

MAGAZYN ZBOŻOWY W ŁAŃCUCHU LOGISTYCZNYM

Streszczenie:

W artykule przedstawiono praktyczne rozwiązanie wykorzystania logistyki w magazynach zbożowych. Opisywana metoda stanowić może znakomite uzupełnienie metody tradycyjnej jaką jest suszenie ziarna, zapewniając jednocześnie ciągłość funkcjonowania magazynów zbożowych w sytuacjach awaryjnych. Dodatkowo metoda ta stanowić może alternatywną koncepcję zarządzania łańcuchem logistycznym w magazynowaniu przemysłowym ziarna zbóż oraz może przyczynić się do usprawnienia organizacyjnego magazynów zbożowych

Słowa kluczowe: łańcuch logistyczny, magazynowanie, magazyn zbożowy, zarządzanie

1. WPROWADZENIE

Koncepcja logistyczna stanowi system kształtowania i kontroli procesów fizycznego przepływu produktów oraz ich informacyjnych uwarunkowań, zmierzających do osiągnięcia najkorzystniejszych relacji pomiędzy poziomem świadczonych usług [16]. W koncepcji łańcucha logistycznego prowadzenie działalności rozciąga się na cały łańcuch magazynów zbożowych, łącznie z przewoźnikami, klientami, jednostkami zajmującymi się obsługą i transportem technologicznym zbóż. Nowoczesne i wydajne systemy logistyczne mają ogromne znaczenie gospodarcze w magazynowaniu przemysłowym. Przemysł zbożowy nie jest tutaj żadnym wyjątkiem. Zboże, rośliny oleiste, pasze oraz inne produkty muszą być przechowywane w optymalnych i opłacalnych warunkach. W tym celu wymagane są nowoczesne rozwiązania, które łączą płynną eksploatację z opłacalnością produkcji [22]. Przemysł zbożowo-młynarski jest jedną z ważniejszych gałęzi gospodarki. Przechowywanie ziarna jest operacją technologiczną, która ma zapewnić człowiekowi życie i przetrwanie. Na przestrzeni tysięcy lat magazynowanie zbóż miało wymiar wielokierunkowy. Z tego względu należy stworzyć takie warunki przechowywania, aby uzyskać jak najlepszą jakość konsumpcyjną ziarna. Magazyn zbożowy powinien spełniać wszelkie wymogi techniczne i technologiczne w celu zapewnienia jak najlepszych warunków przechowywania [18]. System magazynowania i obsługi zapasów można określić jako skoordynowaną działalność w czasie i przestrzeni polegającą na gromadzeniu zapasów, ich składowaniu wraz z czynnościami manipulacyjnymi oraz kontrolą. Działalność ta jest prowadzona z wykorzystaniem całej infrastruktury magazynowej [20],[21]. Ziarno zbóż znajduje różnorodne zastosowanie w gospodarce. Stanowi ono podstawę produkcji pasz i wyrobów zbożowych przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji takich jak mąka, kasze, czy płatki śniadaniowe. Produkcja pieczywa, makaronów oraz wyrób ciast również bazuje na mące, która jest podstawowym wyrobem przemysłu młynarskiego [4]. Z uwagi na fakt, że magazyny zbożowe gromadzą duże zapasy zbóż, ich znaczenie należy postrzegać zarówno w wymiarze technologicznym, jak i strategicznym [18].

