

## ANALIZA PRZEBIEGU AUTOMATYCZNEGO PROCESU DOZOWANIA WYBRANYCH SKŁADNIKÓW PASZY DROBIOWEJ W WARUNKACH PRZEMYSŁOWYCH

*Dominika Matuszek*

*Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej, Politechnika Opolska*

**Streszczenie.** W pracy zaprezentowano wyniki badań przeprowadzonych w przemysłowej wytwórni pasz. Przedmiotem badań była analiza równomierności procesu automatycznego dozowania poszczególnych surowców paszy dla drobiu: kreda pastewna drobnoziarnista, kreda pastewna gruboziarnista oraz otręby pszenne podczas 9 cykli. Na podstawie różnicy masy zadanej do uzyskanej określono poprawność pracy urządzenia dozującego. W ocenie tej posłużono się analizą reszt prostej regresji liniowej. Uzyskane wyniki wskazują na zróżnicowanie przebiegu procesu naważania wybranych składników. Dodatkowym elementem było wykonanie statystycznej analizy porównawczej (test Kruskala-Wallisa), której wyniki wskazały na istotne statystycznie różnice w przebiegu procesu automatycznego dozowania poszczególnych składników paszy.

**Słowa kluczowe:** mieszanka paszowa, dozowanie surowców pasz, prosta regresja liniowa

### Wstęp

Podczas przygotowywania paszy jedną z kluczowych operacji jest ważenie poszczególnych komponentów. Precyzyjność i równomierność procesu dozowania wpływa na jakość produktu finalnego pod kątem zgodności z założoną procedurą [Panasiewicz 1999].

W przetwórstwie pasz najczęściej można znaleźć wagi mechaniczne, które mogą bardzo dobrze współpracować z mieszalnikami lub różnego rodzaju zbiornikami oraz wagi elektroniczne, które mogą być wyposażone w zbiorniki o różnej pojemności, na której znajduje się panel odczytowy podłączony do czujnika termostatycznego i programatora [Grochowicz 1996]. Szeroko rozpowszechnione w dużych wytwórniach pasz są systemy w pełni zautomatyzowanego dozowania jako jeden z elementów komputerowego systemu sterowania całą produkcją [Flizikowski i in. 1994].

Udziały masowe poszczególnych komponentów pasz dostosowywane są do potrzeb zwierząt. Są przy tym uwzględniane szczególnie takie cechy jak: rasa, wiek, genetyka i inne. Racjonalne żywienie zwierząt powinno zabezpieczać ich potrzeby bytowe i produk-

cyjne na wszystkie składniki odżywcze oraz biologicznie czynne na poziomie optymalnym w stosunku do potrzeb określonych grup produkcyjnych. Zarówno niedobór jak i nadmiar jednego tylko komponentu paszy powoduje utratę wartości całej dawki a tym samym oznacza pogorszenie rezultatów produkcyjno-ekonomicznych. Odpowiedni skład mieszanki gwarantuje dostarczenie odbiorcy paszy o wysokiej jakości. Należy zatem bardzo precyzyjnie bilansować, dozować i mieszać poszczególne składniki paszy [Nawrocki, Grela 2011].

## **Cel badań**

Celem badań była analiza równomierności automatycznego dozowania wybranych składników paszy dla drobiu w warunkach przemysłowych oraz próba określenia przyczyn zaburzeń w kolejnych cyklach naważania.

## **Metodyka badań pomiarowych**

Badania realizowane były w przemysłowej wytwórni pasz. Wytwórnia posiada w pełni zautomatyzowany system dozowania poszczególnych składników pasz, który stanowi jeden z elementów sterowania cyklem produkcyjnym. Technika komputerowa pozwala na ustawianie wartości masy poszczególnych surowców danej paszy zadawanej do mieszarki. Udział masowy składników paszy wynika z bilansu paszowego dostosowanego do potrzeb zwierząt [Jamroz 2009].

