

Trafność szacowania jakości węgla kamiennego na przykładzie wybranych pokładów złoza „Pniówek”



Prof. dr hab. inż. Krystian Probiez^{*)}



Dr inż. Marek Marcisz^{*)}

Treść: Przedstawiono wyniki oceny trafności szacowania jakości węgla koksowego w sześciu pokładach złoza „Pniówek”, zlokalizowanego w SW części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Badania przeprowadzono na skonstruowanych dla każdego z pokładów i parametru jakości, cyfrowych mapach izolinii. Parametry jakości uzyskano zaś na podstawie analiz przeprowadzonych głównie dla próbek bruzdowych każdego pokładu. Izolinie wartości każdego z parametrów wykreślono przy zastosowaniu metody radialnych funkcji bazowych (Radial Basis Function – RBF). Weryfikację poprawności wykreślonych map oparto o pobrane w każdym z pokładów kontrolne próbki bruzdowe. Wyniki badań przedstawiono w postaci rankingu trafności szacowania wartości poszczególnego parametru jakości w złożu.

Słowa kluczowe:

złoza węgla koksowego, jakość pokładu węgla, kopalnie podziemne, jakość zasobów węgla kamiennego

1. Wprowadzenie

Predykcja jakości węgla kamiennego, szczególnie koksowego, nabiera szczególnego znaczenia w warunkach gospodarki rynkowej. Zapewnienie produkcji węgla o określonych i pożądanym przez odbiorcę parametrach jakości, wymusza znajomość i kontrolę tych parametrów, zarówno w złożu, jak i podczas procesu produkcyjnego, obejmującego eksploatację węgla i jego przeróbkę. W przypadku węgla koksowego odbiorcami tymi są koksownie produkujące surowiec dla hut. Znajomość jakości „surowca pierwotnego” (węgla) decyduje zatem o możliwościach uzyskania odpowiedniej jakości „surowca końcowego” (surówki, stali). Zainteresowanie jakością węgla koksowego z odpowiednim wyprzedzeniem, a także jego ilością i obszarami jego występowania w złożu, tworzy pewien „łańcuch produkcyjny”: zakład górniczy – zakład przeróbczy – koksownia – huta. Każde zaś ogniwo tego łańcucha wymaga ścisłego określenia jakości surowca od swojego poprzednika: huta od koksowni zaś koksownia od

kopalni (wraz z jej zakładem przeróbczym). Zakład górniczy (kopalnia) nie może natomiast wymagać tej wiedzy od innego podmiotu, gdyż znajduje się na samym początku przedstawionego łańcucha. Może jedynie określać parametry jakości węgla z odpowiednią dokładnością w złożu, w granicach którego prowadzi swoją działalność wydobywczą. Zadanie to powinny spełniać służby geologiczne zakładów górniczych [1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14].

Komplikacja budowy geologicznej złoza oraz możliwości jej rozpoznania z odpowiednią dokładnością (na podstawie punktowych stwierdzeń w odniesieniu do całego złoza) wymagają pewnego kompromisu w odniesieniu do możliwości predykcji jakości węgla. Kompromis ten zapewniają metody szybkiej interpolacji zaimplementowane w powszechnie dostępnych i stosowanych programach komputerowych. Przykładem jednego z nich jest program *Surfer* firmy *Golden Software*, który w wersji 8 udostępnia aż 12 takich metod, wśród których znajduje się metoda radialnych funkcji bazowych (*Radial Basis Function*, *RBF*), której użyteczność wielokrotnie sprawdzono w praktyce i prezentowano już w literaturze. Przeprowadzone weryfikacje tej metody kontrolnymi próbkami bruzdowymi ukazały jej największą

^{*)} Politechnika Śląska, Wydział Górnicztwa i Geologii, Instytut Geologii Stosowanej, Gliwice. Artykuł opiniował i rekomendował prof. dr hab. inż. Wiesław Blaschke.

przydatność zarówno w szacowaniu jakości węgla w złożu, jak i określeniu charakteru zmian poszczególnych parametrów jakościowych [3, 6, 10].