* Politechnika Opolska, Wydział Zarządzania i Inżynierii Produkcji

** Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny

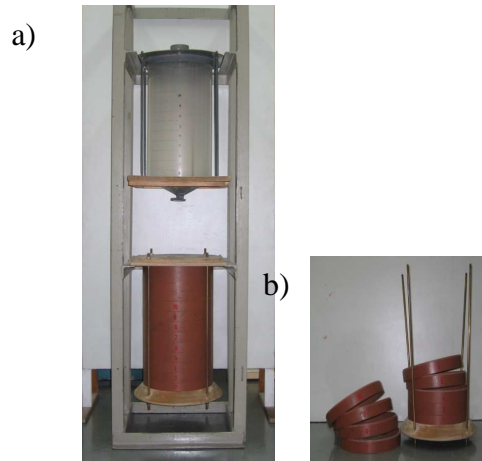
Celem pracy było zbadanie i opracowanie alternatywnej metody pozwalającej na usprawnienie organizacyjne elewatora zbożowego *Opole-Port* w Opolu, zapewniające ciągłość funkcjonowania magazynu w sytuacjach awaryjnych i opłacalny ekonomicznie przepływ. Koncepcją pracy było ponadto sprawdzenie stanu jakości roślinnych układów ziarnistych podczas przechowywania.

2. CHARAKTERYSTYKA PROWADZONYCH BADAŃ

Badania prowadzone były we współpracy z Polskimi Młynami S.A. elewator *Opole-Port* w Opolu. W magazynie zbożowym *Opole-Port* można jednorazowo magazynować 13040 ton zboża. Podstawowym zadaniem elewatora jest skup zboża, magazynowanie, konserwacja i redystrybucja ziarna. Magazyn zbożowy realizuje swoje zadania na drodze konkretnych procesów technologicznych, które można podzielić według kolejności na różne etapy: ważenie, pobór prób, ocena składu i jakości, wyładunek i transport wewnątrz magazynu, suszenie ziarna, aspiracja, separacja i odbiór zanieczyszczeń, magazynowanie i konserwacja, redystrybucja ziarna. Każdej operacji przyporządkowane są odpowiednie czynności wynikające z charakteru zastosowanej technologii. Jednak tylko właściwe wykonywanie wszystkich zadań, we wszystkich etapach procesu technologicznego może wpłynąć na prawidłowe funkcjonowanie magazynu zbożowego jako całości [5].

Autorki pracy wykonały badania laboratoryjne dotyczące mieszania materiałów ziarnistych składających się z ziaren zbóż. Badania wykonywane były na ziarnie pszenicy. Materiałem użytym do badań był jednorodny układ ziarnisty różniący się wilgotnością i barwą. Mieszano ze sobą pszenicę z pszenicą. Przy pomocy komputerowej analizy obrazu oraz formuły Rose'a określono stopień zmieszania układu. Wilgotność ziarna mokrego wynosiła 16,2% ($\pm 0,5$), a wilgotność ziarna suchego wynosiła 11,8% ($\pm 0,5$). W warunkach przemysłowych proces nawilżania ziarna prowadzony jest najczęściej w urządzeniach, w których ziarna są mieszane z odmierzoną dawką wody. W procesie nawilżania najczęściej stosuje się minimalny poziom dowilżenia, tj. wilgotność końcową surowców ustala się maksymalnie do 18% [14]. Nawilżanie w warunkach laboratoryjnych wiązało się z oczekiwaniem na wyrównanie rozkładu wilgotności w całej próbce. W zależności od prowadzonych badań czas leżakowania obejmował od 3 do 4 dni. Jest to doświadczone założenie badaczy, którzy chcąc być pewnymi jednorodnego rozkładu wilgotności w badanym materiale [17]. Czas leżakowania zapewnił ustabilizowanie średniej wilgotności mierzonej badanego materiału.

Z uwagi na fakt, że prowadzenie badań procesu mieszania materiałów ziarnistych w skali przemysłowej jest niezwykle trudne i kosztowne, przeprowadzono badania laboratoryjne, które są w stanie przybliżyć charakter procesu w warunkach przemysłowych i wyjaśnić najważniejsze własności badanego zjawiska. Obserwacje dotyczące konkretnego zjawiska niejednokrotnie pozwalają, na zastosowanie istniejących w matematyce i fizyce zależności [7],[19]. Układ ziarnisty poddawano mieszaniu w laboratoryjnym mieszalniku przesypowym. Mieszalnik składał się z dwóch identycznych zbiorników (wysokość części cylindrycznej – 500 mm, średnica wewnętrzna – 300 mm, wysokość części stożkowej – 90 mm, średnica otworu – 30 mm), umieszczonych jeden nad drugim w sposób umożliwiający łatwą ich zamianę. Dodatkowo jeden ze zbiorników składał się z 10 rozbieralnych pierścieni (rys.1).