Głównym elementem systemu dozowania są wagi zwane koszowymi (wagi porcjowe wielokomponentowe). Odważane surowce dostarczane są ze zbiorników wagowych (rys. 1) przenośnikami śrubowymi do zbiornika wagowego. Do sterowania pracą całego układu służą zawory sterowane sygnałem z układu pomiarowego wagi [Jankowski 1983]. Po skompletowaniu porcji zawartość zbiornika trafia do mieszarki. Następnie proces dozowania zaczyna się od nowa.

Badania prowadzono dla kolejnych 9 cykli dozowania, czyli podczas produkcji 9 ton mieszanki paszowej dla drobiu o nazwie DJ2 o składzie przedstawionym w tabeli 1. Badania przeprowadzono w trzech seriach. Komponowanie paszy odbywa się poprzez odważanie składników sypkich podlegających procesowi mielenia na wadze dużej (2000 kg), odważanie składników sypkich nie podlegających mieleniu na wadze małej (1000 kg), dozowaniu mikronaważek oraz dozowaniu składników płynnych poprzez system dysz znajdujących się za mieszarką na drodze do wagopakowarki. W niniejszej pracy zdecydowano się na przeanalizowanie pracy systemu naważania wagi małej – 1000 kg o dokładności 100 g. Ocenę pracy systemu dokonano na podstawie dozowania 3 różnych surowców: kredy pastewnej drobnoziarnistej, kredy pastewnej gruboziarnistej oraz otrąb pszennych wchodzących w skład mieszanki DJ2. Podstawowe właściwości fizyczne surowców określono na podstawie Polskich Norm PN-71/C-04501 i PN-73/R-74007. Uzyskane właściwości składników przedstawiono w tabeli 2.



Źródło: Blattin Polska, opracowanie własne

Rys. 1. Komory dozujące surowce paszowe do wagi małej  
Fig. 1. Chambers dosing fodder raw materials onto a small scale

Tabela 1. Skład drobiowej mieszanki paszowej DJ2 [%]  
Table 1. The composition of a poultry fodder DJ2 [%]

Rodzaj surowca	Udział procentowy surowców
Kukurydza	22
Pszenica	23
Pszenżyto	17
Śruta sojowa	12
Śruta słonecznikowa	9
Kreda pastewna drobnoziarnista	5
Kreda pastewna gruboziarnista	6,5
Otręby pszenne	3
Mikronaważki	1,5
Surowce płynne	1

Źródło: Blattin Polska

Tabela 2. Podstawowe właściwości surowców paszowych  
Table 2. Basic parameters of fodder raw materials

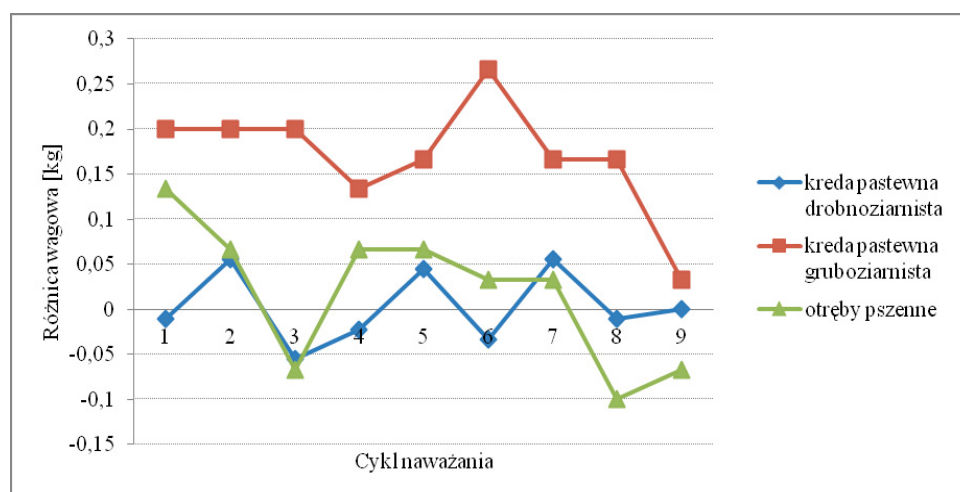
Rodzaj surowca	Średni wymiar cząstek [mm]	Gęstość nasypowa [kg·m <sup>-3</sup> ]	Masa zadana [kg]
Kreda pastewna drobnoziarnista	0,05	550	50,00
Kreda pastewna gruboziarnista	0,50	720	65,00
Otręby pszenne	0,40	680	35,00

