających dominację macerałów grupy inertynytu i liptynytu nad wityrynytem (durytu, klarodurytu) oraz domieszki substancji mineralnej w postaci karbominerytów. W węglu pobranym z analizowanych w pracy pokładów zwrócono uwagę na istnienie zależności pomiędzy zawartością procentową wityrynytu a stopniem destrukcji struktury węgla. W próbkach z pokładu 403/3 KWK Pniówek dominuje litotyp wityrynytu zbudowany głównie z macerałów grupy wityrynytu, stąd też węgiel ten cechuje się największym stopniem zmian w strukturze, w stosunku do pozostałych próbek węgla pobranych ze stref przyuskokowych. Im większa zawartość macerałów grupy wityrynytu w pokładzie węgla, tym jest on mniej odporny na niszczenie na skutek wytworzonych sił spowodowanych istnieniem dyslokacji przecinającej pokład. Stąd też przedstawione wyniki badań (tab. 4, fig. 6) są próbą powiązania zależności pomiędzy zawartością procentową wityrynytu (wartością średnią wszystkich przyuskokowych próbek), a ilością węgla „odmienionego” strukturalnie (wartości średniej wszystkich przyuskokowych próbek węgla).

Na podstawie prowadzonych badań stwierdzono, że wstępne analizy dotyczące korelacji między zawartością procentową grup macerałów a stopniem zniszczeń strukturalno-teksturalnych widocznych w obrazie mikroskopowym istnieją. Potwierdzeniem wniosków zawartych w pracy będzie kontynuacja badań na większej liczbie próbek węgla przyuskokowego pobranych z różnych lokalizacji GZW.

Praca została sfinansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, projektu rozwojowego numer NR09-0038-06 oraz ze środków na badania statutowe IMG PAN.

LITERATURA

- BEAMISH B., CROSDALE P.J., 1998 — Instantaneous outbursts in underground coal mines: An overview and association with coal type. *Inter. J. Coal Geol.*, **35**: 27–55.
- BODZIONY J., LAMA R.D., 1996 — Sudden outburst of gas and coal in underground coal mines. Publisher Lama & Associates, Mt. Pleasant.
- BUKOWSKA M., 2004 — Wytrzymałość na ściskanie wytypowanych węgla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na tle ich budowy petrograficznej. *Pr. Nauk. GIG. Górn. i Środ.*, **4**: 65–80.
- CAO Y., MITCHELL G.D., DAVIS A., WANG D., 2000 — Deformation metamorphism of bituminous and anthracite coals from China. *Inter. J. Coal Geol.*, **43**: 227–242.
- GENTZIS T., 2006 — Economic coalbed methane production in the Canadian Foothills: Solving the puzzle. *Inter. J. Coal Geol.*, **65**: 79–92.
- GODYŃ K., 2011 — Advancement of structural changes of near-fault coals as a parameter useful in predicting the possibility of gas-geodynamic phenomena. Dokumenta Geonica. 8 czesko-polska konferencja „Geologia Zagłębia Węglonośnych” 2001/1. 8 Ustav Geonoky AV CR, v.v.I. Ostrava 2011.
- JAKUBÓW A., TOR A., WIERZBICKI M., 2006 — Własności strukturalne węgla w rejonie wyrzutu węgla i gazu w chodniku transportowym D-6 pokład 409/4 KWK „Zofiówka”, *Konf. Nauk.-Tech. „Górnictwo Zagrożenia Naturalne”*.

- JIANG B., JU Y., QUIN Y., 2004 — Textures of tectonic coals and their porosity. *Mining and Science technology*: 317–320. Taylor & Group, London.
- LI H., OGAWA Y., SHIMADA S., 2003 — Mechanism of methane flow through sheared coals and its role on methane recovery. *Fuel*, **82**: 1271–1279.
- SHEPHERD J., RIXON L.K., CREASEY J.W., 1980 — Analysis and prediction of geological structures associated with outbursts at Collinsville, Queensland. *The Occurrence, Prediction and Control of Outbursts in Coal Mines Symposium*: 159–171. Australian Institute of Mining and Metallurgy, Parkville, Victoria, Australia.
- STAN BEZPIECZEŃSTWA i higieny pracy w górnictwie w 2010. WUG, Katowice, 2010.
- ZORYCHTA A., TOR A., JAKUBÓW A., 2007 — Wpływ czynników geomechanicznych na zagrożenie wyrzutami metanu i skał w kopalniach Zofiówka i Pniówek Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. *Polski Kongres Górniczy, Eksploatacja podziemna. Pr. Nauk. GIG. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa*, **9**: 156–172.

SUMMARY

The impact of geological distortions has a direct effect on the structural/textural, durability, and gas properties of coal and its accompanying minerals, causing changes in their structure. The occurrence of structurally "altered" coal (fractured, cataclastic and even mylonitic coal) in coal seams is typical of the areas prone to tectonic dislocations (Fig. 2). For the purpose of this study, coal samples were collected from four coal seams affected by local, minor faults, and situated in the Pniówek, Borynia-Zofiówka and Brzeszcze hard coal mines (Fig. 3B). From each coal seam, ten to twelve samples – located at various distances from the dislocation – were collected. The samples were subsequently subject to petrographic and stereological analysis, the main purpose of which was an attempt to establish the relation between the degradation of the internal structure of coal in the near-fault zone and the percentage content of three major maceral groups, i.e. vitrinite, inertinite and liptinite. The analyzed samples revealed characteristic structural changes (Fig. 3B, Table 3), the degree of which increased as the distance from the fault got smaller. Also, the asymmetry of the distribution of changes in the coal structure in relation to the fault was observed. In the coal seams situated in the Pniówek and Brzeszcze hard coal mines, the content of structurally transformed coal was higher in hanging walls than in footwalls. However, in the case of the Borynia-Zofiówka hard coal mine, the situation was reversed: the content of the structurally "altered" coal was higher in

the footwall. Such specific structures are thus typical of the coal occurring in near-fault zones.

The distortions of coal structure are of various nature and intensity. A key factor in coal structure deformation is the size and the scale of a tectonic phenomenon, as well as the degree of coalification. Therefore, a question needs to be asked about the results of the analyses carried out on coal found in the seams where the organic compound reveals a similar degree of coalification, and the tectonic dislocations are characterized by short range and small displacement parameters (as is the case in the present study). The results of the studies performed on four different coal seams situated in the Upper Silesia Coal Basin show that the coal revealing the largest structural alterations occurs in the seam no. 403/3 of the Pniówek hard coal mine (Figure 3, Table 3). One characteristic feature of such coal is the fact that the proportion of structural deformations in the fault zone is 50 percent. In the remaining coal seams being the subject of the analysis, the proportion of such coal reached only ten odd percent. Such differences result from disproportions concerning the percentage content of particular maceral groups in coal seams. The percentage content of vitrinite and the destruction degree of coal structure are related. When the dominant structural components of coal are the macerals belonging to the vitrinite group, coal is less resistant to destruction caused by tectonics (Table 4, Fig. 4).