

Barbara Bielowicz

WSPÓLZALEŻNOŚĆ WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKA ŚREDNIEJ  
REFLEKSYJNOŚCI I CIEPŁA SPALANIA WĘGLA BRUNATNEGO  
ZE ZŁÓŻ POLSKI

CORRELATION OF RANDOM REFLECTANCE AND GROSS CALORIFIC VALUE  
IN LOW-RANK COAL FROM POLAND

Abstract

Presented thesis focuses on statistical analysis of 150 low rank coal samples. Test of correlation between huminite/vitrinite random reflectance and gross calorific value in moisture ash free basis has been done. Test results show clearly that correlation between these parameters is very strong, with correlation coefficient at 0,96. What is more, the possibility of replacement of gross calorific value with random reflectance has been evaluated. Analysis has proved that such solution is possible. There has been proposed a border value between low-rank B and low-rank C at random reflectance of 0,3%, while between low-rank B and low-rank A coal at 0,4%.

**Wprowadzenie**

Klasyfikacja węgla brunatnego jest obecnie ujęta w kilku dokumentach. W „Klasyfikacji węgla w pokładzie” (International..., 1998) jako węgiel brunatny (low-rank) uznawany jest taki węgiel, którego ciepło spalania bez substancji mineralnej i w stanie całkowitej wilgotności jest mniejsze od 24 MJ/kg. Parametr ten wyznacza jednocześnie podział węgla na trzy klasy związane ze stopniem jego uwęglenia tj.: Ortho-lignite, Meta-lignite i Subbituminous Coal, co w polskiej nomenklaturze odpowiada węglowi brunatnemu miękkiemu, węglowi brunatnemu twardemu matowemu i węglowi brunatnemu twardemu błyszczącemu. Z kolei w normie PN-ISO 11760 węgiel niskouwęglony (low-rank), obejmujący „lignite” i subbituminous”, charakteryzuje się średnią refleksyjnością wityrytu mniejszą niż 0,50% i wilgocą złożową niższą od 75%. Jednocześnie wilgoć złożowa na poziomie 35% jest parametrem wyróżniającym lignit C (węgiel brunatny miękki) i lignit B (węgiel brunatny twardy matowy). Granicę między lignitem B a subbituminous (węglem brunatnym twardym błyszczącym) postawiono na wartości średniej refleksyjności wityrytu 0,4%.

W „klasyfikacji w pokładzie” parametrem wyznaczającym stopień uwęglenia w węglu niskouwęglonym (low-rank) jest ciepło spalania w stanie bezpopiołowym i pełnej wilgotności. Wartość tego parametru w dużym stopniu zależy od składu petrograficznego i wilgoci złożowej. Jednak z uwagi na specyfikę oznaczania wilgoci złożowej, mimo iż analiza wykonywana jest prawidłowo, uzyskane wyniki różnią się dla tego samego węgla (Fafara,

Twardowski, 1999). W związku z powyższym, wartość wilgoci złożowej w znaczący sposób wpływa na sam parametr klasyfikujący ( $Q_6^{maf}$ ) i w konsekwencji nie nadaje się on do uniwersalnego porównania złóż z różnych regionów. W krajowej praktyce nie oznacza się ciepła spalania w stanie wilgotnym bezpopiołowym, wyznacza się natomiast ciepło spalania w stanie suchym bezpopiołowym i wartość opałową w stanie roboczym. Dlatego też proponuje się wprowadzenie alternatywnego parametru wyznaczającego typ węgla, którym jest średnia refleksyjność ulminitu B/kolotelinitu. Jest to parametr niezależny od składu petrograficznego i własności technologicznych badanego węgla. Takie rozwiązanie jest o tyle uzasadnione, że refleksyjność jest parametrem klasyfikującym węgle średnio i wysokouwęglone. Próbę zastąpienia w klasyfikacji parametru ciepła spalania średnią refleksyjnością prezentowali między innymi Kwiecińska i Wagner (1996, 1997, 2001), Wagner (1996) oraz Ercegovac et.al (2004).

### **Metodyka badań**

Pracę oparto na 150 próbkach węgla pochodzących ze złóż mioceńskiego węgla brunatnego miękkiego (Bełchatów, Szczerców, Adamów, Lubstów, Drzewce, Koźmin, Józwin, Turów, Gubin) oraz węgla brunatnego twardego: badeńskiego (Grudna Dolna) i liasowego (okolice Poręby). Zostały one poddane analizie technologicznej i petrograficznej. W szczególności zbadano współczynnik średniej refleksyjności huminitu/witrynitu i wyznaczono ciepło spalania w stanie wilgotnym bezpopiołowym. W celu określenia zależności współczynnika średniej refleksyjności od ciepła spalania w stanie wilgotnym bezpopiołowym przeprowadzono szereg badań statystycznych. Przy pomocy programu Statistica 8 określono: współczynnik korelacji ( $r$ ), stopień istotności, błąd standardowy estymacji określający stopień odchylenia od wyliczonej regresji, jak również zbadano istotność korelacji. Narzędzie statystyczne, jakimi są korelacje, pozwala dokładnie określić stopień, w jakim badane cechy są ze sobą powiązane.