Źródło: obliczenia własne

Urządzeniem odpowiedzialnym za sterowanie automatycznym systemem dozowania wagi małej jest sterownik wagowy współpracujący z oprogramowaniem recepturowym i wizualizacyjnym. Waga mała wyposażona jest w 8 dozowników. System automatycznie podaje i zapisuje wartości odważonej porcji surowca na panelu wizualizacyjnym oraz w postaci raportu produkcji. Raport produkcji stanowił źródło danych do analizy pracy systemu. Do obliczeń przyjęto wartości średnie z trzech serii badań.

## Wyniki badań pomiarowych

Wyniki badań pomiarowych zobrazowano w sposób graficzny na rysunku 2.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Zmiana różnicy masy zadanej do uzyskanej w procesie dozowania składników paszy  
Fig. 2. Change in the difference of the preset weight and the obtained weight in the process of dosing the fodder ingredients

Wyniki badań pomiarowych wskazują na zróżnicowanie w procesie dozowania wybranych składników paszy. W poszczególnych cyklach dochodziło do przeważenia lub niedoważenia danego składnika. Interpretacja graficzna pozwala na stwierdzenie, że zaburzenia procesu są największe dla dozowania kredy pastewnej gruboziarnistej (znaczące przeważenie składnika w każdym cyklu). Zdecydowanie lepszymi rezultatami charakteryzuje się naważanie otrębów pszennych i kredy pastewnej drobnoziarnistej, gdzie uzyskiwane wyniki oscylują wokół wartości 0. Wartości różnicy wagowej wskazują, iż największą równomierność uzyskano dla dozowania kredy pastewnej drobnoziarnistej (tylko w tym przypadku uzyskano wartość 0 dla 9 cyklu nadważania). Widać tutaj wpływ podstawowych właściwości fizycznych surowca na przebieg procesu. Składnik ten charakteryzuje się najmniejszymi

wartościami średniej wielkości cząstek oraz gęstości nasypowej; odpowiednio  $d=0,05$  mm i  $\rho=550$  kg·m<sup>-3</sup>.

## Metodyka badań statystycznych

Do określenia wielkości odchylenia masy uzyskanej od zadanej wykorzystano model regresji liniowej.

Modelowanie przeprowadzono dla dwóch zmiennych:

- zmienna zależna  $Y$  – zadana masa surowca wg receptury paszy (kreda pastewna drobnoziarnista – 50 kg, kreda pastewna gruboziarnista – 65 kg, otręby pszenne – 35 kg).
- zmienna niezależna  $X$  – masa surowca w poszczególnych cyklach dozowania (9 cykli).

W pracy posłużono się analizą błędów (reszt) zaobserwowanych w wyniku dopasowania linii prostej  $b_0+b_1X$  do wyników obserwacji obu zmiennych.

Oszacowanym równaniem regresji jest [Aczel 2005]:

$$Y = b_0 + b_1X + e \quad (1)$$

gdzie:

- $b_0$  – oszacowanie  $\beta_0$ ,
- $b_1$  – oszacowanie  $\beta_1$ ,
- $e$  – zaobserwowane błędy, czyli reszty z dopasowania linii prostej do zbioru wyników obserwacji obu zmiennych,
- $X$  – zmienna niezależna,
- $Y$  – zmienna zależna.

Parametrem opisującym jakość mieszaniny była resztowa suma kwadratów (RSK wzór 2). Przy założeniu, że wartość RSK wzrasta od wartości 0 w przypadku wzrostu odchylenia masy uzyskanej od zadanej [Aczel 2005].

