

## MIESZANIE I SEGREGACJA PODCZAS PROCESU UJEDNORODNIANIA PASZ

Jolanta Królczyk, Marek Tukiendorf  
*Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej, Politechnika Opolska*

**Streszczenie:** W pracy zaprezentowano wyniki badań mieszania układu ziarnistego składającego się z dwunastu komponentów zbóż. Badania prowadzono w warunkach przemysłowych w pionowym mieszalniku z mieszadłem ślimakowym o działaniu okresowym. Specyfiką procesu przebiegającego w mieszalniku jest dodatkowa recyrkulacja komponentów mieszaniny, odbywająca się w sposób ciągły podczas 30 minutowego czasu mieszania. Na podstawie udziałów procentowych określonych w próbach pobranych w czasie trwania procesu obserwowano charakter zjawiska.

**Słowa kluczowe:** materiał ziarnisty, niejednorodna mieszanina ziarnista, wieloskładnikowa mieszanina ziarnista, pasza, segregacja

### Wprowadzenie

Mieszanie ciał stałych jest złożonym procesem, a na jego przebieg mają wpływ przede wszystkim charakterystyka składników, typ urządzenia mieszającego oraz warunki prowadzenia procesu. Uwidacznia się to przez lepsze zmieszanie składników lub ich wtórna segregację. Efekt zmieszania jest zatem funkcją wielu parametrów [Boss 1987].

Mieszaniu wieloskładnikowych, niejednorodnych układów towarzyszy proces segregacji, kiedy to ziarna wykazują szczególną skłonność do zajmowania określonego położenia w układzie. Większe ziarna podczas mieszania zajmują położenie w górnej części układu, a mniejsze – w dolnej części mieszalnika. Jeżeli ziarna różnią się wielkością, to może wystąpić również wtórna segregacja. Jednakże, gdy stosunek gęstości materiału cięższego do gęstości materiału lżejszego jest mniejszy od trzech, to wpływ wymiarów ziaren przeważa nad wpływem różnicy gęstości [Campbell i in. 1966].

Stan nieuporządkowany można osiągnąć tylko w układzie idealnym, gdy składniki mieszaniny nie różnią się od siebie lub różnią się jedynie cechami nieistotnymi dla procesu [Boss 1987; Stręk 1971].

W artykule przedstawiono przebieg procesu mieszania niejednorodnego układu ziarnistego składającego się z dwunastu komponentów. Specyfiką prowadzonego procesu jest dodatkowa recyrkulacja składników. Często w praktyce przemysłowej zaprojektowanie mieszalnika i linii technologicznej wyprzedza wstępne badania w celu opracowania modelu mieszania.

Celem badań była obserwacja przebiegu procesu mieszania dwunastoskładnikowej mieszaniny ziarnistej trwającego 30 minut w mieszalniku pionowym z mieszadłem ślimakowym z dodatkową recyrkulacją składników.

## Metodyka badań

Badania prowadzono w mieszalni pasz w firmie Ovigor® w Opolu, zajmującej się między innymi produkcją i dystrybucją pasz dla gołębi pocztowych. Do badań wykorzystano dwunastokładnikowa mieszalinę o nazwie BP Ekonomiczna o składzie i udziale procentowym podanym w tabeli 1.

Tabela 1. Skład surowcowy mieszanki BP Ekonomiczna  
Table 1. Composition of the mixture BP Economic

Nazwa ziarna	Wymagany udział procentowy [%]
Kukurydza	40,49
Peluszka	16,20
Groch żółty	10,48
Groch zielony	4,76
Sorgo	8,57
Proso żółte	7,62
Sorgo białe (dari)	2,86
Owies bezłuskowy	2,38
Wykaz brązowa	2,38
Słonecznik czarny	1,88
Ryż biały	1,19
Krokosz (kardi)	1,19
suma	100