### **Korelacja dla całego szeregu węgla brunatnego (low-rank)**

Zostało przeprowadzone wstępne badanie korelacji, osobno dla węgla brunatnego miękkiego i dla węgla brunatnego twardego. Uzyskane wyniki nie były w pełni satysfakcjonujące, dlatego też w dalszej kolejności wykonano analizy dla wszystkich typów węgla brunatnego. Rezultaty analizy zostały przedstawione w tabelach 1 i 2 oraz na rysunku 1. W teście t-Studenta wykazano istotność korelacji.

Z przeprowadzonych badań wynika, iż w całym szeregu węgla brunatnego korelacja jest lepsza niż w poszczególnych typach i wynosi 0,96. Według skali Guilforda (1965) korelacja ta jest bardzo silna, a zależność bardzo pewna. Współczynnik determinacji  $r^2$  dla przeprowadzonej korelacji wynosi 0,93, co oznacza, że 140 z 150 próbek odpowiada zaprezentowanemu modelowi.

Tabela 1

Statystyka korelacji średniej refleksyjności z ciepłem spalania w stanie wilgotnym bezpopiołowym węgla brunatnego.

Statystyka	Wartość
r wielorakie	0,96082
wielorakie $r^2$	0,92318
błąd standardowy estymacji	0,01766
p	0,00000
F(1,156)	0,01767

Tabela 2

Podsumowanie regresji zmiennej zależnej:  $R_o$  dla węgla brunatnego

N=150	BETA	Bł. std. BETA	B	Bł. std. B	t(156)	poziom p
wyraz wolny			0,09328	0,00499	18,68	0,00
$Q_s^{maf}$	0,960822	0,02219	0,01434	0,00033	43,23	0,00

Równanie regresji dla całego szeregu węgla brunatnego można wyrazić wzorem:

$$R_o = 0,09328 + 0,01434 * Q_s^{maf} \pm 0,01767,$$

gdzie:

$R_o$  - współczynnik średniej refleksyjności huminitu/witrynitu

$Q_s^{maf}$  - ciepło spalania w stanie wilgotnym bezpopiołowym

Z podanego równania został wyliczony współczynnik średniej refleksyjności dla 150 próbek a uzyskane wartości porównano z pomierzonymi poprzez zmierzenie różnicy między nimi. Średnia różnica dla całego zbioru wyniosła 0,003% przy średnim odchyleniu standardowym 0,006. Z przedstawionej analizy statystycznej można wyciągnąć wniosek, że istnieje możliwość wprowadzenia alternatywnego - dla ciepła spalania w stanie wilgotnym bezpopiołowym - parametru klasyfikującego, jakim może być współczynnik średniej refleksyjności. Przemawia za tym fakt, iż pomiary średniej refleksyjności prowadzone są z dokładnością 0,01, a uzyskany wynik różnicy jest wielokrotnie mniejszy.

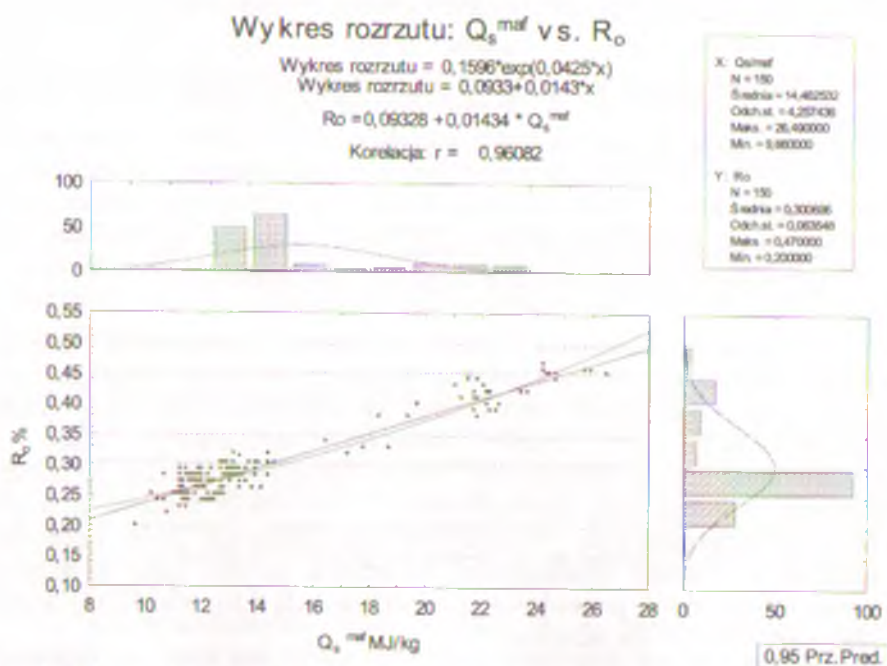
Dopasowanie współczynnika średniej refleksyjności do ciepła spalania na podstawie dwóch równań regresji: wykładniczego i liniowego zostały przedstawione w tabeli 3. Różnica między tymi dopasowaniami jest niewielka.

