

Wiesław GABZDYŁ, Krystian PROBIERZ, Marek MARCISZ
Politechnika Śląska

ZMIANY SKŁADU PETROGRAFICZNEGO WĘGLA W PROCESIE PRODUKCYJNYM KWK „SZCZYGŁOWICE”

Streszczenie. Prześlędzono zmiany składu petrograficznego węgla kamiennego w złożu oraz podczas procesu eksploatacji i przeróbki węgla, tj. od złoża do węgla handlowego. Zmiany przedstawiono na przykładzie dwóch pokładów, których węgle wykazują podobną refleksyjność (0,91–0,95%), różnią się natomiast składem petrograficznym. Wykazano, że zarówno w złożu, jak i w procesie produkcyjnym refleksyjność wykazuje dużą stałość (w granicach odchylenia standardowego), zaś skład petrograficzny zmienia się w zależności od zastosowanej metody wzbogacania. Dokonany monitoring wykazał, że w procesie produkcyjnym systematycznie obniża się zawartość substancji mineralnej oraz karbominerytu i skały. Spadkowi udziału SM oraz karbominerytu i skały towarzyszy mniej systematyczny wzrost udziału macerałów grupy wityrnytu i nieregularne zmiany udziału inertynitu oraz praktycznie stały udział liptynitu (< 10%). Wśród macerałów grupy inertynitu dominuje inertodetrynit i semifuzynit. Spośród mikrolitotypów najwyższe udziały wykazują wityryt i trimaceryt, a w dalszej kolejności klaryt oraz wityrnyteryt. W mniejszych ilościach stwierdzono inertyt i duryt oraz śladowo liptyt.

CHANGES IN THE PETROGRAPHIC COMPOSITION OF COAL DURING PROCESSING IN THE “SZCZYGŁOWICE” COAL MINE

Summary. The changes of petrographic composition of coal were investigated in the deposit during the exploitation and preparation process of coal. These changes were observed in the different samples from seam to “commercial coal”. The changes were presented on the example of two coal seams where coals showed random reflectance (0,91–0,95%), differ however in petrographic composition. Both samples, these from the deposit and these from different stages of processing, present random reflectance of high stability (in standard deviation). Petrographic composition changes depend on preparation process. Results of the researches showed that during processing mineral matter content and carbominerite and rock were systematically decrease. Moreover systematic increase of content of vitrinite, unregular changes of inertinite and stable content of liptinite (< 10%) were observed. Inertodetrinite and semifusinite dominate among the inertinite macerals group. In microlithotypes were observed the highest content of vitrite and trimacerite and next clarite and vitrinertite. There was a smaller amount of durite and very little amount of liptite.

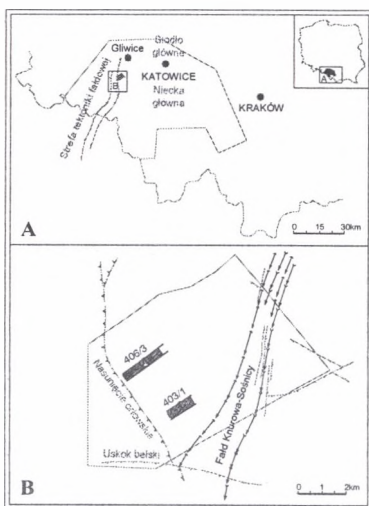
1. Wstęp

Znajomość pełnej charakterystyki jakości węgla, w tym szczególnie jego składu petrograficznego, zarówno w złożu jak i w procesach wydobywania i przeróbki, w istotny sposób wpływa na możliwość uzyskania „węgla handlowego” o pożądanych i stałych parametrach jakości. Problem ten, jak się wydaje według danych literaturowych, jest niedostatecznie rozpoznany i podejmowany zazwyczaj w odniesieniu do samego pokładu/złoża (*Gabzdyl & Probierz, 1996*).

Spełnienie wymogów ochrony środowiska, jakie są stawiane wobec kopalnych paliw, spowodowało, że w polskim górnictwie węgla kamiennego podjęto prace zmierzające do kompleksowych badań jakości węgla, szczególnie jego składu petrograficznego.

Podjęte badania miały na celu prześledzenie zmian składu maceralnego jak i mikrolitotypowego węgla od kopaliny w złożu aż do produktu końcowego (węgla handlowego) przeznaczonego dla odbiorcy.

Badaniom poddano węgle z Kopalni „Szczyglowice”, zlokalizowanej w NW części GZW (rys. 1), charakteryzującej się zasobami wystarczającymi na co najmniej kilkudziesięcioletnie ich wydobywanie (>2025 roku). Analizowano węgle z dwóch pokładów podlegających jednoczesnemu i wspólnemu procesowi przeróbki oraz wzbogacania. Węgły z tych pokładów wykazują zbliżony stopień uwęglenia (ortobitumiczne C, *Taylor G. H. et al., 1998*), lecz odmienny skład petrograficzny.



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań
Fig. 1. Location of investigation area

2. Metodyka badań

Na podstawie analiz materiałów archiwalnych Kopalni „Szczygłowice” wybrano reprezentatywne pokłady do dalszych badań. Kryterium wyboru stanowiły aspekty ekonomiczne i badawcze, spośród których wyróżnić można: jak najlepsze rozpoznanie budowy geologicznej i jakości kopaliny w pokładzie, jak najdłuższy przewidywany okres eksploatacji pokładu, możliwość pobrania reprezentatywnych próbek węgla z pokładu, udział urobku z danego pokładu w procesie produkcyjnym, możliwość śledzenia procesu produkcyjnego od złoza (reprezentowanego przez wybrane pokłady) do węgla handlowego.

Spośród pokładów złoza KWK „Szczygłowice” wybrano pokłady 403/1 i 406/3, które spełniają założone wymagania.

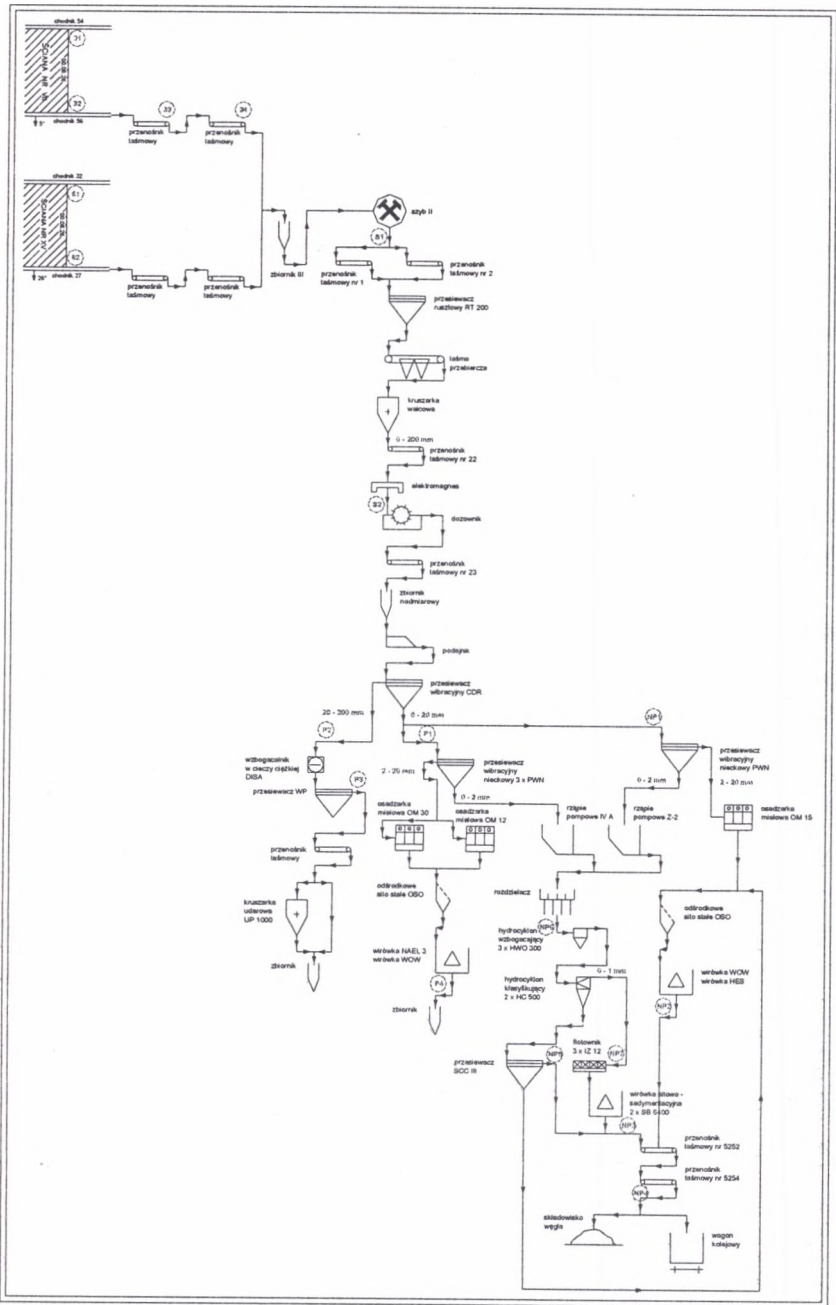
Analiza planów produkcyjnych Kopalni „Szczygłowice” pozwoliła stwierdzić, że węgle z pokładów 403/1 i 406/3 podlegają jednoczesnemu i wspólnemu procesowi przeróbki oraz wzbogacania. Zaistniała więc możliwość przesłedzenia zmian jakości węgla w mieszance węglowej (będącej wynikiem zmieszania węgla z obu pokładów w stosunku 3:2) od złoza do produktu końcowego, w całym procesie produkcyjnym kopalni.