Metody konturowania (a więc także te zaimplementowane w programie Surfer), charakteryzują się cechami, które pozwalają już wstępnie określić ich przydatność w procesach aproksymacji, szczególnie liczby i rozmieszczenia punktów opróbowania. Dla liczby punktów <10 zaleca się stosowanie metody regresji wielomianowej lub metody trójkątów, jest to jednakże liczba punktów, niepozwalająca na uzyskanie wiarygodnych wyników szacowania. Dla małej liczby punktów opróbowania, w zakresie od 10 do 250, zaleca się stosowanie metody krigingu lub metody radialnych funkcji bazowych. Dla średnich zbiorów punktów opróbowania, w zakresie 250÷1000, zaleca się stosowanie metody triangulacji z interpolacją liniową, metody krigingu lub metody radialnych funkcji bazowych. Przy dużej zaś liczebności punktów opróbowania, >1000 , zaleca się użycie metody minimalnych krzywizn, metody triangulacji z interpolacją liniową lub metody krigingu [3].

Wybór optymalnej metody konturowania wynika także ze sposobu doboru współczynników wagowych, jakimi charakteryzują się poszczególne metody, co wpływa bezpośrednio na zakres i możliwości ich stosowania w procesie szacowania jakości węgla w pokładzie (prognozowania wartości parametru w dowolnym punkcie pokładu). Współczesna geostatystyka zaleca stosować metodę krigingu, opartą na znajomości struktury zmienności, wyrażonej semiwariogramem. Dane literaturowe [4, 5, 14] sugerują, iż pozwala ona uzyskiwać nieobciążone i najefektywniejsze oceny parametrów złożowych, które charakteryzują się największą dokładnością i są wolne od błędów systematycznych. Specyfika tej metody polega na sposobie ustalania wartości współczynników wagowych, dobieranych w sposób umożliwiający spełnienie wcześniej wymienionych postulatów (nieobciążoności, a więc

umożliwiającej popełnienie możliwie najmniejszego błędu, oraz maksymalnej efektywności). Algorytm zastosowany w metodzie *RBF* jest zbliżony do metody krigingu, zaś rolę semiwariogramu pełnią w tej metodzie funkcje bazowe.

W artykule podjęto zagadnienie wiarygodności rozpoznania jakości węgla metodą *RBF* w odniesieniu do wybranych pokładów złoża Pniówek. Zagadnienie to stanowiło już przedmiot rozważań i jest kontynuacją [3], zaś opracowywane pokłady stanowią i będą stanowić przedmiot eksploatacji w najbliższych latach kopalnia „Pniówek” ma niezwykle ważne znaczenie dla polskich zasobów węgla koksowego.

2. Lokalizacja i charakterystyka geologiczna obszaru badań

Złoże kopalni „Pniówek” zlokalizowane jest w SW części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) i prowadzi eksploatację na obszarze górniczym (OG) o powierzchni 28,55 km². Od W z OG kopalni „Zofiówka”, od SW z OG kopalni „Borynia”, od N, E i S z polami niezagospodarowanymi pod względem górniczym (rys. 1).

W serii złożowej występują górnokarbońskie serie litostratygraficzne: paraliczna, górnośląska seria piaskowcowa i mułowcowa. Seria paraliczna reprezentowana jest przez warstwy porębskie (pokłady o numeracji 630-601), najstarsze warstwy rozpoznane w obszarze górniczym kopalni. Górnośląska seria piaskowcowa reprezentowana jest przez warstwy zabrskie (pokłady o numeracji 510-501) i warstwy rudzkie (pokłady o numeracji 419-407). Seria mułowcowa reprezentowana jest natomiast przez warstwy załęskie (pokłady o numeracji 406-401 oraz 364-301).

W nadkładzie występują utwory miocenu i czwartorzędu, charakteryzujące się zróżnicowanym wykształceniem litologicznym i zróżnicowaną miąższością.



Rys. 1. Lokalizacja kopalni „Pniówek” na tle szkicu geologiczno-strukturalnego SW części GZW

Legenda: w-wy orzeskie (żółty), w-wy rudzkie (fioletowy), w-wy siódłowe (zielony), w-wy porębskie (niebieski)

Omawiane złożo usytuowane jest w obrębie monokliny „Zofiówki” w SW części GZW. Taka lokalizacja powoduje, że ma ono strukturę monoklinalną o niewielkim, ale zmiennym kierunku zapadania. Charakteryzuje się również intensywną tektoniką uskokową bowiem obszar górniczy kopalni usytuowany jest między dwoma dużymi równoleżnikowymi strefami uskokowymi o zasięgu regionalnym, tj. strefą uskoków jawiszowickich na N i strefą uskoków Bzie–Czechowice na S.