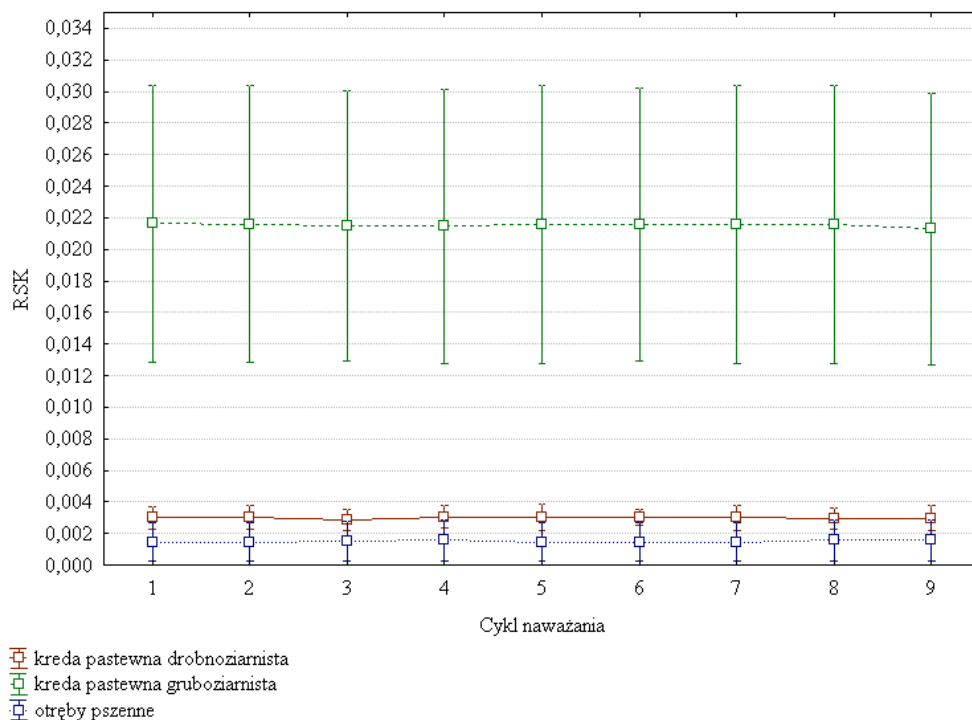
$$RSK = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n \left( y_i - \hat{y}_i \right)^2 \quad (2)$$

gdzie:

- $e_i$  – błąd  $i$ -tej obserwacji,
- $y_i$  – wartość wyniku obserwacji – ilość składnika w kolejnym cyklu naważania
- $\hat{y}_i$  – wartość przewidywana z oszacowania otrzymanego z prostej regresji.

Otrzymane wartości resztowej sumy kwadratów dla cykli dozowania przedstawiono w sposób graficzny (rys. 3).

Uzyskane wyniki analizy statystycznej wskazują na zróżnicowanie w procesie dozowania wybranych trzech komponentów paszy dla drobiu, co potwierdza wcześniejszą obserwację. Największe wartości RSK (rys. 3) uzyskano dla kredy pastewnej gruboziarnistej, zatem proces dozowania tego składnika charakteryzował się znacznymi odchyleniami od masy zadanej.