Proces produkcyjny KWK „Szczygłowice” opróbowano za pomocą serii próbek, obejmującej cały proces wzbogacania mieszanki węglowej powstającej w zbiorniku przyszybowym, pod ziemią, i utworzonej z węgla pokładów 403/1 i 406/3 w proporcji 3:2 (61 % do 39 %).

Kryterium wyboru miejsc pobrania próbek stanowiły wszystkie, jak się wydaje, newralgiczne punkty („węzły”) procesu produkcyjnego, w których zaistniała możliwość zmiany wartości parametrów jakości kopaliny. Należy przez to rozumieć, że istnieją miejsca, w których pobranie próbki jest niemożliwe z przyczyn technicznych (np. brak dostępu do potencjalnego miejsca opróbowania).

Reprezentacyjne próbki pobrano ze wszystkich możliwych „węzłów” procesu produkcyjnego kopalni. Opróbowanie objęło swoim zasięgiem: złoże (reprezentowane przez wybrane pokłady węgla) i zakład przeróbczy, w którym wyróżniono oddział sortowni, oddział płuczki oraz obieg wodno-mułowy (rys. 2).

Należy zaznaczyć, że każdy z wybranych pokładów węgla reprezentowany jest przez jedną ścianę eksploatacyjną (pokład 403/1 – ściana nr VII, pokład 406/3 – ściana nr XV).



Rys. 2. Schemat ideowy procesu produkcyjnego w KWK „Szczygłowie”
 Fig. 2. Scheme of processing in the „Szczygłowie” coal mine

Dokładną charakterystykę pobranych próbek, wraz z uwzględnieniem klasy ziarnowej, zamieszczono w tab. 1.

Tabela 1

Zestawienie próbek węgla pobranych z pokładów 403/1 i 406/3 oraz z Zakładu Przeróbki Mechanicznej Węgla KWK „Szczygłowice”

Lp.	Symbol próbki	Wielkość ziaren, mm	Opis próbki
1.	31	–	Próbka bruzdowa, pokład 403/1, ściana nr VII, chodnik 54 (nadścianowy)
2.	32	–	Próbka bruzdowa, pokład 403/1, ściana nr VII, chodnik 56 (podścianowy)
3.	61	–	Próbka bruzdowa, pokład 406/3, ściana nr XV, chodnik 32 (nadścianowy)
4.	62	–	Próbka bruzdowa, pokład 406/3, ściana nr XV, chodnik 27 (podścianowy)
5.	S1	–	Węgiel surowy, sortownia, przenośnik taśmowy nr 1
6.	S2	0–200	Węgiel surowy, sortownia, przesył między przenośnikami taśmowymi nr 22 i 23
7.	P1	0–20	Miał surowy, płuczka
8.	P2	20–200	Węgiel surowy, płuczka
9.	P3	20–200	Koncentrat węglowy, płuczka, WĘGIEL HANDLOWY
10.	P4	2–20	Miał wzbogacony (miał płukany), płuczka, WĘGIEL HANDLOWY
11.	NP1	0–20	Miał surowy
12.	NP2	2–20	Miał wzbogacony (miał płukany)
13.	NP6	0–2	Nadawa do wzbogacania w płuczce hydrocyklonowej
14.	NP5	0–2	Odwodniony koncentrat węglowy z hydrocyklonu klasyfikującego HC 500
15.	NP7	0–1	Nadawa na flotację, przelew z hydrocyklonu klasyfikującego HC 500
16.	NP3	0–2	Odwodniony flotokcentrat wraz z koncentratem węglowym z hydrocyklonu klasyfikującego HC 500
17.	NP4	0–20	Koncentrat zbiorczy, WĘGIEL HANDLOWY

Z analizy schematu produkcyjnego KWK „Szczygłowice” (rys. 2) wynika, że istnieje możliwość uzyskania trzech produktów finalnych (P3, P4 i NP4), czyli węgla handlowych. Produkty te uzyskuje się w trzech liniach produkcyjnych, różniących się zastosowanymi procesami wzbogacania. Wymienione cykle technologiczne utworzone są z linii produkcyjnych, złożonych z „węzłów” obejmujących ściśle określony proces wzbogacania (np. wzbogacanie w cieczy ciężkiej, wzbogacanie flotacyjne itd.)

Wszystkie linie produkcyjne posiadają część wspólną, obejmującą eksploatację, odstawę i transport oraz wstępne przygotowanie kopaliny w oddziale sortowni, a także rozdzielanie na odpowiednie klasy ziarnowe na przesiewaczu CDR. Dopiero po procesie przesiewania rozpoczyna się właściwa część każdej z linii produkcyjnej.

W pierwszej linii produkcyjnej węgiel handlowy (P3) powstaje z urobku poddawanego procesowi sortowania (S) i wzbogacania w cieczy ciężkiej (P2). W drugiej linii produkcyjnej węgiel handlowy (P4) powstaje z urobku poddawanego procesowi sortowania (S) i wzbogacania w osadzarkach miałowych (P1). Trzeci cykl technologiczny obejmuje oprócz sortowania (S) również wzbogacanie w hydrocyklonach (NP6). Stosuje się również flotację

(NP7) produktów uzyskanych w hydrocyklonach, a także wzbogacanie w osadzarkach mialowych (NP2), które prowadzone jest bezpośrednio po sortowaniu (S). Mieszanie produktów końcowych daje tzw. koncentrat zbiorczy, który jest węglem handlowym (NP4) uzyskiwanym w trzecim cyklu technologicznym.

3. Omówienie wyników badań

Charakterystyka stopnia uwęglenia i składu petrograficznego w procesie produkcyjnym objęła opis zmian refleksyjności, udziału poszczególnych grup macerałów ze szczególnym uwzględnieniem macerałów grupy inertynitu oraz mikrolitotypów, karbominerytu i skały w poszczególnych liniach produkcyjnych (Probiez K., Marcisz M., 2002, 2003). Odrębnie prześledzono zmiany refleksyjności i udziału grup macerałów (tab. 2, 3 i 4; rys. 3 i 4) oraz mikrolitotypów (tab. 5, 6 i 7; rys. 5) w procesie produkcyjnym.