Z uwagi na dużą zmienność wykształcenia warstw złożowych, miąższości i jakości pokładów węgla oraz częste przerosty skał płonnych, a także skomplikowaną tektonikę, w tym liczne uskoki tworzące strefy zaburzeń tektonicznych, które utrudniają prowadzenie ciągłej i bezpiecznej eksploatacji, zmienność wartości parametrów złożowych, łącznie z parametrami jakości węgla, pozwalają zaliczyć złożo Pniówek do II grupy zmienności złożów.

3. Metodyka badań

Zmienność parametrów jakości węgla w złożu „Pniówek” szacowano za pomocą map izolinii w wybranych 6 pokładach węgla: 360/1, 361, 401/1, 403/3, 404/1 oraz 404/2. Pokłady te rozpoznane są z różną dokładnością w odniesieniu do liczby pobranych w nich próbek: 211 próbek w pokładzie 360/1, 199 próbek w pokładzie 361, 143 próbki w pokładzie 401/1, 58 próbek w pokładzie 403/3, 45 próbek w pokładzie 404/1 i 54 próbki w pokładzie 404/2.

Mapy izolinii skonstruowano na podstawie oznaczeń laboratoryjnych parametrów jakości węgla z próbek bruzdowych i nielicznych próbek z otworów wiertniczych zestawionych w kopalnianej bazie danych (w postaci arkuszy analiz laboratoryjnych próbek węgla).

Dla każdego z pokładów wykonano zestaw map wartości następujących parametrów jakościowych węgla: W^a , A^d , I^{daf} , Q_s^{daf} , Q_i^{daf} , S_t^d , RI , SI , a , b .

Konstrukcja map zmienności parametrów jakościowych opierała się na metodzie kreślenia map cyfrowych, polegającej na połączeniu ze sobą dwóch programów komputerowych: programu *AutoCAD* firmy *Autodesk* i programu *Surfer* firmy *Golden Software*. Zastosowana metoda uwzględnia specyfikę map kopalnianych i jest szczególnie polecana podczas konstrukcji właśnie tychże map. Zaletą tej metody jest możliwość zespolenia różnych metod kreślenia map w programie *Surfer* ze skalowalnością (czyli dowolnym doбором skali/formatu mapy) i odpowiednim doбором detali górniczo-geologicznych w programie *AutoCAD*. Ponadto o wyborze akurat tych programów zdecydował fakt, iż oba korzystają z CAD’owskiego formatu wymiany danych *.dxf [1, 3, 6, 9, 10, 11].

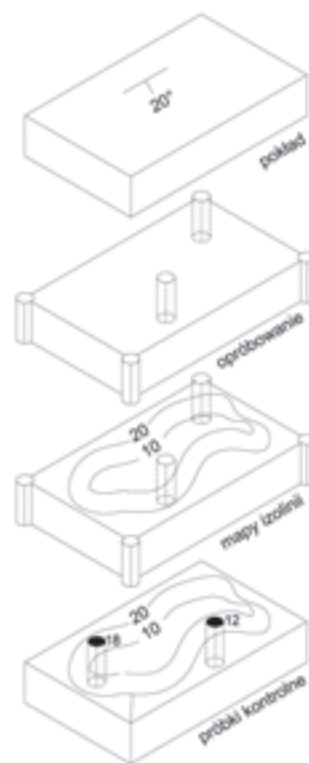
Wszystkie mapy wykonano metoda konturowania *RBF*. Pomiędzy węzłami siatki *gridding* przyjęto stałą odległość równą 50 m (zgodnie z zaleceniami dla górnośląskich wielopokładowych złożów węgla kamiennego). Izolinie ekstrapolowano do granic prostokątnego pola wyznaczonego współrzędnymi x , y skrajnych próbek, unikając nadinterpretacji wyników, „wychodząc” jednocześnie w pewnych przypadkach poza granice obszaru górniczego kopalni „Pniówek” (w kształcie wieloboku nieforemnego).

Gotowe „surferowskie” mapy zapisano w formacie *.dxf i „wyeksportowano” do *AutoCAD*’a. W programie *AutoCAD* wykonano matryce w oparciu o mapy pokładowe wykonane w skali 1:5000, na którą „nałożono”, w postaci kolejnych „warstw”, odpowiednio wyskalowane mapy izolinii.