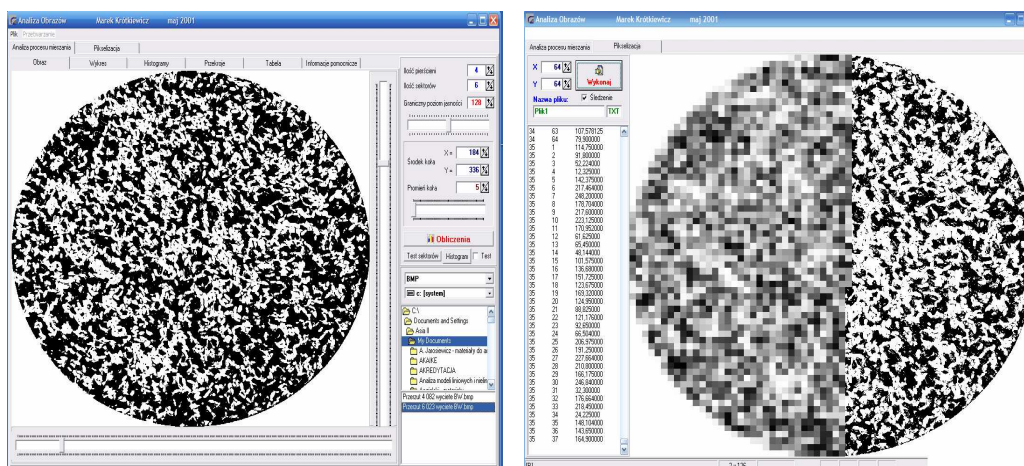


Rys.1. Laboratoryjny mieszalnik przesypywy: a) cała konstrukcja mieszalnika, b) rozbieralna część mieszalnika
Źródło: opracowanie własne (fot. J. Rut)

Przed przystąpieniem do mieszania zasypywano zbiornik mieszalnika materiałem ziarnistym w udziale procentowych 50/50 (ziarno suche – wilgotne, ziarno wilgotne – wilgotne, ziarno suche – suche). Następnie zbiorniki zamieniano kolejno miejscami, opróżniając zbiornik na drodze wysypu grawitacyjnego, aż do momentu osiągnięcia stanu równowagowego układu. Cały proces powtarzano dziesięciokrotnie, dla każdej kombinacji [2],[3].

3. ANALIZA STATYSTYCZNA I DYSKUSJA WYNIKÓW

Rozbieralna konstrukcja mieszalnika umożliwiła uzyskanie cyfrowego zapisu obrazu przekrojów poprzecznych mieszalnika. Uzyskany obraz poddano komputerowej analizie obrazu. Zamieniono kolory ziaren pszenicy na czern i biel, a następnie wykonano pikselizację (rys.2).



Rys. 2. Przykładowy obraz przedstawiający analizę koloru dla ziaren pszenicy oraz proces pikselizacji
Źródło: opracowanie własne

Celem wyznaczenia wielkości komórek przy pikselizacji obliczono średnicę zastępczą d_e , która wynosiła 4,69 mm.

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6m}{\pi\gamma n}} \quad (1)$$

gdzie:

d_e – średnica zastępcza [m],
 m – masa nasion wziętych jako próba [kg],
 γ – gęstość nasion [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$],
 n – liczba nasion w próbce.

Dla tak obliczonej średnicy zastępczej (1) przeprowadzono proces pikselizacji dla ziaren pszenicy 64x64 komórki.