Tabela 2

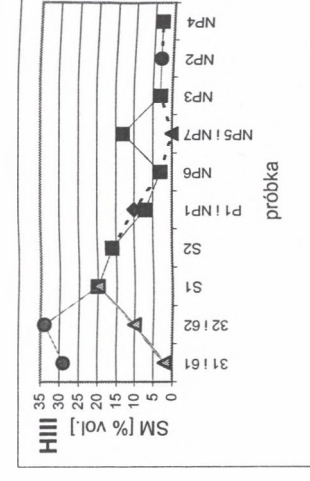
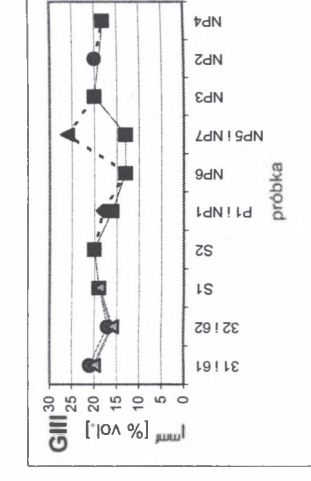
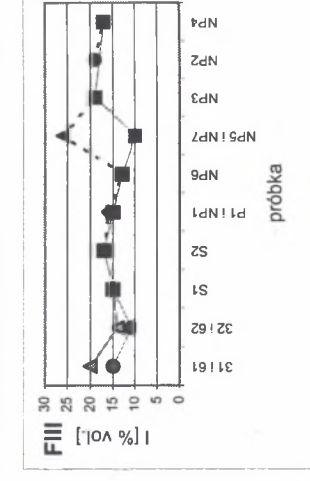
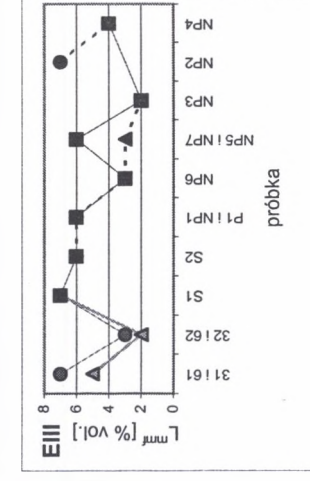
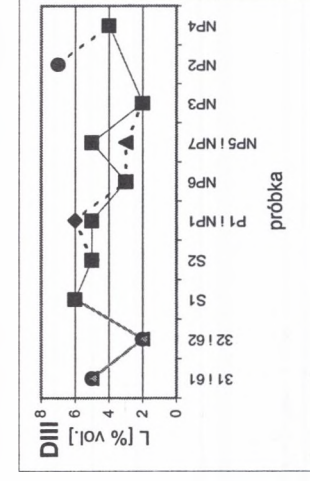
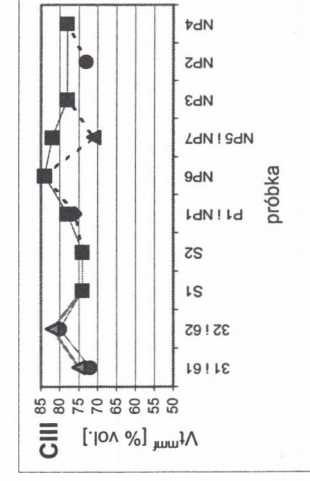
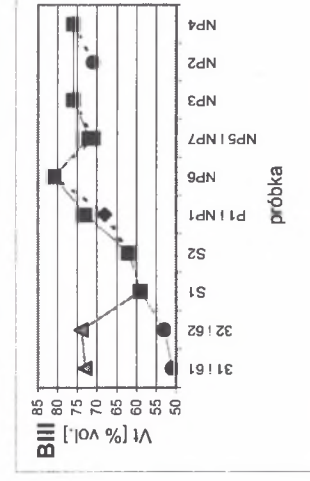
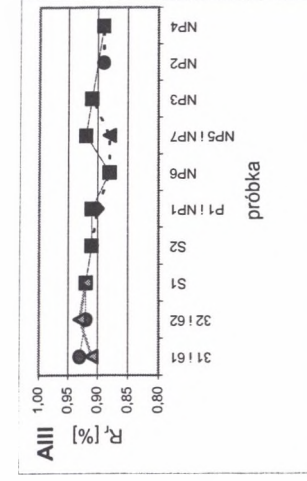
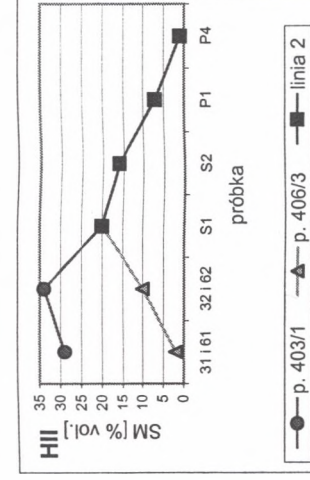
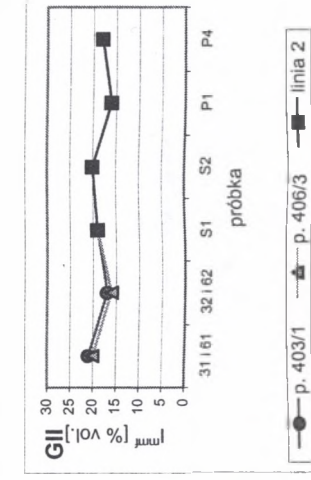
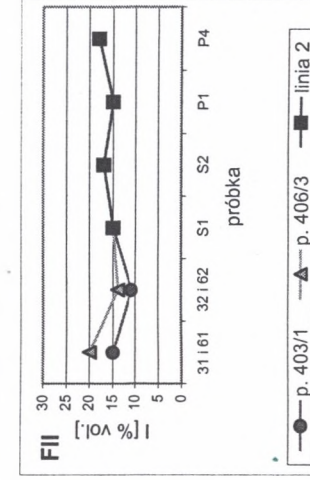
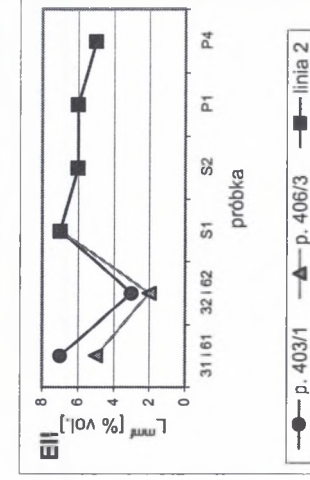
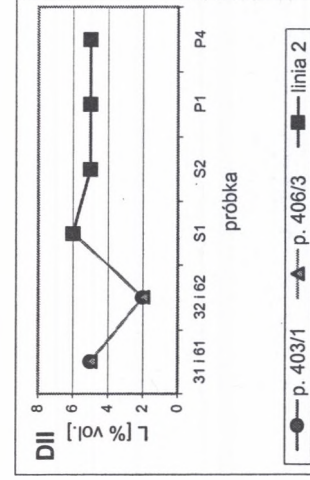
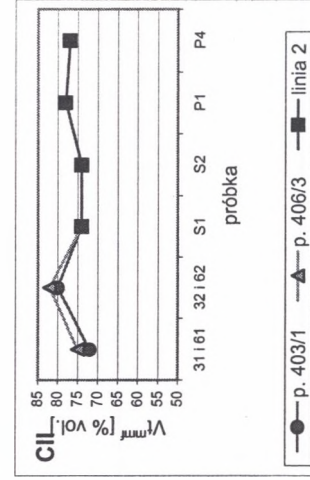
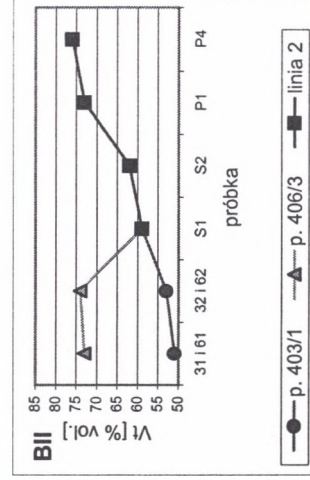
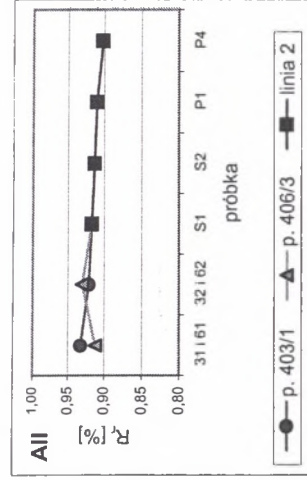
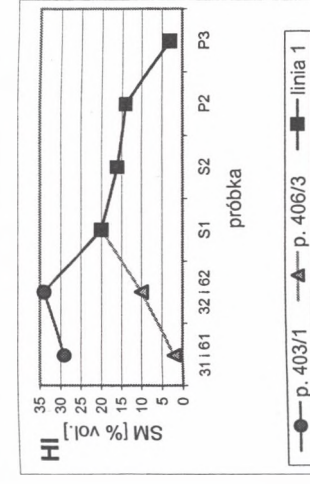
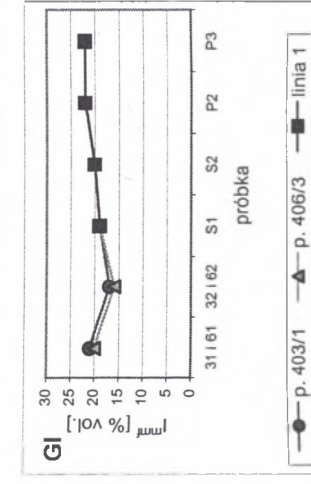
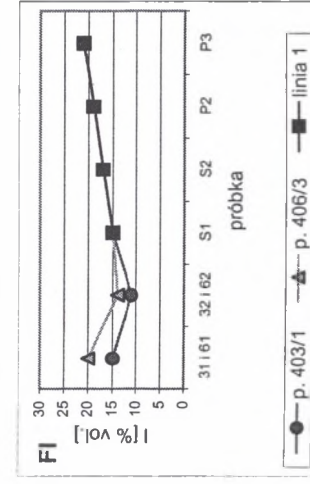
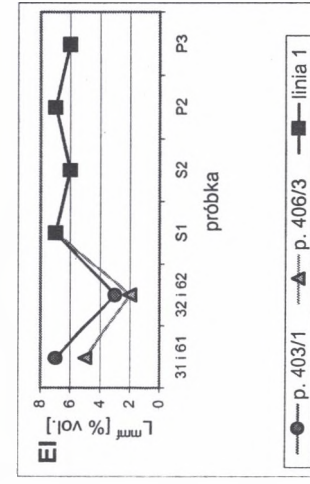
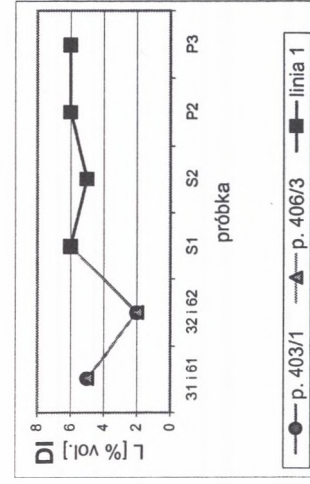
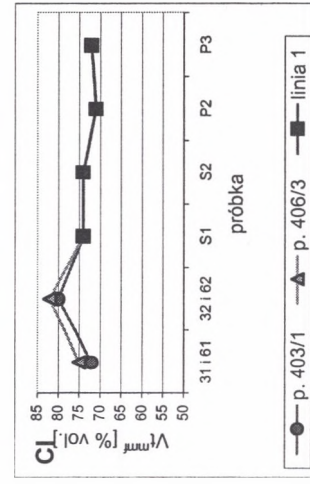
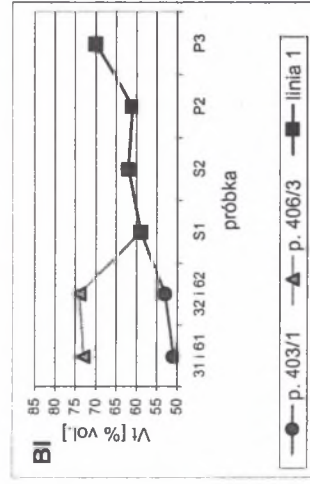
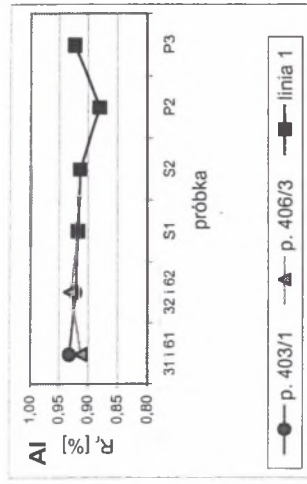
Stopień uwęglenia i udział grup macerałów w próbkach z pierwszej linii procesu produkcyjnego KWK „Szczygłowice” (wzbogacanie w cieczy ciężkiej)