Do weryfikacji skonstruowanych map wykorzystano kontrolny zestaw danych pozyskanych z kart analiz pokładowych próbek bruzdowych. W próbkach tych oznaczano pełniejszy

niż zazwyczaj zestaw parametrów m.in. wartości średniej refleksyjności wityryny R_v , skład petrograficzny (udział poszczególnych grup macerałów), oraz specjalistycznych parametrów koksowniczych *CSR* i *CRI*. Dane te pochodzą z okresu dokumentowania pomiędzy 28.07.2009 - 14.05.2010. W okresie tym oznaczono wartości analizowanych parametrów w 19. próbkach bruzdowych pochodzących z wytypowanych pokładów węgla, odpowiednio: 360/1 (4 próbki), 361 (1 próbka), 401/1 (3 próbki), 403/3 (2 próbki), 404/1 (4 próbki) oraz 404/2 (5 próbek).

Wiarygodność map zweryfikowano poprzez porównanie wartości danego parametru z zestawu kontrolnego z wartością odczytaną na mapie izolinii, skonstruowanej uprzednio. Dokonano tego poprzez naniesienie wartości danego parametru z zestawu kontrolnego zgodnie z jego współrzędnymi x , y , z na mapę izolinii. Pozwoliło to określić stopień zgodności wartości parametru kontrolnego z przebiegiem izolinii na mapie, a tym samym określić dokładność szacowania danego parametru na mapie izolinii, czyli zweryfikować mapę. Schemat sposobu weryfikowania skonstruowanych map jakości węgla przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Schemat weryfikacji skonstruowanych metodą *RBF* map jakości węgla za pomocą kontrolnych próbek bruzdowych

Największą trudność sprawiło, i wciąż sprawia, przyjęcie odpowiedniej wartości dopuszczalnego błędu szacowania bowiem zasady i sposób kodyfikacji oraz uwzględniane parametry i ich zakresy w Polskiej Normie oraz normie międzynarodowej są różne [15, 16, 17]. Wartości parametrów klasyfikacyjnych PN zmieniają się bez stałego kroku¹, co znacz-

¹ Uzależnione jest to od charakteru zmian. Zmiany te są nieliniowe, a parametry określające właściwości koksownicze są najbardziej liczne w tej normie. Poza tym, właściwości koksownicze nie występują we wszystkich węglach, pojawiają się na ściśle określonym etapie procesu uwęglania.

nie utrudnia procedurę określenia wartości dopuszczalnego błędu szacowania. Z tego też względu do określenia wartości dopuszczalnego błędu szacowania przyjęto stałą wielkość zmian wartości poszczególnych parametrów jakościowych, określających daną cyfrę kodową w Międzynarodowym Systemie Kodyfikacji Węgla.

Przyjęte wartości dopuszczalnych błędów były wielokrotnie weryfikowane, także praktycznie [3, 6, 9, 10]. Na podstawie tych badań przyjęto również wartość dopuszczalnego błędu szacowania zawartości wilgoci. Parametr ten nie występuje w żadnej z wymienionych klasyfikacji, a jest niezbędnym wskaźnikiem, oprócz zawartości popiołu, stosowanym w przeliczaniu stanów oznaczania parametru (tabl. 1).

4. Wyniki badań

Uzyskane według przedstawionej metodyki wyniki trafności szacowania jakości węgla w badanych pokładach kopalni Pniówek, pozwoliły na opracowanie rankingu trafności szacowania jakości węgla w poszczególnych pokładach (tabl. 2).

W odniesieniu do weryfikowanych pokładów węgla złoża „Pniówek” najlepsze wyniki odnotowano dla pokładu 361 (trafność 91 %) zaś najmniejszą precyzję szacowania stwierdzono w przypadku pokładu 401/1 (trafność 58 %). Wydaje się, że uzyskane wyniki nie są uwarunkowane liczbą próbek kontrolnych (z punktu widzenia statystyki, liczba ta powinna wynosić ≥ 30) jednakże przyrostowi liczby próbek kontrolnych zdaje się towarzyszyć spadek trafności. Na tym etapie badań problem ten, czyli trafność szacowania, wydaje się być daleki od rozstrzygnięcia i wymaga dalszych intensywnych badań.

Podobną analizę przeprowadzono kolejno w stosunku do poszczególnych parametrów jakościowych węgla. Na podstawie uzyskanych wyników możliwe było opracowanie rankingu trafności szacowania wartości badanych parametrów jakościowych (tabl. 3).