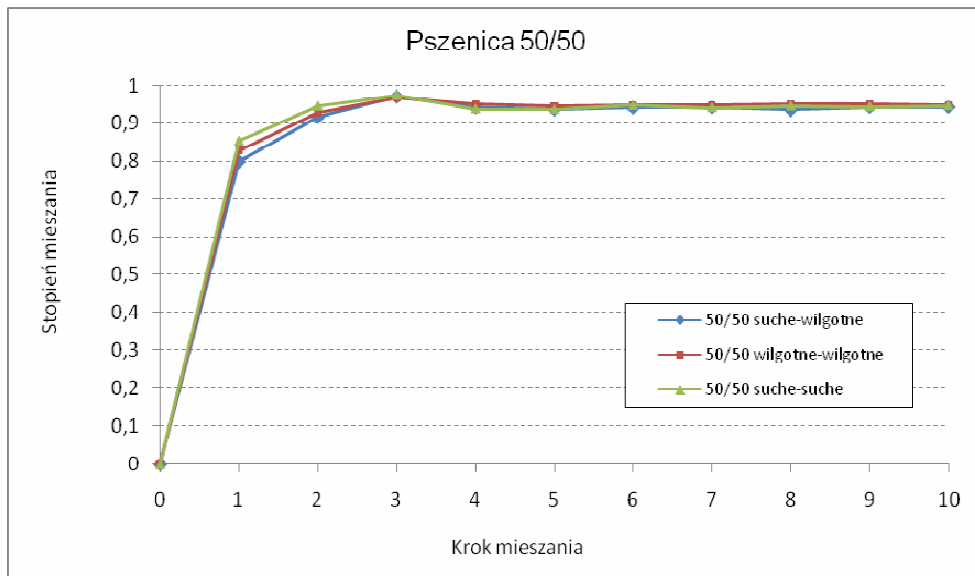
Najczęściej stosowaną statystyczną miarą oceny jakości stopnia zmieszania jest zależność przedstawiona przez Rose'a [10].

$$M = 1 - \frac{\sigma}{\sigma_0} \quad (2)$$

gdzie:

σ - odchylenie standardowe,
 σ_0 - początkowe odchylenie standardowe,

Wyrażenie to ma cechy jednoznaczności, gdyż określonej wartości M odpowiada jeden – w znaczeniu statystycznym – stan mieszaniny. Wartość liczbową M zmienia się od zera do jedności. Stan określony liczbą zero oznacza całkowitą segregację składników, a stan określony liczbą 1 układ doskonale wymieszany.



Rys. 3 Stopień mieszania pszenicy

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników stwierdzono, że do osiągnięcia stanu równowagowego tj. stanu, po którym dalsze mieszanie nie powoduje

żadnych zmian jakościowych, wystarcza kilka przesypów (rys.3). Zadowalający stopień zmieszania uzyskano po 3 kroku (przesypie) mieszania. Z uwagi na nieciągłość procesu czas mieszania wyrażony został poprzez liczbę kolejnych przesypów, czyli kroków mieszania. Dla całkowitej wiarygodności przyjęto liczbę dziesięciu kroków jako wystarczającą i gwarantującą osiągnięcie stanu równowagowego. Układ ten uznano za mieszaninę w stanie doskonale losowym zwaną dalej stanem randomowym, (z ang. random – losowy), w której prawdopodobieństwo znalezienia cząstki określonego składnika jest takie samo we wszystkich punktach tej mieszaniny [2].

Przeprowadzając analizę statystyczną niezwykle ważne jest odpowiednie dobranie poszczególnych zmiennych objaśniających. W celu sprawdzenia zależności stopnia zmieszania od wilgotności przeprowadzono statystyczny test istotności. Zastosowano test Kruskala-Wallisa, z hipotezą zerową o braku wpływu wilgotności na stopień zmieszania [1],[15],[8]. Test Kruskala-Wallisa jest nieparametrycznym odpowiednikiem jednoczynnikowej analizy wariancji. Obliczono następujące wartości:

$$H_{obl} = \frac{12}{n(n+1)} \left(\sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} \right) - 3(n+1) \quad (3)$$

$$H_{krt} = \chi_{\alpha, k-1}^2 \quad (4)$$

gdzie:

R - suma rang dla j -tej populacji,

n - liczba obserwacji,

k - liczba populacji

$\chi_{\alpha, k-1}^2$ – wartość krytyczna w rozkładzie chi-kwadrat o $k-1$ stopniach swobody i przy poziomie istotności α .