Lp.	Nr próbki	R _r	s _{Rr}	Vt	L	I										SM	Vt ^{mmf}	L ^{mmf}	I ^{mmf}
						Σ	Mi	Ma	Sf	F	Fg	Sk	Id						
		%		% vol.															
1.	31	0,93	0,05	51	5	15	śląd	2	10	śląd	0	0	3	29	72	7	21		
2.	32	0,92	0,05	53	2	11	0	1	5	2	0	śląd	3	34	80	3	17		
3.	61	0,91	0,05	73	5	20	śląd	1	11	śląd	śląd	0	8	2	75	5	20		
4.	62	0,93	0,05	74	2	14	0	1	6	śląd	0	0	7	10	82	2	16		
5.	S1	0,92	0,05	59	6	15	0	śląd	9	1	1	śląd	4	20	74	7	19		
6.	S2	0,91	0,04	62	5	17	0	2	7	0	0	0	8	16	74	6	20		
7.	P2	0,88	0,04	61	6	19	0	2	8	0	śląd	0	9	14	71	7	22		
8.	P3	0,92	0,05	70	6	21	śląd	1	9	1	śląd	0	10	3	72	6	22		

Tabela 3

Stopień uwęglenia i udział grup macerałów w próbkach z drugiej linii procesu produkcyjnego KWK „Szczygłowice” (wzbogacanie w osadzarkach mialowych)

Lp.	Nr próbki	R _r	s _{Rr}	Vt	L	I										SM	Vt ^{mmf}	L ^{mmf}	I ^{mmf}
						Σ	Mi	Ma	Sf	F	Fg	Sk	Id						
		%		% vol.															
1.	31	0,93	0,05	51	5	15	śląd	2	10	śląd	0	0	3	29	72	7	21		
2.	32	0,92	0,05	53	2	11	0	1	5	2	0	śląd	3	34	80	3	17		
3.	61	0,91	0,05	73	5	20	śląd	1	11	śląd	śląd	0	8	2	75	5	20		
4.	62	0,93	0,05	74	2	14	0	1	6	śląd	0	0	7	10	82	2	16		
5.	S1	0,92	0,05	59	6	15	0	śląd	9	1	1	śląd	4	20	74	7	19		
6.	S2	0,91	0,04	62	5	17	0	2	7	0	0	0	8	16	74	6	20		
7.	P1	0,91	0,05	73	5	15	0	0	7	0	0	0	8	7	78	6	16		
8.	P4	0,90	0,05	76	5	18	0	1	7	śląd	0	0	10	1	77	5	18		



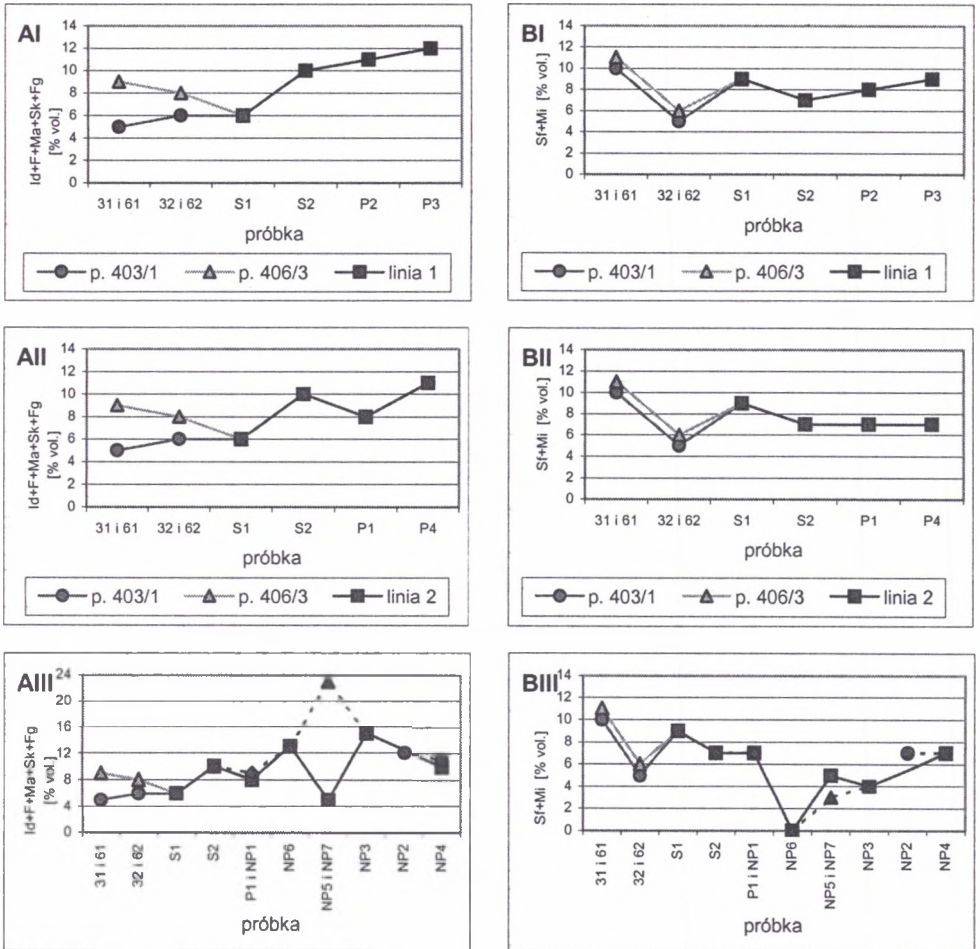
Rys. 3. Stopień uwęglenia oraz udział grup macerałów i substancji mineralnej w próbkach węgla z I, II i III linii procesu produkcyjnego KWK "Szczygłowice"