Przedstawiony w tablicy 3 zakres trafności szacowania wartości poszczególnych parametrów jakości węgla w złożu Pniówek zmienia się w granicach 21÷100 %. Najlepsze wyniki z zakresu 89÷100 % uzyskano w stosunku do wskaźników koksowniczych kontrakcji a , wskaźnika Rogi RI oraz wskaźnika wolnego wydymania SI . Dobrze wypadło szacowanie zawartości wilgoci W^a (84 %), który to fakt można wiązać z odnoszącą się do tego parametru regułą Schürmanna wskazującą na spadek zawartości wilgoci z głębokością występowania węgla w złożu. Należy także zwrócić uwagę na wysoką trafność szacowania (79 %) ciepła spalania Q_s^{daf} i wartości opałowej Q_i^{daf} , parametrów skalkulowanych

Tablica 1. Przyjęte wartości dopuszczalnego błędu trafności szacowania poszczególnych parametrów jakości węgla [3]

Parametr	W^a , %	A^d , %	I^{daf} , %	Q_i^{daf} , MJ/kg	S_t^d , %
Przyjęta wielkość błędu Δ	$\pm 0,3$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$	$\pm 1,0$	$\pm 0,1$

Tablica 2. Ranking trafności szacowania jakości węgla w wybranych pokładach złoża „Pniówek”

Pokład	Liczba próbek n	Liczba oznaczeń m	$m/n=100$ %	Liczba trafień	Trafność
p.361	1	11	11	10	91 %
p.360/1	4	11	44	34	77 %
p.404/1	4	11	44	31	71 %
p.403/3	2	11	22	15	68 %
p.404/2	5	11	55	35	64 %
p.401/1	3	11	33	19	58 %

Tablica 3. Ranking trafności szacowania wartości poszczególnych parametrów jakości węgla w złożu „Pniówek”

Parametr	Liczba próbek n	Liczba trafień	Trafność
a	19	19	100 %
SI	19	18	95 %
RI	19	17	89 %
W^a	19	16	84 %
Q_s^{daf}	19	15	79 %
Q_i^{daf}	19	15	79 %
S_t^d	19	15	79 %
V^{daf}	19	14	74 %
m	19	6	32 %
b	19	5	26 %
A^d	19	4	21 %

i zależnych od składu petrograficznego. Identyczną jak wyżej trafnością odznacza się zawartość siarki całkowitej S_t^d , parametr uwarunkowany zarówno od środowiska i warunków powstawania (genezy) pokładu, jak i późniejszych przemian epigenetycznych, o czym może świadczyć m.in. obecność siarki pirytovej. Obserwowana 74 % trafność szacowania zawartości części lotnych jest zapewne związana z tzw. regułą Hilta (spadek V^{daf} z głębokością występowania pokładów), ułatwiająca prognozowanie zmian tego parametru w złożu.

Najmniejszą trafność (bardzo niską) stwierdzono w przypadku zawartości popiołu A^d (21 %) i dylatacji b (26 %), co potwierdza dotychczasowe wyniki badań w odniesieniu do danych literaturowych, m.in. [1, 3, 6].

Niską trafność, rzędu 32 %, uzyskano także dla szacowania miąższości pokładów węgla m w granicach obszaru górniczego kopalni „Pniówek”, co może wynikać z dużej zmienności ich grubości.

5. Wnioski

Przeprowadzone badania nad trafnością szacowania jakości węgla przy zastosowaniu map izol linii wykreślonych z użyciem metody RBF wykazały jej wysoką skuteczność. Aż 7 z 11 analizowanych parametrów zostało oszacowanych z dokładnością ponad 70 %. Parametrami, których trafność szacowania znacznie odbiega od powyższego stwierdzenia, są parametry najtrudniejsze do prognozowania a więc zawartość popiołu A^d oraz dylatacja b . Badania ukazały także, iż predykcja zmian miąższości pokładu należy do jednych z trudniejszych zadań służb geologicznych. Należy także zwrócić uwagę, iż uzyskane rezultaty odnoszą się do złoża, które charakteryzuje się znaczną zmiennością jakości i stopnia uwęglania, a więc „trudnego do prognozowania”, a pomimo to zaliczonego do II grupy zmienności złóż.