*Źródło: Ovigor®*

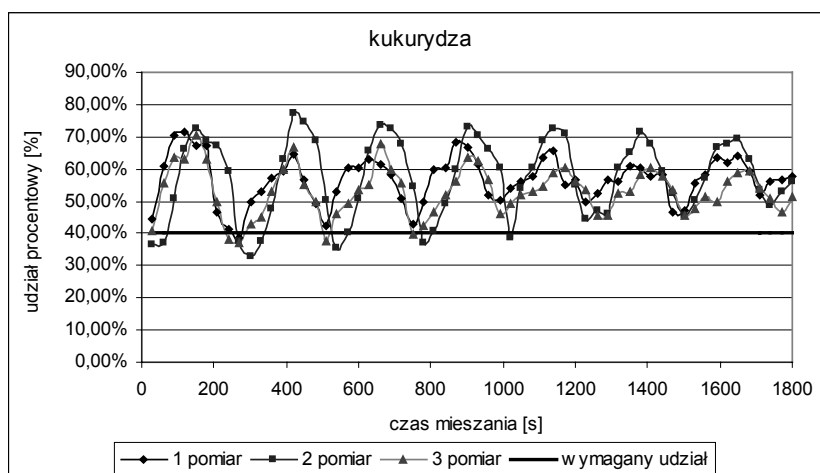
Badania prowadzono w mieszalniku pasz o działaniu okresowym z mieszadłem ślimakowym. Opis i wymiary mieszalnika podano w artykule J. Królczyk, M. Tukiendorf [Królczyk i in. 2005]. Specyfiką procesu odbywającego się w mieszalniku jest dodatkowa recyrkulacja składników odbywająca się w czasie 30 minutowego czasu mieszania wszystkich komponentów mieszaniny. Masa zasypanej mieszaniny wynosiła 2099,5 kg.

W mieszalniku mieszanie można podzielić na dwa etapy: mieszanie wstępne i mieszanie właściwe, podczas którego kolejno zasypywane są składniki większe magazynowane w silosach, następnie magazynowane w workach oraz magazynowane w silosach o mniejszych wymiarach ziaren. W przypadku badanej mieszaniny czas wstępnego mieszania wynosił około 4,5 minuty. „Właściwe mieszanie”, kiedy to już wszystkie składniki znajdują się w mieszalniku, trwa 30 minut. Próby pobierano w miejscu spustu z mieszalnika w odstępach 30 sekundowych. W ten sposób uzyskano 60 populacji do dalszej analizy. Kolejnym krokiem było rozdzielenie każdej z prób na poszczególne składniki. Następnie wydzielone składniki zważono na wadze elektronicznej. Próby pobierano w trzech seriach badań mieszaniny w tych samych warunkach. Uzyskane udziały masowe poszczególnych składników mieszaniny ziarnistej przeliczono na udziały procentowe.

## Wyniki badań i ich analiza

Przykładowe wyniki badań zaprezentowano na rys. 2–6. Na rysunkach tych przedstawiono wyniki badań uzyskane dla trzech serii badań dla kukurydzy, peluszki, grochu zielonego, dari, ryżu białego i proso żółtego w postaci udziałów procentowych w kolejnych odstępach czasu. Na wykresach dodatkowo zaprezentowano linią ciągłą wymagany udział poszczególnych komponentów w produkcie, a więc zgodny z recepturą.

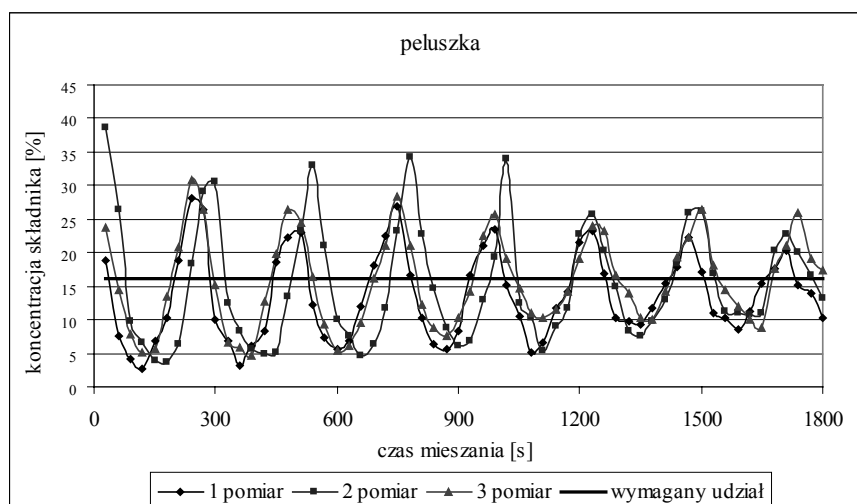
Jak można zauważyć przebiegi rozkładów koncentracji są powtarzalne w każdej serii pomiarowej i przyjmują postać funkcji okresowej. Zaobserwowano, iż zmiany koncentracji składników w czasie można podzielić na trzy typy. Na przykładowych wykresach zaprezentowano wybrane przypadki, reprezentujące dany typ przebiegu. W przypadku kukurydzy (rys. 2) zauważono dominację tego składnika w procesie mieszania z recyrkulacją. Komponent ten wypiera z mieszania inne, mniejsze składniki, dlatego też obserwowany jest częściej w próbach badawczych. Warto również zauważyć, iż komponent ma największy udział wymagany (ponad 40%). Takie zjawisko obserwowane jest tylko w przypadku jednego komponentu.