A - wartość średniej refleksyjności wityrynytu; B - zawartość wityrynytu; C - zawartość wityrynytu w stanie bez substancji mineralnej; D - zawartość wityrynytu w stanie bez substancji mineralnej; E - zawartość lipinytu; F - zawartość inertynytu; G - zawartość inertynytu w stanie bez substancji mineralnej; H - zawartość substancji mineralnej

Fig. 3. The rank and content of the macerals groups and mineral matter in the coal samples from I, II and III line of preparation process of "Szczygłowice" coal mine
A - random reflectance of vitrinite; B - vitrinite content; C - vitrinite content in mmf state; D - lipinite content; E - lipinite content in mmf state; F - inertinite content; G - inertinite content in mmf state; H - mineral matter content

Tabela 4
 Stopień uwęglenia i udział grup maceratów w próbkach z trzeciej linii procesu produkcyjnego KWK „Szczygłowice”
 (wzbogacanie w osadzarce miałowej, hydrocyklonach oraz w procesie flotacji)

Lp.	Nr próbki	%		% vol.										L ^{mmf}		I ^{mmf}	
		R _r	s _{Rr}	L	Σ	Mi	Ma	Sf	F	Fg	Sk	Id	SM	V _t ^{mmf}	L ^{mmf}	I ^{mmf}	
1.	31	0,93	0,05	5	15	ślad	2	10	ślad	0	0	3	29	72	7	21	
2.	32	0,92	0,05	2	11	0	1	5	2	0	ślad	3	34	80	3	17	
3.	61	0,91	0,05	5	20	ślad	1	11	ślad	ślad	0	8	2	75	5	20	
4.	62	0,93	0,05	2	14	0	1	6	ślad	0	0	7	10	82	2	16	
5.	S1	0,92	0,05	6	15	0	ślad	9	1	1	ślad	4	20	74	7	19	
6.	S2	0,91	0,04	62	5	17	0	2	7	0	0	8	16	74	6	20	
7.	P1	0,91	0,05	73	5	15	0	7	0	0	0	8	7	78	6	16	
8.	NP1	0,90	0,05	68	6	16	0	ślad	7	0	ślad	9	10	76	6	18	
9.	NP6	0,88	0,04	81	3	13	0	3	0	0	0	10	3	84	3	13	
10.	NP5	0,92	0,05	72	5	10	0	1	5	0	0	4	13	82	6	13	
11.	NP7	0,88	0,03	71	3	26	0	1	3	0	0	22	0	71	3	26	
12.	NP2	0,89	0,04	71	7	19	0	1	7	ślad	ślad	11	3	73	7	20	
13.	NP3	0,91	0,04	76	2	19	0	1	4	0	0	14	3	78	2	20	
14.	NP4	0,89	0,05	76	4	17	ślad	1	7	1	0	8	3	78	4	18	



Rys. 4. Udział macerałów grupy inertynitu w próbkach węgla z I, II i III linii procesu produkcyjnego KWK "Szczygłowie"

A - zawartość macerałów typowo inertycznych; B - zawartość macerałów częściowo rekatywnych w procesie koksowania

Fig. 4. Content of inertinite macerals group in coal samples from I, II and III line of preparation process of "Szczygłowie" coal mine

A - content of the typical inertic macerals; B - content of the macerals partly reactive in coking process

Wartość średnia refleksyjności R_r witrynu w próbkach procesu produkcyjnego (linie I–III) waha się od 0,88 do 0,93 %, przy odchyleniu standardowym $s_{R_r} = 0,03\text{--}0,05$ %. Refleksyjność witrynu, precyzyjnie odzwierciedlająca stopień uwęglenia, wykazuje w procesie produkcyjnym nieznaczne wahania swojej wartości (w granicach odchylenia standardowego). Świadczy to o jej wielkiej przydatności do oceny węgla (Probierz K., 1994), a więc parametr ten powinien zostać koniecznie uwzględniony w PN podziału węgla na typy.

Zawartość macerałów grupy witrynu w próbkach bruzdowych z pokładu 403/1 mieści się w granicach 51–53 ($Vt^{mmf} = 72\text{--}80$) % vol., zaś w próbkach bruzdowych z pokładu 406/3 w przedziale 73–74 ($Vt^{mmf} = 75\text{--}82$) % vol. Mieszanka węglowa w kolejnych węzłach produkcyjnych charakteryzuje się wzrastającym udziałem Vt , począwszy od 59 % vol. W nadawie S1, aż do 70–76 % vol. w poszczególnych produktach końcowych (P3, P4 i NP4). W stanie bez substancji mineralnej zawartość macerałów grupy witrynu jest bardziej stabilna w granicach 74–78 % vol. Jedynie w przypadku najdrobniejszej klasy mułowej (0–2 mm; próbki NP6 i NP5), występujących w trzeciej linii produkcyjnej, zawartość ta jest nieco podwyższona 82–84 % vol. Zawartość macerałów grupy witrynu jest jednakże zbliżona do zawartości Vt wykazanej w próbkach bruzdowych z pokładu 406/3.

Zawartość macerałów grupy liptynitu w próbkach bruzdowych obu pokładów jest identyczna i mieści się w przedziale 2–5 % vol. W pierwszej i drugiej linii produkcyjnej udział liptynitu, począwszy od nadawy S1 do produktów handlowych P3 i P4, wykazuje stosunkowo stały udział w przedziale 5–6 ($L^{mmf} = 5\text{--}7$) % vol. W trzeciej linii produkcyjnej obserwuje się generalnie spadek udziału liptynitu od 5 ($L^{mmf} = 7$) % vol. w nadawie S1 do 2 % vol. w mieszance koncentratu pohydrocyklonowego i flotokcentratu (próbka NP3). Nieznaczny wzrost udziału liptynitu w produkcie końcowym NP4 ($L = 4$ % vol.) wynika z domieszania mialu wzbogaconego NP2 o zawartości $L = 7$ % vol.

Udział macerałów grupy inertynitu w próbkach bruzdowych z pokładu 403/1 mieści się w zakresie 11–15 ($I^{mmf} = 17\text{--}21$) % vol., zaś w próbkach bruzdowych z pokładu 406/3 w przedziale 14–20 ($I^{mmf} = 16\text{--}20$) % vol. W kolejnych węzłach produkcyjnych zawartość macerałów grupy inertynitu zmienia się w zależności od metody wzbogacania. W pierwszej linii procesu produkcyjnego zawartość ta wykazuje systematyczny wzrost od 15 % w nadawie S1 do 21 % w produkcie handlowym P3. W drugiej i trzeciej linii procesu produkcyjnego obserwuje się słabą tendencję wzrastającą od 15 % vol. w nadawie S1 do 18 i 17 % vol. W odpowiednich produktach handlowych P4 i NP4. W przypadku pierwszej i drugiej linii produkcyjnej udział inertynitu w produkcie handlowym jest nieznacznie wyższy od stwierdzonego w pokładach. W przypadku linii trzeciej natomiast udział inertynitu wykazany

w produkcie końcowym mieści się w przedziale wartości stwierdzonych w próbkach bruzdowych.