Tabela 3  
Korelacja między współczynnikiem średniej refleksyjności a ciepłem spalania w stanie wilgotnym bezpopiołowym

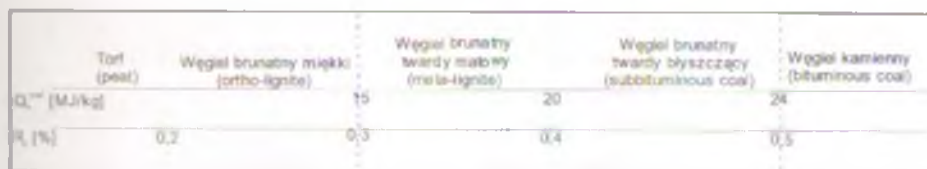
$Q_s^{mf}$ [MJ/kg]	8	10	12	14	15	16	18	20	21	22	24	25	26	27
$R_o$ exp	0,22	0,24	0,27	0,29	0,30	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41	0,44	0,46	0,48	0,50
$R_o$ lin	0,21	0,24	0,27	0,29	0,31	0,32	0,35	0,38	0,39	0,41	0,44	0,45	0,47	0,48

### Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań statystycznych proponuje się zastąpienie obecnie używanego parametru klasyfikującego, jakim jest ciepło spalania w stanie wilgotnym bezpopiołowym, średnią refleksyjnością huminitu/witrynitę według schematu przedstawionego na rysunku 2.



Rys.1 Zależność średniej refleksyjności od ciepła spalania w stanie wilgotnym bezpopiołowym w węglu brunatnym



Rys. 2 Propozycja zmian w „klasyfikacji węgla w pokładzie”

Granicę między węglem brunatnym miękkim (ortho-lignite) i węglem brunatnym twardym matowym (meta-lignite) należy wyznaczyć przy współczynniku refleksyjności 0,3%. Z kolei wartość współczynnika średniej refleksyjności równa 0,4% rozdziela węgiel brunatny twarde matowy (meta-lignite) od węgla brunatnego twardego błyszczącego (subbituminous coal). Podział między węglem brunatnym twardym matowym a błyszczącym został przyjęty na podstawie klasyfikacji ISO 11760.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009-2011 jako projekt badawczy nr N N525 462236.

#### LITERATURA

- Brcegovac M., Životić D., Kostić A., 2006. Genetic–industrial classification of brown coals in Serbia, *International Journal of Coal Geology*. Vol. 68, Issue: 1-2, ss. 39-56.
- Pałura Z., Twardowski K., 1999. Analiza zmienności wilgotności naturalnej węgla brunatnych. *Zeszyty Naukowe Politechnika Śląska; nr 1436. Górnictwo*, z. 243 s. 45–53.
- Guilford J. P., 1965. *Fundamental Statistics in Psychology and Education*. New York.
- International Classification of In-Scan Coals ENERGY/1998/19, ECE-UN, New York and Genewa.
- Kwieceńska, B., Wagner, M., 1997. Typizacja cech jakościowych węgla brunatnego z krajowych złóż według kryteriów petrograficznych i chemiczno-technologicznych do celów dokumentacji geologicznej złóż oraz obsługi kopalń. Wyd. Centrum PPGSMiE PAN, Kraków.
- Kwieceńska, B., Wagner, M., 2001. Możliwość zastosowania refleksyjności jako metody badawczej w klasyfikowaniu i technologicznej ocenie jakości węgla brunatnego. Wyd. AGH, Kraków.
- PN-ISO 11760, 2007, Klasyfikacja węgla.
- Wagner M., Kwieceńska B., 1996. Rank of Polish brown coals according to the International Classification of Coals. *ICCP News* no14. Aachen, 1996.
- Wagner M., 1996. Brunatny węgiel bitumiczny ze złóż Turów i Bełchatów w świetle badań petrograficzno-chemicznych i sedymentologicznych. *Pr.Geol. Komis. Nauk Geol. PAN*, Kraków.