

Dr inż. Alicja KOLASA-WIĘCEK  
 Katedra Ekonomii i Badań Regionalnych, Wydział Ekonomii i Zarządzania  
 Dr inż. Łukasz BIŁOS  
 Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki  
 Politechnika Opolska

## WPŁYW WYMIARÓW TRASERA NA JAKOŚĆ NIEJEDNORODNYCH MIESZANIN ZIARNISTYCH UZYSKIWANYCH W WYCHYLNYM MIESZALNIKU OBROTOWYM®

*Celem przeprowadzonych prac badawczych było sprawdzenie wpływu wymiarów trasera na jakość tworzonych niejednorodnych mieszanin ziarnistych mialu węglowego i biomasy. Głównym składnikiem (traserem) była biomasa. Artykuł jest częścią badań nad wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu w procesie mieszania mialu węglowego z biomasą jako paliwa do współspalania.*

**Słowa kluczowe:** mieszanie materiałów ziarnistych, biomasa, współspalanie.

### WPROWADZENIE

W życiu codziennym, nie zawsze zdając sobie z tego sprawę, mamy często do czynienia z procesem mieszania materiałów ziarnistych. Müsli – sucha mieszanka zbóż, wysuszonych owoców i płatków, nasion i orzechów to idealny przykład na popularność stosowania procesów mieszania materiałów ziarnistych w wielu dziedzinach przemysłu, począwszy od spożywczego, poprzez chemiczny, farmaceutyczny, na przemyśle energetycznym skończywszy. Badania nad zagadnieniem mieszania materiałów ziarnistych opisane w niniejszym artykule dotyczą bezpośrednio wykorzystania biomasy w energetyce, a przede wszystkim w procesie współspalania. Z dużym przybliżeniem mogą być one wykorzystywane w przemyśle rolniczym, paszowym i spożywczym. Jednym z warunków poprawnego współspalania paliw jest ich poprawne zmieszanie [5]. Tylko jednorodna mieszanina paliwa kopalnego i biomasy może zapewnić poprawną realizację spalania w kotłach energetycznych i uniknięcie strat kominowych mających wpływ na ekonomikę spalania. Wpływ wielkości ziaren składników mieszanin na ich jakość stanowi ważny element poprawnej realizacji procesu mieszania [3].

**Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących wykorzystania komputerowej analizy obrazu w procesie mieszania mialu węglowego z biomasą jako paliwem do współspalania.**

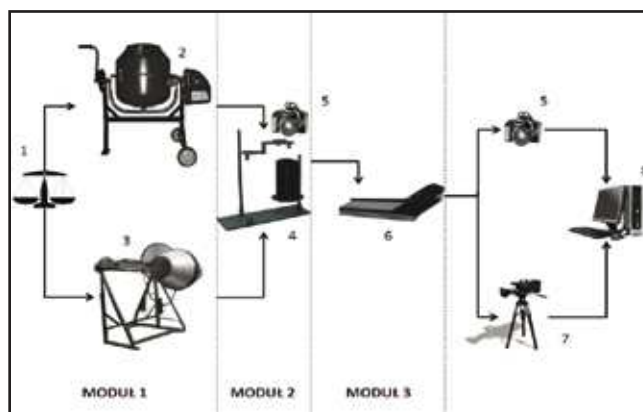
### CEL BADAŃ

Celem badań było sprawdzenie wpływu wymiarów ziaren kluczowych składników mieszaniny na jakość mieszanin biomasy z miałem węglowym o handlowej nazwie ecomix. Mieszalnikiem obrotowym wychylnym wykonano 6 mieszanin różnych pod względem rozmiarów trasera. Mieszanki o numerach 1, 2, 3 dotyczą trasera o wymiarze liniowym

równym 6 mm i odpowiadają w kolejności 1, 3 i 5 obrotom bębna mieszalnika, podobnie jak mieszaniny numer 4, 5, 6, które dotyczą trasera o wymiarze liniowym 8 mm.

### STANOWISKO BADAWCZE I METODYKA BADAŃ

Stanowisko do oceny jakości niejednorodnych mieszanin ziarnistych, przedstawione na rysunku numer 1 składało się z czterech modułów. Pierwszy moduł stanowił mieszalnik z komorą obrotową. Objętość bębna mieszalnika wynosiła 60 litrów. Przed przystąpieniem do zasypania bębna mieszalnika naważkami składników konieczne było oczyszczenie pracującej części bębna. Ustalony został sposób nastawiania częstości obrotowej, przy pomocy falownika elektrycznego. Bęben wykonywał jeden obrót w ciągu minuty.