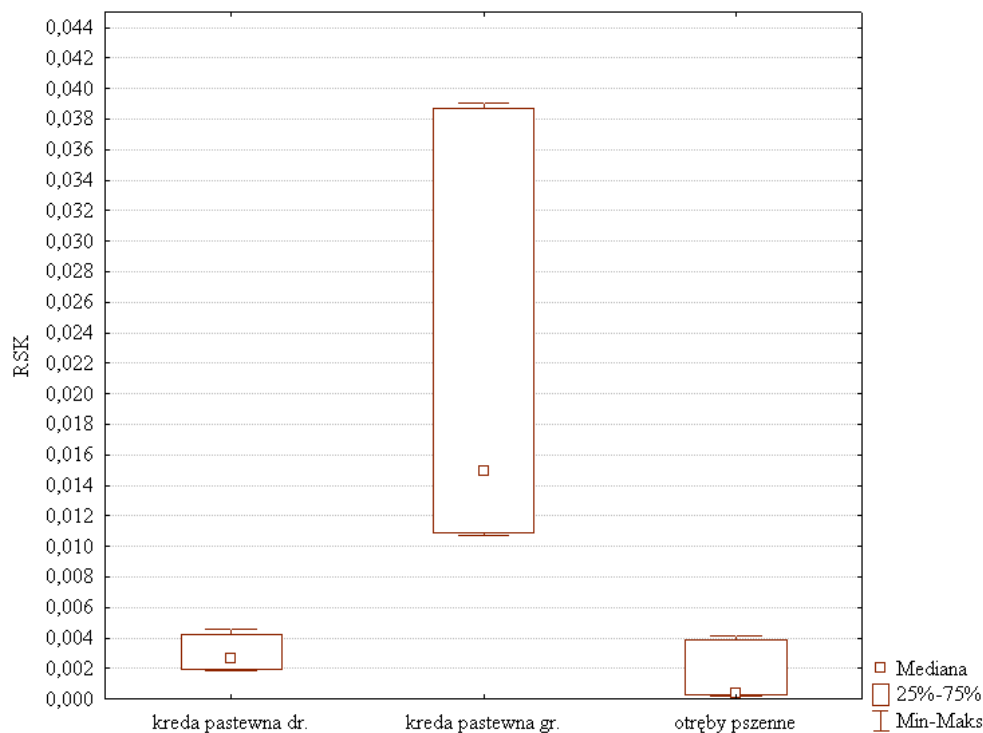
Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Wykres zmian resztowej sumy kwadratów w kolejnych cyklach dozowania analizowanych składników paszy  
 Fig. 3. A diagram presenting changes in the residual sum of squares depending on a dosing cycle for the analysed fodder materials

Proces dozowania dwóch pozostałych składników przebiega znacznie korzystniej uzyskując w kolejnych cyklach niewielkie odchylenia od masy zadanej. Najmniejsze uzyskane wartości RSK dotyczą procesu dozowania otręb pszennych. Jednocześnie warto zwrócić uwagę na to, iż komponent ten stanowi najmniejszy udział masowy w produkowanej paszy (35 kg). Na tym etapie analizy nie można zatem jednoznacznie potwierdzić, iż właściwości takie jak średni wymiar cząstek czy gęstość nasypowa miały główny wpływ na przebieg procesu naważania.

W celu określenia różnic w procesie dozowania dla poszczególnych składników wykonano statystyczną analizę porównawczą w oparciu o nieparametryczny test Kruskala-Wallisa, ze względu na brak normalności rozkładu zmiennej zależnej [Stanisz 2001]. Analizę wykonano na poziomie istotności  $\alpha=0,05$ . Wartość testu wyniosła  $W=58,53$  dla  $p=0,000$ . Zatem na bardzo niskim poziomie istotności można odrzucić hipotezę zerową, co wskazuje na statystycznie istotne różnice w przebiegu procesu naważania dla trzech wybranych surowców.

Interpretację graficzną porównawczej analizy statystycznej zaprezentowano na rysunku 4.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Interpretacja graficzna porównawczej analizy statystycznej przebiegu cykli procesu dozowania trzech składników paszy

Fig 4. Graphical interpretation of a statistical comparative analysis of the course of the dosing process cycles of three fodder ingredients

Dodatkowo przeprowadzono obliczenia dla testu wielokrotnych porównań średnich rang dla wszystkich prób (tab. 3), przyjmując poziom  $p=0,05$ .

Uzyskane wyniki wskazują na brak różnic pomiędzy procesem dozowania kredy pastewnej drobnoziarnistej i otrąb pszennych. Składniki te posiadają niewielki udział masowy w paszy oraz charakteryzują się niskimi wartościami średniej wielkości cząstek i gęstości nasypowej (tab. 2). Na tym etapie badań nie można jednoznacznie określić, jakie parametry miały największy wpływ na przebieg procesu dozowania. Widać jednak pewnego rodzaju tendencje, które wymagają dalszej analizy i weryfikacji.