Statystyka testowa:

Jeżeli $H_{obl} < H_{krt}$ to brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.

Przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ uzyskano następujące wyniki:

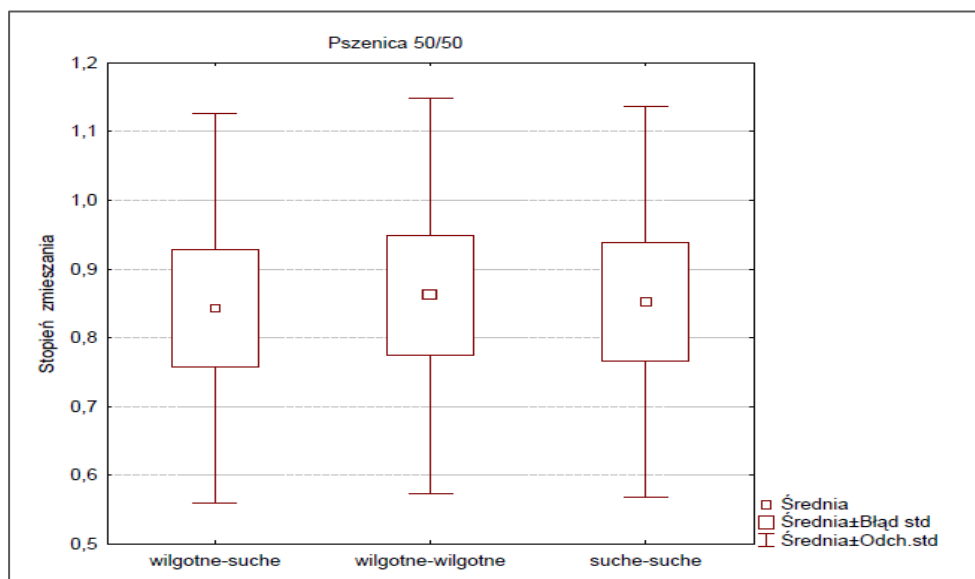
$$H_{obl} = 4,099$$

$$H_{krt} = 5,991$$

$$H_{obl} < H_{krt}$$

Ponieważ $H_{obl} < H_{krt}$ to brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, zatem należy uznać ją za prawdziwą, wobec czego wilgotność nie ma wpływu na stopień zmieszania.

Graficzny rozkład statystyk opisowych stopnia zmieszania układu ziarnistego w poszczególnych grupach (ziarno suche – wilgotne, ziarno wilgotne – wilgotne, ziarno suche – suche) przedstawia rysunek 4.



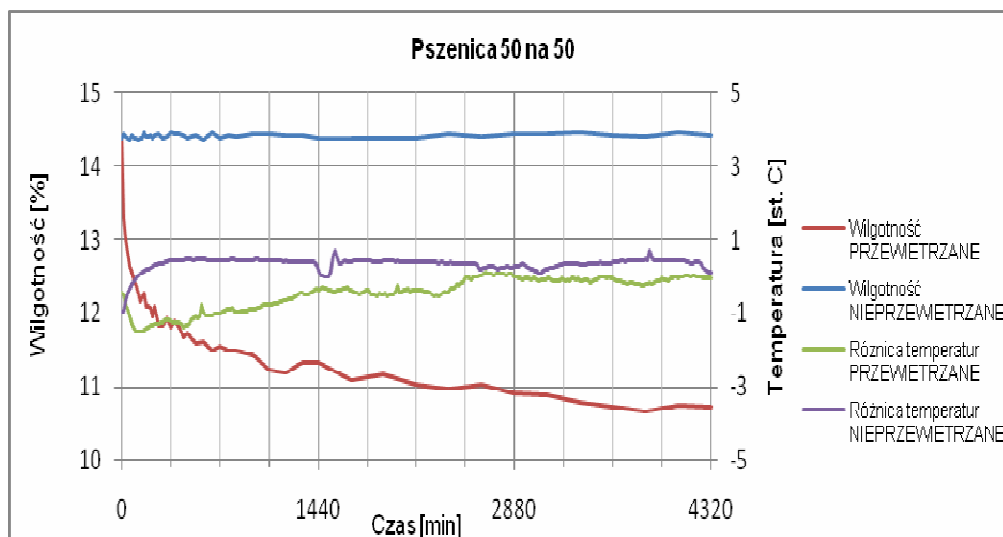
Rys. 4. Statystyki opisowe stopnia zmięszania ziaren pszenicy dla poszczególnych grup
Źródło: opracowanie własne