Przeprowadzone badania nie pozwoliły na jednoznaczna interpretację uzyskanych wyników badań, w większości przypadków uzyskano jedynie potwierdzenie stwierdzanych w literaturze tendencji w trafności szacowania poszczególnych parametrów. Nie przybliżono się do odpowiedzi na pytanie o niską trafność szacowania zawartości popiołu, dylatacji i miąższości. Być może należałoby podczas koniecznych dalszych badań uwzględnić także względną zmienność poszczególnych parametrów (np. rozpiętość pomiędzy wartościami minimalnymi i maksymalnymi danego parametru względem jego wartości średniej). W nauce dotyczącej teorii powstawania złóż/pokładów węgla, szczególnie z zakresu sedimentologii, brak jest, jak dotychczas, wskazówek i ustaleń które mogłyby przybliżyć rozwiązanie tego zagadnienia.

Literatura

1. *Gabzdyl W. et al.*: Występowanie i rozmieszczenie typów technologicznych węgla, określone na kolejnych etapach rozpoznawania złóż, na przykładzie KWK Szczygłowice i KWK Pniówek w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Górnictwo, z. 257, str. 193-206, Gliwice 2003.
2. *Marcisz M.*: Ocena bazy zasobowej węgla koksowego w KWK Zofiówka i KWK Pniówek JSW SA. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Tom 26, Zeszyt 2, str. 5-23, IGSMiE PAN, Kraków 2010.
3. *Marcisz M.*: Szacowanie gęstości opróbowania pokładów węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
4. *Mucha J.*: Metody geostatystyczne w dokumentowaniu złóż. Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Geologii Kopalnianej, Kraków 1994.
5. *Namysłowska-Wilczyńska B.*: Geostatystyka. Teoria i Zastosowania. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.
6. *Probiez K. (pod red.) et al.*: Monitoring jakości węgla kamiennego od złoża poprzez procesy eksploatacji i przeróbki do produktu handlowego. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
7. *Probiez K., Marcisz M.*: Changes of coking properties with depth of deposition in coal seams of Zofiówka monocline (SW part of Upper Silesian Coal Basin, Poland). Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Tom 26, Zeszyt 4, str. 71-87, IGSMiE PAN, Kraków 2010.
8. *Probiez K., Marcisz M.*: Ewolucja szacowania zmian refleksyjności i składu petrograficznego węgla w złożu Pniówek w latach 1980–2010. Przegląd Górniczy, nr 12, str. 107÷112, Katowice 2010.
9. *Probiez K., Marcisz M.*: Nowe szanse i możliwości wykorzystania programów AutoCAD i Surfer do konstrukcji map górniczo-geologicznych – ich znaczenie w procesie kontroli jakości węgla i planowania produkcji kopalni. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Tom 23, Zeszyt specjalny 4, str. 159÷195, IGSMiE PAN, Kraków 2007.
10. *Probiez K., Marcisz M.*: Weryfikacja map jakości węgla próbkami bruzdowymi. Materiały XXVII Sympozjum „Geologia Formacji Węglonośnych Polski”, str. 155÷162, Kraków 2004.
11. *Probiez K., Marcisz M.*: Zastosowanie kombinacji programów AutoCAD i Surfer do konstrukcji map jakości węgla. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Górnictwo, z. 246, s. 439÷450, Gliwice 2000.
12. *Probiez K., Marcisz M.*: Zmiany własności koksowniczych z głębokością w pokładach węgla koksowego monokliny Zofiówki. Polski Kongres Górniczy, Tom 1 „Górnictwo Podziemne”, str. 55÷66, Gliwice 2010.
13. *Probiez K.*: Zmienność jakości węgla w złożach kopalni: Borynia, Manifest Lipcowy i XXX-lecia PRL na tle budowy petrograficznej pokładów. Praca doktorska, Archiwum Instytutu Geologii Stosowanej Politechniki Śląskiej, Gliwice 1982.
14. *Wasilewska M., Mucha J.*: Czynniki wpływające na dokładność interpolacji parametrów złóż węgla GZW. Materiały XXVIII Sympozjum „Geologia Formacji Węglonośnych Polski”, s. 133÷144, Kraków 2005.
15. International Classification of Seam Coals, Final Version. Economic Commission For Europe, Committee On Energy, Working Party On Coal, Fifth session, 1995.
16. International Codification System For Medium and High Rank Coals. Economic Commission For Europe, Committee On Energy, 1998.
17. PN-82/G-97002. Węgiel kamienny. Typy.