Wśród macerałów grupy inertynitu dominuje inertodetrynit ($I_d = 3\text{--}22\%$ vol.) i semifuzynit ($S_f = 0\text{--}11\%$ vol.). W mniejszych ilościach występują makrynit i fuzynit (do 2% vol.). W próbkach zaobserwowano śladowe ilości mikrynit, funginitu i sekretynitu.

Oprócz udziału grup macerałów jak i poszczególnych macerałów grupy inertynitu prześledzono ponadto łączny udział macerałów uważanych za typowo inertne oraz za częściowo reaktywne podczas procesu koksowania. Do grupy typowo inertnych zaliczono makrynit, fuzynit, funginit, sklerotynit i inertodetrynit, zaś pozostałe to częściowo reaktywne mikrynit i semifuzynit (Gabzdyl W., Hanak B., Probierz K., 1991, 1992; rys. 4).

Macerały typowo inertne w próbkach bruzdowych pokładu 403/1 mieszczą się w przedziale $5\text{--}6\%$ vol., zaś w próbkach bruzdowych z pokładu 406/3 w zakresie $8\text{--}9\%$ vol. W nadawie S1 stwierdzono 6% udział tych macerałów, który w kolejnych węzłach procesu produkcyjnego wykazuje tendencję wzrastającą aż do $10\text{--}12\%$ vol. w produktach handlowych P3, P4 i NP4. Ten wykazany w węzłach handlowych udział tychże macerałów jest wyższy od stwierdzonego w obu pokładach.

Macerały częściowo reaktywne zmieniają swój udział w pokładzie 403/1 od 5 do 10% vol., zaś w pokładzie 406/3 od 6 do 11% vol. W kolejnych węzłach produkcyjnych ich zawartość nie wykazuje istotnych zmian, mieszcząc się w przedziale $7\text{--}9\%$ vol. Wyjątek stanowi obserwowana w klasie mułowej (próbki NP6, NP5, NP7 i NP3), trzeciej linii produkcyjnej, wyraźnie niższa zawartość tych macerałów $\Sigma S_f + M_i = 0\text{--}5\%$ vol.

Zawartość substancji mineralnej w próbkach bruzdowych pokładu 403/1 jest wysoka, $29\text{--}34\%$ vol., w przeciwieństwie do pokładu 406/3, w którym udział SM waha się w granicach $2\text{--}10\%$ vol. W nadawie S1 obserwuje się 20% udział SM , który w kolejnych węzłach procesu produkcyjnego wykazuje wyraźną tendencję malejącą. Wykazana w produktach końcowych zawartość $SM = 1\text{--}3\%$ vol. jest wyraźnie obniżona jedynie w stosunku do węgla pokładu 403/1. Wydaje się więc celowe i możliwe wzbogacanie węgla tylko z pokładu 403/1. „Węgłe handlowe” uzyskane w procesach wzbogacania charakteryzują się bowiem zawartością SM podobnie niską, jak w próbkach bruzdowych z pokładu 406/3, co nasuwa wątpliwości odnośnie do konieczności wzbogacania węgla tego pokładu.

Tabela 5
 Udział mikrolitotypów oraz karbominerytu i skały w próbkach węgla z pierwszej linii
 procesu produkcyjnego KWK „Szczygłowice” (wzbogacanie w cieczy ciężkiej)

Lp.	Nr próbki	Witryt	Liptyt	Inertyt	Klaryt	Duryt	Witryneryt	Trimaceryt	Karbomineryt i skała
		% vol.							
1.	31	28	śląd	7	8	3	7	14	33
2.	32	29	0	6	5	1	5	11	43
3.	61	39	0	7	15	1	11	24	3
4.	62	44	0	3	10	0	14	18	11
5.	S1	29	śląd	6	9	2	8	20	26
6.	S2	33	0	4	9	3	10	19	22
7.	P2	29	0	6	12	3	11	21	18
8.	P3	35	śląd	6	10	3	13	28	5

Tabela 6
 Udział mikrolitotypów oraz karbominerytu i skały w próbkach węgla z drugiej linii
 procesu produkcyjnego KWK „Szczygłowice” (wzbogacanie w osadzkach miałowych)

Lp.	Nr próbki	Witryt	Liptyt	Inertyt	Klaryt	Duryt	Witryneryt	Trimaceryt	Karbomineryt i skała
		% vol.							
1.	31	28	śląd	7	8	3	7	14	33
2.	32	29	0	6	5	1	5	11	43
3.	61	39	0	7	15	1	11	24	3
4.	62	44	0	3	10	0	14	18	11
5.	S1	29	śląd	6	9	2	8	20	26
6.	S2	33	0	4	9	3	10	19	22
7.	P1	51	śląd	5	8	1	10	14	11
8.	P4	43	śląd	7	11	1	13	22	3

Tabela 7
 Udział mikrolitotypów oraz karbominerytu i skały w próbkach węgla z trzeciej linii
 procesu produkcyjnego KWK „Szczygłowice” (wzbogacanie w osadzarce miałowej,
 hydrocyklonach oraz w procesie flotacji)

Lp.	Nr próbki	Witryt	Liptyt	Inertyt	Klaryt	Duryt	Witryneryt	Trimaceryt	Karbomineryt i skała
		% vol.							
1.	31	28	śląd	7	8	3	7	14	33
2.	32	29	0	6	5	1	5	11	43
3.	61	39	0	7	15	1	11	24	3
4.	62	44	0	3	10	0	14	18	11
5.	S1	29	śląd	6	9	2	8	20	26
6.	S2	33	0	4	9	3	10	19	22
7.	P1	51	śląd	5	8	1	10	14	11
8.	NP1	40	śląd	6	13	2	9	15	15
9.	NP6	65	0	2	6	1	12	9	5
10.	NP5	50	0	5	11	1	6	11	16
11.	NP7	60	0	6	17	0	5	12	0
12.	NP2	43	0	5	9	3	11	21	8
13.	NP3	60	0	3	9	2	8	11	7
14.	NP4	47	0	6	12	1	8	20	6

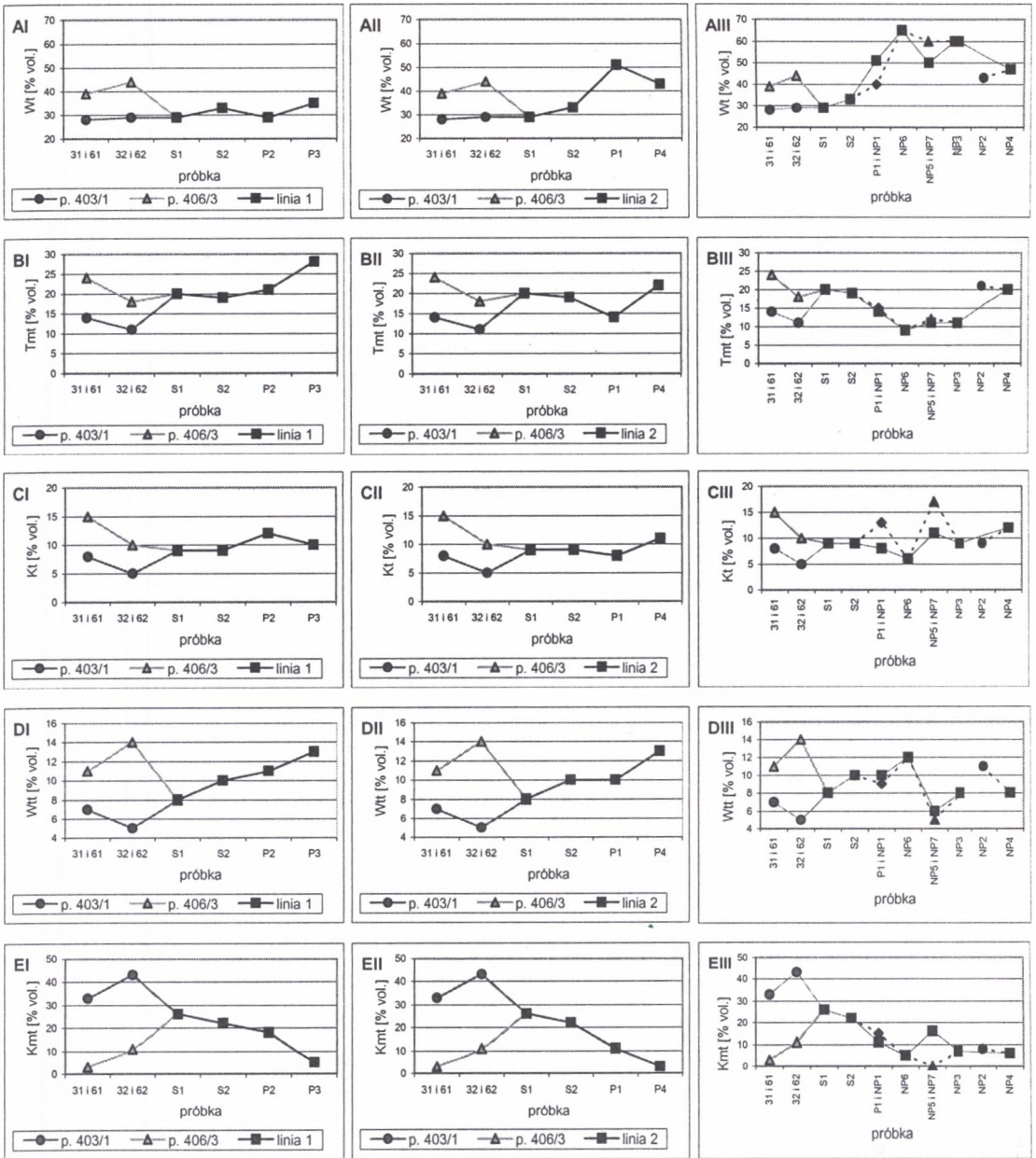
Przeprowadzona analiza mikrolitotypów wykazała, że w próbkach procesu produkcyjnego dominują witryt i trimaceryt, a w dalszej kolejności klaryt oraz witrynertyt oraz, w mniejszych ilościach, inertyt, duryt i śladowo liptyt.