Tabela 2. Wartość prawdopodobieństwa testowego p dla porównań wielokrotnych (dwustronnych)  
 Table 2. Probability test value p for repeated comparisons (double-sided)

Surowiec	Kreda pastewna drobnoziarnista	Kreda pastewna gruboziarnista
	Wartość p	
Kreda pastewna gruboziarnista	0,000	
Otręby pszenne	0,071	0,000

*Źródło: obliczenia własne*

## Wnioski

1. W każdym analizowanym przypadku (składniku paszy) zauważono, iż masa naważonego składnika odbiegała od masy zadanej.
2. Automatyczny system naważania charakteryzuje się większą precyzją w przypadku dozowania składników, stanowiących najmniejszy udział masowy w przygotowywanej paszy.
3. Proces naważania charakteryzuje się znacznymi odchyleniami w przypadku składnika o największym udziale masowym.
4. Największe różnice naważki w stosunku do wagi zadanej zauważono dla kredy pastewnej gruboziarnistej – składnika o największym udziale procentowym w produkowanej paszy.

## Bibliografia

- Aczel A. D.** (2005): Statystyka w zarządzaniu. PWN, Warszawa, ISBN 83-01-14548-X.
- Flizikowski J., Bieliński K., Bieliński M.** (1994): Podwyższanie energetycznej efektywności wielotarczowego rozdrabniania nasion zbóż na paszę. Wyd. ATR-OPO, Bydgoszcz.
- Grochowicz J.** (1996): Technologia produkcji mieszanek paszowych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, ISBN 83-09-01656-5.
- Jamroz D.** (2009): Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. Tom 1. Fizjologiczne i biochemiczne podstawy żywienia zwierząt. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ISBN 9788301142766.
- Jankowski J.** (1983): Wagi i ważenie w przemyśle i handlu. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, ISBN 8320403855.
- Nawrocki L., Greła E.R.** (2011): Technika i zasady w żywieniu świń. Wielkopolskie Wydawnictwo Rolnicze Sp. z o.o., Poznań, ISBN 978-83-929756-2-5.
- Panasiewicz M.** (1999): Postępy w technice precyzyjnego dozowania i naważania składników. Część I. Przegląd Zbożowo-Młynarski, 1, 41-43.
- Stanisz A.** (2001): Przystępny kurs statystyki w oparciu o program Statistica PL na przykładach z medycyny. StatSoft, Kraków, ISBN 83-88724-05-3.
- PN-71/C-04501 Analiza sitowa – wytyczne wykonywania.
- PN-73/R-74007 Ziarno zbóż – oznaczanie gęstości.



## **ANALYSIS OF THE COURSE OF AN AUTOMATIC DOSING PROCESS OF THE CHOSEN POULTRY FODDER INGREDIENTS IN INDUSTRIAL CONDITIONS**

**Abstract:** This work presents the results of research carried out at the fodders manufacturing company. A process of automatic dosing of particular ingredients of fodders for poultry was being analysed: fine-grained fodder chalk, coarse-grained fodder chalk and of wheat bran during nine cycles. On the basis of the difference of the preset weight and the obtained weight a correctness of the functioning of the automatic dispensing system was defined. For this assessment the analysis of rests of the straight linear regression was used. The obtained results present differences between the dosing process of chosen components. Additionally, a statistical comparative analysis was carried out using the Kruskal-Wallis test, which showed statistically significant differences of the dispensing process of particular feed ingredients.

**Key words:** fodder, automatic dosage system, fodder factory, linear regression, non-parametric tests

**Adres do korespondencji:**

Dominika Matuszek: e-mail: [d.matuszek@po.opole.pl](mailto:d.matuszek@po.opole.pl)

Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej

Politechnika Opolska

ul. Mikołajczyka 5

45-271 Opole



**WFOSiGW**

*Dofinansowanie ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej w Opolu*