**Rys. 1.** Schemat stanowiska badawczego: 1 – waga elektroniczna, 2, 3 – mieszalnik obrotowy, 4 – zespół pierścieni stanowiska poboru próbek, 5 – aparat cyfrowy, 6 – przenośnik taśmowy, 7 – kamera cyfrowa, 8 – stanowisko komputerowe – źródło własne.

**Źródło:** Opracowanie własne

Badania prowadzone były w taki sposób, aby uchwycić zmiany jakości mieszanin po jednym, trzech i pięciu obrotach bębna mieszalnika. Według Oyama i Ayaki [1] optymalne warunki mieszania występują przy 30% wypełnieniu bębna. Bęben mieszalnika był zasypywany składnikami o masie 20 kilogramów, co stanowiło około jedną trzecią jego objętości. Drugi moduł stanowił zespół pierścieni umieszczonych na platformie jezdnej, każdy o wysokości 50 mm i średnicy wewnętrznej 25 cm. Podczas badań konieczne było odseparowanie zawartości pierścieni położonych wyżej, od pierścieni niższych rzędów, poprzez umiejętne przedzielanie pierścieni ciekłą blachą o wymiarach zapewniających całkowite oddzielenie ich zawartości. Przed załadunkiem pierścieni mieszaniną, na zespół pierścieni nakładany był lej zasypowy o przekroju stożkowym, którego średnica z jednej strony dopasowana była do średnicy pierścieni, a z drugiej strony zapewniała przesypanie całości mieszaniny z bębna mieszalników. Po wykonaniu naważek poszczególnych składników wsypywano je do bębna mieszalnika w ustalonej kolejności. Najpierw nasypywano fazę rozpraszającą, którą zawsze był miał węglowy, następnie na fazę rozpraszającą nasypywano traser, którym zawsze były pellety biomasy. Po zasypaniu mieszalnika ustawiano kąt nachylenia bębna i włączano napęd mieszalnika. Po określonej dla danej serii badań liczbie obrotów bębna mieszalnika zatrzymywano napęd i wysypywano mieszaninę do zespołu pierścieni drugiego modułu stanowiska badawczego, po czym prowadzono analizę wagową rozkładu traseru.

## WYNIKI

Uzyskano mieszaniny, których oznaczenia zaprezentowano w tabeli numer 1.

**Tabela 1. Oznaczenie mieszanin według średnicy traseru i obrotów bębna mieszalnika**

Oznaczenie mieszaniny	Średnica traseru [mm]	Liczba obrotów bębna mieszalnika
Mieszanina 1	6	1
Mieszanina 2	6	3
Mieszanina 3	6	5
Mieszanina 4	8	1
Mieszanina 5	8	3
Mieszanina 6	8	5

Źródło: Badania własne

Koncentracja traseru została określona dzięki ręcznemu rozdzielaniu mieszanin po procesie mieszania i ważeniu każdego ze składników mieszaniny. Do analitycznej oceny rozkładu traseru w mieszaninie posłużono się popularną definicją stopnia zmieszania wg. Rose'a [2].

$$M = 1 - \frac{\sigma}{\sigma_0} \quad [1] \quad [8] \quad (1)$$

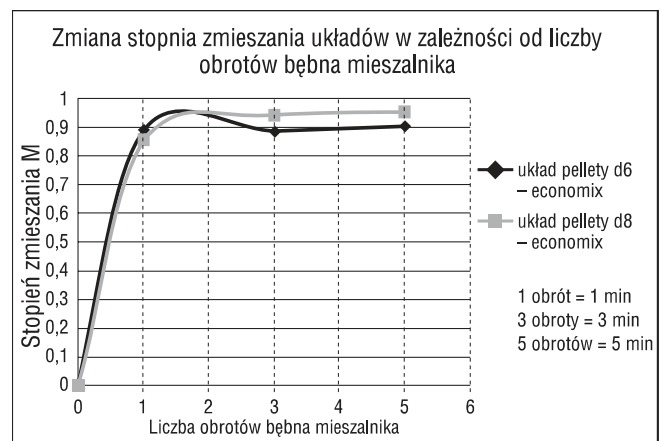
gdzie:  $M$  – stopień zmieszania,  
 $\sigma$  – odchylenie standardowe próbek,  
 $\sigma_0$  – początkowe odchylenie standardowe.