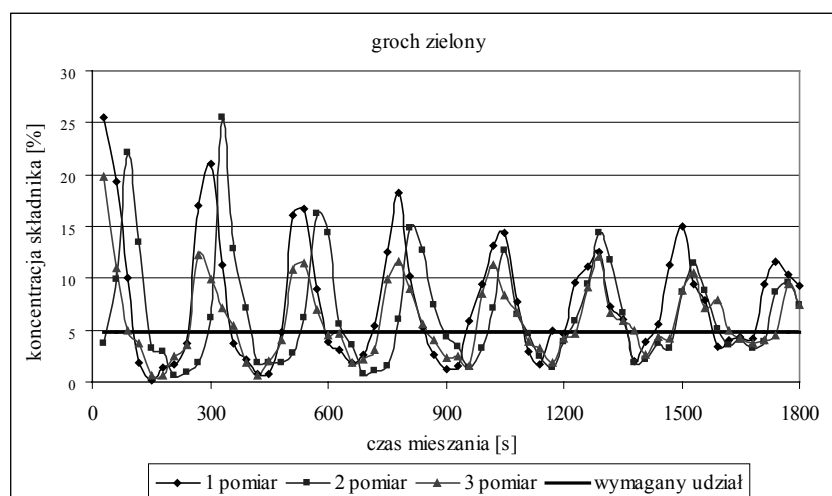
Rys. 2. Wykres zmian procentowego udziału kukurydzy w czasie procesu mieszania

Fig. 2. Graph of the percentage changes of the corn during mixing time

Dla składników tj. peluszka i groch zielony (rys. 3–5) amplitudy odchyień od wartości docelowej oscylują wokół wartości oczekiwanej. Podobny przebieg w czasie mają komponenty mieszaniny, nie prezentowane na rysunkach tj. groch żółty, wyka, słonecznik i kardi.

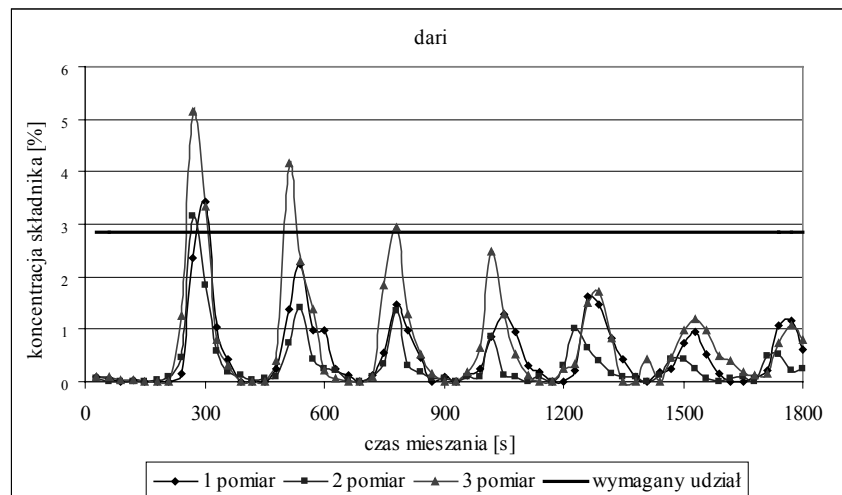


Rys. 3. Wykres zmian procentowego udziału peluszki w czasie procesu mieszania  
 Fig. 3. Graph of the percentage changes of the field pea during mixing time