Zawartość witrytu w próbkach bruzdowych z pokładu 403/1 waha się w granicach 28–29% vol, zaś w próbkach bruzdowych z pokładu 406/3 jest ona znacznie wyższa i wynosi 39–44 % vol. W nadawie obserwuje się witryt w ilości zbliżonej do pokładu 403/1, równej 29 % vol., która w pozostałych węzłach produkcyjnych zmienia się w zależności od metody wzbogacania. W linii pierwszej zmiany zawartości witrytu są nieznaczne. W produkcie handlowym P3 wykazano udział witrytu równy 35 % vol. W linii drugiej i trzeciej obserwuje się wyraźny wzrost zawartości witrytu. W węzłach handlowych P4 i NP4 zawartość ta obniża się odpowiednio do 43 i 47 % vol. Zawartość witrytu wykazana w produktach końcowych jest zbliżona lub mieści się w zakresie wartości obserwowanych w próbkach bruzdowych z pokładu 406/3.

Udział trimacerytu w próbkach bruzdowych pokładu 403/1 waha się w granicach 11–14 % vol. i jest niższy aniżeli wykazany w pokładzie 406/3 (18–24 % vol.). W kolejnych węzłach produkcyjnych udział ten bądź to nie wykazuje istotnych zmian (I linia produkcyjna), lub też wykazuje tendencję malejącą. W produktach handlowych natomiast udział trimacerytu wyraźnie wzrasta do 20–28 % vol., lecz (z wyjątkiem I linii produkcyjnej) mieści się w przedziale wartości stwierdzonych w próbkach bruzdowych z pokładu 406/3.

Klaryt wykazuje w próbkach bruzdowych z pokładu 403/1 niższy udział (5–8 % vol.) w porównaniu z próbkami bruzdowymi z pokładu 406/3 (10–15 % vol.). W procesie produkcyjnym zmiany zawartości klarytu są nieznaczne, w granicach 6–13 % vol. Jedynie w nadawie na flotację NP7 (III linia produkcyjna) wykazano podwyższony udział klarytu równy 17 % vol. Wszystkie produkty handlowe charakteryzują się zawartością klarytu (10–12 % vol.) równą jego zawartości w próbkach bruzdowych z pokładu 406/3.

Witrynertyt charakteryzuje się w pokładzie 403/1 zawartością 7–5 % vol. niższą aniżeli stwierdzono w próbkach bruzdowych z pokładu 406/3 (11–14 % vol.). W nadawie zawartość ta wynosi 8 % vol., po czym systematycznie wzrasta w kolejnych węzłach pierwszej i drugiej linii produkcyjnej do 13 % vol. w produktach handlowych P3 i P4, mieszcząc się jednakże w przedziale wartości pokładu 406/3. W trzeciej linii produkcyjnej zmiany zawartości witrynertytu są bardzo nieregularne o charakterze skokowym, na przemian rosnące i malejące. Produkt handlowy NP4 charakteryzuje się zawartością witrynertytu 8 % vol. taką samą jak nadawa S1 i mieszczącą się w granicach wartości próbek bruzdowych.



Rys. 5. Udział mikrolitotypów oraz karbominerytu i skały w próbkach węgla z I, II i III linii procesu produkcyjnego KWK "Szczygłowice"
 A - zawartość wityrytu; B - zawartość trimacerytu; C - zawartość klarytu; D - zawartość wityrinerytu; E - zawartość karbominerytu i skały
 * - na wykresach przedstawiono tylko te mikrolitotypy, które przynajmniej w jednym węzle produkcyjnym osiągają zawartość > 10 % vol.

Fig. 5. Content of microlithotypes and carbominerite and rock in the coal samples from I, II and III line of preparation process of "Szczygłowice" coal mine
 A - vitrite content; B - trimacerite content; C - clarite content; D - vitrinerite content; E - carbominerite and rock content
 * - on the diagrams was present only this microlithotypes which at least in the one point achieve > 10 % vol. content

Udział karbominerytu i skały w pokładzie 403/1 waha się w granicach 33–43 % vol. i jest wyraźnie wyższy aniżeli udział tych składników wykazany w próbkach bruzdowych pokładu 406/3 (3–11 % vol.). W nadawie S1 obserwuje się 26 % udział karbominerytu i skały, który w kolejnych węzłach procesu produkcyjnego wykazuje wyraźną tendencję malejącą. Wykazane w produktach końcowych P3, P4 i NP4 zawartości karbominerytu i skały, z przedziału 3–6 % vol., są wyraźnie obniżone jedynie w stosunku do pokładu 403/1, co potwierdza wątpliwości odnośnie do konieczności wzbogacania węgla pokładu 406/3.

4. Dyskusja wyników

Przeprowadzony monitoring pozwolił scharakteryzować zmienność wartości parametrów petrograficznych węgla w złożu jak i w procesie produkcyjnym, obejmującym zarówno eksploatację, jak i przeróbkę. Przeprowadzono go w obszarze górniczym, w którym zasoby węgla zapewniają możliwość prowadzenia wieloletniej eksploatacji (>2025 roku). KWK „Szczygłowie”, prowadząca działalność produkcyjną w tym obszarze, dostarcza węgiel energetyczny, a dokładniej stosowany do celów energetycznych, bowiem wykazuje on już pewne własności koksownicze. W zakładzie przerobczym wytwarzającym węgle handlowe występują linie produkcyjne różniące się metodą wzbogacania (w cieczach ciężkich, osadarkach miałowych, z użyciem hydrocyklonu, z zastosowaniem flotacji względnie z ich łącznym użyciem).

Wyniki przeprowadzonych badań dotyczą dokładności rozpoznania stopnia uwęglenia i składu petrograficznego węgla w złożu oraz ich zmiany w procesie produkcyjnym i w takiej też kolejności te wyniki zostaną omówione. Dotyczą one także skuteczności procesu przerobczego zarówno w całości, jak i poszczególnych urządzeń (węzłów).

Zachowanie się poszczególnych parametrów petrograficznych jest bardzo zróżnicowane. Niektóre wykazują nieznaczne wahania swoich wartości lub są wręcz stabilne (np. R_r), inne wykazują wyraźne zmiany (np. obniżenie zawartości substancji mineralnej oraz karbominerytu i skały), pozostałe zaś wykazują mniej lub bardziej nieregularne zmiany, których przyczyny nie zawsze są możliwe do jednoznacznego wytłumaczenia.