Wyniki stopnia zmieszania przedstawiono w tabeli nr 2.

**Tabela 2. Wyniki stopnia zmieszania według analizy wagowej**

Mieszanina	Liczba obrotów bębna mieszalnika	Stopień zmieszania
1	1	0,892
2	3	0,888
3	5	0,906
4	1	0,859
5	3	0,942
6	5	0,953

Źródło: Badania własne

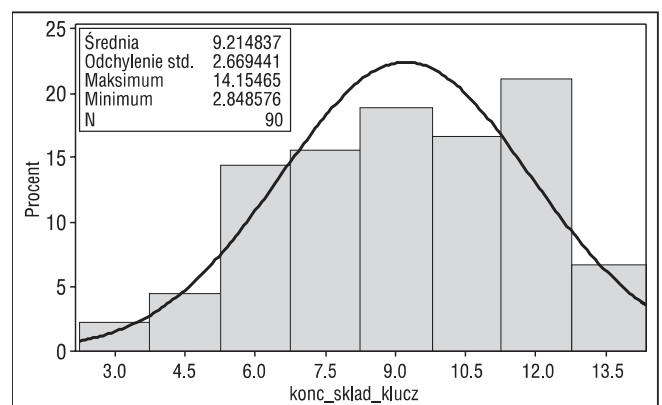


**Rys. 2. Zmiana stopnia zmieszania układów w zależności od liczby obrotów bębna mieszalnika dwustożkowego.**

Źródło: Badania własne

Posługując się skalą jakości mieszanin w zależności od stopnia zmieszania przedstawioną w literaturze [1,4] możemy ocenić uzyskane mieszaniny jako bardzo dobre. Analizę rozkładu koncentracji traseru określonej wagowo przeprowadzono przy pomocy histogramów oraz testu Shapiro-Wilka co obrazuje wykres przedstawiony na rysunku numer 3 i 4 oraz tabela numer 3 i 4. [6, 7].

### Analiza wagowej koncentracji traseru w mieszaninie 1, 2 oraz 3



**Rys. 3. Rozkład analizowanych zmiennych dla traseru o średnicy 6 mm.**

Źródło: Badania własne

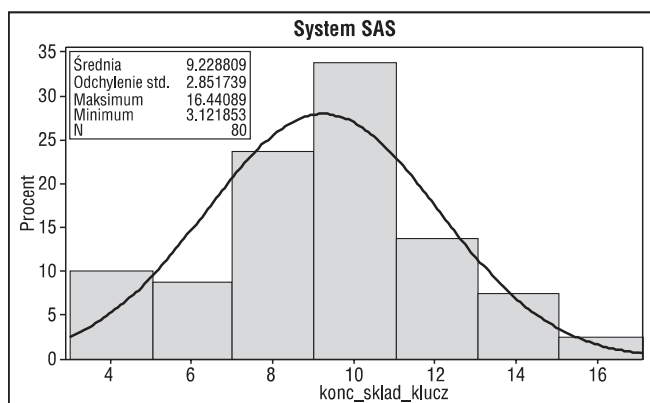
**Tabela 3. Testowanie statystyczne normalności rozkładu koncentracji traseru o średnicy 6 mm**

Test	Symbol	Statystyka	Wartość p	Test
Shapiro-Wilk	W	0.973	0.063	Pr. < W
Kolmogorov-Smirnov	D	0.076	0.15	Pr. > D
Cramer-von Mises	W-kwadr	0.105	0.095	Pr. > W-kwadr
Anderson-Darling	A-kwadr	0.704	0.067	Pr. > A-kwadr

Źródło: Badania własne

Na podstawie powyższych testów można było stwierdzić, iż rozkład koncentracji traseru nie odbiegał istotnie od rozkładu normalnego.

#### Analiza wagowej koncentracji traseru w mieszaninie 4,5 oraz 6



**Rys. 4. Rozkład analizowanych zmiennych dla traseru o średnicy 8 mm.**

Źródło: Badania własne

**Tabela 4. Testowanie statystyczne normalności rozkładu koncentracji traseru o średnicy 8 mm**

Test	Symbol	Statystyka	Wartość p	Test
Shapiro-Wilk	W	0.987	0.603	Pr. < W
Kolmogorov-Smirnov	D	0.072	0.15	Pr. > D
Cramer-von Mises	W-kwadr	0.055	0.25	Pr. > W-kwadr
Anderson-Darling	A-kwadr	0.339	0.25	Pr. > A-kwadr

Źródło: Badania własne

Wniosek: Na podstawie powyższych testów można stwierdzić, iż rozkład koncentracji czynnika kluczowego nie odbiegał od rozkładu normalnego.