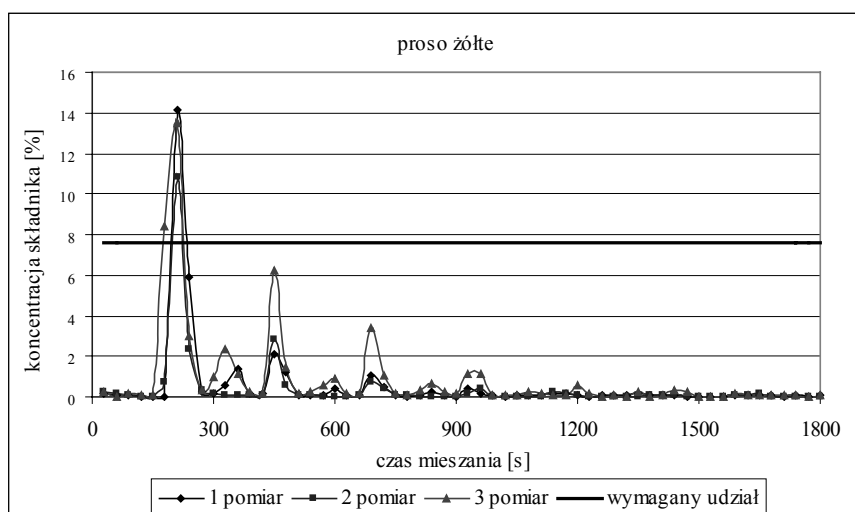


Rys. 4. Wykres zmian procentowego udziału grochu zielonego w czasie procesu mieszania  
 Fig. 4. Graph of the percentage changes of green pea during mixing time

Jednak w przypadku pozostałych komponentów zauważono inne zjawisko. W przypadku składników takich jak dani i proso żółte (rys. 5–6) również obserwujemy cykliczne wahania rozkładów koncentracji, jednak ich koncentracja obserwowana w kolejnych próbach pobranych podczas recyrkulacji skłania do wysunięcia wniosku o niepełnym udziale wszystkich składników mieszaniny zbóż w mieszaniu z recyrkulacją.



Rys. 5. Wykres zmian procentowego udziału dari w czasie procesu mieszania  
Fig. 5. Graph of the percentage changes of white sorghum during mixing time



Rys. 6. Wykres zmian procentowego udziału prosa żółtego w czasie procesu mieszania  
Fig. 6. Graph of the percentage changes of the yellow millet during mixing time

Niepełny udział w procesie biorą również pozostałe składniki mieszanki, a więc sorgo, ryż biały i owies łuszczone. Świadczyć to może o wystąpieniu zjawiska segregacji komponentów w pewnych miejscach złoża mieszanki w złożu mieszalnika.

Składniki te (proso żółte, dari), są jednak obserwowane w próbach pobranych z worków, co świadczy, że po opróżnieniu zbiornika mieszają się jednak z pozostałymi składnikami na drodze wysypu kominowego osiągając wartości oczekiwane w końcowym produkcie.

## Wnioski

1. Ze względu na udział procentowy komponentu obserwowany w czasie mieszania z recyrkulacją charakter zmian koncentracji składników w czasie można podzielić na trzy typy: koncentracja składnika większa niż wynika to z udziału docelowego, oscylacja wokół wymaganego udziału oraz koncentracja mniejsza od docelowej.
2. Składnik o największym udziale procentowym w mieszaninie (ponad 40% - kukurydza) odgrywa dominującą rolę w procesie, gdyż wypiera z mieszania inne, mniejsze składniki.
3. Niektóre składniki mieszaniny nie biorą pełnego udziału w mieszananiu z recyrkulacją. Dotyczy to głównie komponentów o najmniejszych udziałach procentowych.



*Praca powstała przy współfinansowaniu ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Unii Europejskiej oraz ze środków budżetu państwa*

## Bibliografia

- Boss J.** 1987. Mieszanie materiałów ziarnistych. PWN, Warszawa – Wrocław. ISBN 83-01-07058-7
- Campbell H., Bauer W.C.** 1966. Cause and Cure of Demixing In Solid. Solid Mixers, Chem. Eng. 73, Sept. 12. s. 179-185.
- Królczyk J., Tukiendorf M.** 2005. Zależność przebiegu mieszania układu wieloskładnikowego od udziału składników oceniana analizą skupień. Technica Agraria 4 (2). s. 21-30.
- Stręk F.** 1971. Mieszanie i mieszalniki. WNT. ISBN 83-204-0289-1.

## **MIXING AND SEGREGATION DURING THE UNIFICATION PROCESS OF FODDER**

**Summary:** In the article research results of mixing granular matter consisting of twelve crops components has been presented. The research has been conducted in industrial conditions in vertical mixer with worm agitator of periodical work. What is specific about the process taking place in the mixer is that an additional ingredients' recirculation, occurred which continued throughout in 30-minute mixing time. On the basis of percentages share determined in samples taken during the process, the nature of the process has been observed.

**Key words:** granular matter, non-homogenous granular matter, multi-component granular matter, fodder, segregation

**Adres do korespondencji**

Jolanta Królczyk; e-mail: j.krolczyk@po.opole.pl  
Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej  
Politechnika Opolska  
ul. Mikołajczyka 5  
45-271 Opole