Średnia refleksyjność wityrynit, precyzyjnie odzwierciedlająca stopień uwęglenia, wykazuje w procesach produkcyjnych jedynie nieznaczne wahania wartości (w granicach odchylenia standardowego). Świadczy to o jej wielkiej przydatności do oceny węgla i, tak jak to postulowano już uprzednio, parametr ten powinien zostać koniecznie uwzględniony w PN podziału węgla na typy.

Dokonany monitoring wykazał, że w procesie produkcyjnym bardzo systematycznie obniża się zawartość substancji mineralnej oraz karbominerytu i skały. Pewnym wyjątkiem jest klasa ziarnowa < 1 mm (próbka NP7), w której oznaczenie zawartości karbominerytu i skały jest utrudnione i jednocześnie istnieje możliwość popełnienia większego błędu identyfikacji tych składników pod mikroskopem. Spadkowi udziału SM oraz karbominerytu i skały towarzyszy, aczkolwiek znacznie mniej systematyczny, wzrost udziału macerałów grupy wityrytu i nieregularne zmiany udziału inertynitu i praktycznie stały udział liptynitu (< 10%).

Zawartość wityrytu wykazuje ogólną tendencję rosnącą. Udział wityrytu w węglach handlowych jest wyraźnie wyższy aniżeli w nadawie, co świadczy o polepszeniu jakości tego węgla. Zawartość macerałów grupy inertynitu (I, I^{mmf}) nie wykazuje wyraźnych zmian (słaba tendencja wzrastająca) w procesie produkcyjnym. Największe zmiany dotyczą zawartości semifuzynitu i inertodetrynitu.

Wśród mikrolitotypów, występujących w mieszance węglowej badanego procesu produkcyjnego, szczególną uwagę zwrócono na te mikrolitotypy, które przynajmniej w jednym węźle produkcyjnym osiągają zawartość > 10 % vol. Głównym mikrolitotypem o największym udziale w mieszance węglowej jest wityryt, któremu towarzyszy trimaceryt, wityryneryt i klaryt. Udział pozostałych mikrolitotypów ma charakter drugorzędny. Zawartość wityrytu wykazuje ogólne tendencje rosnące. Udział wityrytu w węglu handlowym jest wyraźnie wyższy aniżeli w nadawie na ZPMW. Zawartość trimacerytu wykazuje ogólnie zmienny przebieg, przy czym wyraźny wzrost zawartości zaobserwowano w produktach handlowych.

Analiza skuteczności procesu przeróbczego, w którym wzbogacano mieszkankę węglową z pokładów różniących się istotnie zawartością SM oraz karbominerytu i skały wykazała, że w produkcie handlowym udało się obniżyć te zawartości tylko względem ich zawartości w jednym pokładzie. Produkt taki charakteryzuje się bowiem zawartością SM oraz karbominerytu i skały podobnie niską jak w próbkach bruzdowych z pokładu o niższej zawartości popiołu, co nasuwa wątpliwości odnośnie do konieczności wzbogacania węgla tego pokładu czy też tworzenia z niego mieszanki.

Wnioski

Badania dotyczące monitorowania stopnia uwęglenia i składu petrograficznego węgla, od złoże poprzez procesy eksploatacji i przeróbki do produktu handlowego, pozwoliły sformułować następujące wnioski:

- Wyniki badań zmienności składu petrograficznego dowiodły, że niektóre jego grupy wykazały nieznaczne wahania wartości lub wartości stabilne, inne wykazały wyraźną zmienność. W procesie produkcyjnym kopalni systematycznie zmniejsza się zawartość substancji mineralnej, czemu towarzyszą wzrost zawartości grupy wityritu i nieregularne zmiany zawartości inertyritu. Udział liptyritu jest w miarę stabilny. Potwierdzeniem tego są zmiany w składzie mikrolitotypów. W procesie produkcyjnym obserwuje się systematyczny spadek karbominerytu i skały, któremu towarzyszy wzrost zawartości wityritu i wityrertytu.
- Przeprowadzone badania wydatnie poszerzyły zakres wiedzy o zmianach wartości parametrów petrograficznych węgla, czyli dokładności ich szacowania na drodze od złoże/pokładu do produktu handlowego.
- Przyczyną rozbieżności w ocenie jakości węgla podczas procesu produkcyjnego, obejmującego tak eksploatację jak i proces przeróbki, jest stosowanie nie wszystkich istotnych kryteriów jej oceny. Stosowane kryteria oceny jakości węgla, chociaż zgodne z PN, nie uwzględniają jednak nowoczesnych kryteriów oceny stopnia uwęglenia, a także składu petrograficznego.
- Wyniki przeprowadzonych badań umożliwiają również dokonanie oceny skuteczności procesu przeróbczego zarówno w całości, jak i poszczególnych urządzeń (węzłów). Wykazanie w niektórych przypadkach, że jakość węgla w produkcie handlowym nie jest istotnie lepsza od jakości węgla w złoże pomimo zastosowanego procesu przeróbki węgla, ma istotne znaczenie ekonomiczne. Lepsze rozpoznanie jakości węgla w złoże umożliwiłoby bardziej efektywny dobór metod i procesu przeróbki węgla. To z kolei w szczególnych przypadkach, w połączeniu z kontrolą sposobu (czystości) eksploatacji, stwarzałoby możliwość rezygnacji ze stosowania kosztownych metod przeróbki.

LITERATURA

1. Gabzdyl W., Hanak B., Probiez K.: Reflectogram application in determination of reactive inertinite contents. Proceedings International Conference on "Structure and Properties of Coals,, Institut of Chemistry and Technology of Petroleum and Coal. Technical University of Wrocław, str. 23 –26, Wrocław 1991.
2. Gabzdyl W., Hanak B., Probiez K.: Próba określenia reaktywności inertynitu metodami optycznymi. Prace Komisji Naukowych PAN, z. 16, str. 107 –108, Katowice 1992.
3. Gabzdyl W., Probiez K.: Możliwości wykorzystania wyników badań petrologicznych węgla w geologii, górnictwie i przetwórstwie węgla. Prace Naukowe GIG, s. Konferencje, nr 13, Konferencja nt.: „Problemy geologii w ekologii i górnictwie podziemnym – Ustroń 96”, str. 33–43, Katowice 1996.
4. Probiez K.: Niektóre aktualne zagadnienia badawcze petrologii węgla GZW. Materiały XVI Sympozjum „Geologia Formacji Węglonośnych Polski”, str. 105–109, Kraków 1994.
5. Probiez K., Marcisz M.: The changes of the petrographic composition in the preparation process of coal. Programme and Abstracts 5th European Coal Conference, str. 118, Mons–Frameries (PASS), Belgium 2002.
6. Probiez K., Marcisz M.: „Changes of the petrographic composition of coal during coal processing”, *Geologica Belgica* (w druku).
7. Taylor G. H. et al.: *Organic Petrology*. Gebruder Borntraeger, Berlin – Stuttgart 1998.

Recenzent: Dr hab. inż. Marian Wagner, prof. nzw. w AGH

Abstract

The paper presents the results of examination of coal petrographic composition. The coal samples comes from 403/1 and 406/3 coal seams from “Szczygłowice” coal mine. This coal mine situated in the NW part of Upper Silesian Coal Basin. The coals belong to the Westphalian A formation. These coals present medium rank of coal and diversified petrographic composition. They are put to the same, simultaneous processing. The results of examination of longwalls, important points of processing process and final coal product, which is saleable coal, were presented there. Examined coal samples characterise of the range of reflectance $R_f=0,88-0,93\%$, vitrinite percentage $V_t=51-81\%$, liptinite $L=2-7\%$, inertinite $I=11-26\%$ and mineral matter $MM=1-34\%$. Among microlithotypes dominate vitrite (28-65%), trimacerite (9-24%), vitrinertite (5-14%) and clarite (5-17%). Percentage of carbominerite and rock vary between and 3-43% vol. It was shown that samples of saleable coal presented the increase of vitrinite percentage, approximated inertinite percentage and considerable decrease of mineral matter percentage in comparison with channel samples. Combination analysis showed simultaneous increase of vitrite and vitrinertite percentage and meaningful decrease of carbominerite and rock percentage.