#### Porównanie wyników uzyskanych dla mieszanin o różnych wielkościach traseru

Porównanie miało na celu sprawdzenie wpływu wymiaru mieszanych składników na uzyskiwane mieszaniny. Ponieważ koncentracja składnika kluczowego o średnicy 6 mm oraz 8 mm posiadała rozkłady normalne, do dalszego porównania można było zastosować test t-Studenta [6,7] przedstawiony w zestawieniu tabel numer 5.

**Tabela 5. Porównanie średniej koncentracji składnika kluczowego dla pomiarów przy średnicy trase- ra równej 6 mm oraz 8 mm – test t- studenta**

Procedura TTEST						
Zmienna zależna: koncentracja składnika kluczowego, średnica						
Źródło	N	Śred- nia	Odchylenie standardowe	Błąd stan- dardowy	Mini- mum	Maksi- mum
6 mm	90	9.21	2.66	0.28	2.84	14.15
8 mm	80	9.22	2.85	0.31	3.12	16.44
Diff (1-2)		-0.014	2.75	0.42	-	-

Procedura TTEST							
Zmienna zależna: koncentracja składnika kluczowego, średnica							
Źródło	Metoda	Śred- nia	95% CL	Śred- nia	Odch. st	95% CL	Odch. st
6 mm		9.21	8.65	9.77	2.66	2.32	3.12
8 mm		9.22	8.59	9.86	2.85	2.46	3.37
Diff (1-2)	Połą- czone	-0.014	-0.85	0.82	2.75	2.49	3.08
Diff (1-2)	Satter- thwaite	-0.014	-0.85	0.82	-	-	-

Procedura TTEST			
Metoda	wariancje	St. Sw.	Wartość t Pr> t
Połączone	równe	168	-0.03 0.9737
Satterthwaite	nierówne	162.49	-0.03 0.9738

Procedura TTEST - Równość wariancji			
Metoda	St sw. w liczniku	St. Sw. W mianowniku	Wartość F Pr>F
Folded F	79	89	1.14 0.5435

Źródło: Opracowanie własne

## WNIOSKI

Otrzymane mieszaniny odznaczały się bardzo dobrą jakością według skali proponowanej w literaturze. Nie zaobserwowano wpływu rozmiarów ziaren składnika kluczowego na jakość otrzymywanych mieszanin. Zastosowanie testu T było możliwe ze względu na rozkład normalny analizowanych zmiennych. Średnia koncentracja składnika kluczowego dla mieszanin przy średnicy trasyera 6mm oraz 8mm nie różniła się statystycznie istotnie ( $p=0,97$ ). Uzyskane wyniki mogą być reprezentatywne jedynie dla materiałów ziarnistych proponowanych w pracy. W celu sprawdzenia przydatności metodyki dla innych branż i materiałów konieczne jest wykonanie większej liczby badań w tym zakresie.

## LITERATURA

- [1] **BOSS J. 1987.** Mieszanie materiałów ziarnistych. PWN Warszawa.
- [2] **BOSS J., KRÓTKIEWICZ M., TUKIENDORF M. 2003.** *An application of picture analysis as a method of evaluation of granular blend's quality.* Pol. J. Food Nutr. Sci., nr 12/53.
- [3] **MUZZIO F. J. 2004.** Praca zbiorowa: Handbook of Industrial Mixing: Science and Practice: Solid Mixing, Part A: Fundamental of Solids Mixing.
- [4] **STREK F. 1981.** Mieszanie i mieszalniki. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- [5] **SOVOLAINEN K. 2003.** *Co-firing of biomass in coal-fired utility boilers.* Applied Energy 74.
- [6] **DER G., EVERITT B. 2002.** A handbook of Statistical Analyses using SAS. Chapman & Hall/CRC.
- [7] Pakiet Statistical Analysis System 9.2.

**TRACER DIMENSIONS INFLUENCE ON QUALITY METEROGENEOUS GRANULAR MIXTURES OBTAINED IN THE TILTING ROTARY MIXER***SUMMARY*

*The aim of this study was to check the influence of the tracer dimensions in heterogeneous granular mixtures of coal dust with biomass. As a tracer (key component) the biomass were used. The study is a part of investigation about computer analysis usage in the process of mixing coal dust with biomass as fuel for co-firing.*