Podczas mieszania metodą przesypu jednorodnych układów ziarnistych składających się z ziaren pszenicy, różniących się wilgotnością nie stwierdzono w badanym zakresie statystycznie istotnego wpływu wilgotności na proces mieszania.

4. SPRAWDZENIE STANU JAKOŚCI ZIARNA PODCZAS PRZECHOWYWANIA

W celu określenia przydatności obranej metody w przemyśle badane ziarno poddano dalszej analizie. Badano temperaturę oraz jej rozkład w masie ziarna, wilgotność oraz wyróżniki jakościowe ziarna.

W celu zbadania rozkładu temperatury i wilgotności w masie ziarna stworzono przewietrzany powietrzem atmosferycznym model silosu wyposażony w przemysłowe cyfrowe czujniki temperatury – DS 18B20, produkcji amerykańskiej firmy Dallas Semiconductor wchodzącej w skład Maxim Integrated Products oraz w miernik wilgotności masy ziarna Rotronic HygroPalm wraz z sondą pomiarową HygroClip SP05. Uzyskane wyniki temperatury i wilgotności w magazynowanym ziarnie przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Rozkładu wilgotności i temperatury ziarna pszenicy
Źródło: opracowanie własne

Po zmieszaniu ziarna i jego magazynowaniu z przewietrzaniem obniżono wilgotność badanego ziarna do poziomu około 10,5%. Po upływie około 20 godzin temperatura w ziarnie ustabilizowała się i przyjmowała wartości zbliżone do temperatury zewnętrznej. Nie zaobserwowano ognisk zapalnych, czyli pleśni oraz nie wystąpiło zjawisko samozagrzewania się ziarna w badanym zakresie wilgotności.

Po upływie 72 godzin magazynowania ziarna w modelowym silosie, ziarno poddane zostało dalszym badaniom analizującym wyróżniki jakościowe ziarna (takie jak gluten, zawartość białka, liczba opadania, sedymentacja, ilość ziaren połamanych, obecność szkodników) w celu określenia jego dalszej przydatności do celów konsumpcyjnych. Badania zostały wykonane w laboratorium elewatora *Opole-Port*, zgodnie z normami dotyczącymi ziarna konsumpcyjnego.

Badania wykazały, że ziarno spełniało surowe normy stawiane ziarnu konsumpcyjnemu, tzn. ziarno nie straciło swojej wartości, ani nie uległy pogorszeniu jego parametry jakościowe. Te parametry były takie same jak dla zboża wysuszonego tradycyjną metodą – metodą suszenia mechanicznego.

5. PODSUMOWANIE

Opisana metoda stanowić może znakomite uzupełnienie metody tradycyjnej jaką jest suszenie ziarna, zapewniając jednocześnie ciągłość pracy magazynów zbożowych w przypadku awarii komór suszarniczych. Dodatkowo metoda ta może przyczynić się na usprawnienie organizacyjne elewatorów zbożowych, zapewniając opłacalny ekonomicznie przepływ produktów. Wysoka wydajność opisanej metody alternatywnej daje możliwość skrócenia czasu oczekiwania na rozładunek, a tym samym z likwidowania kolejek przy skupie zboża. Jednocześnie metoda daje możliwość uzyskania przewagi konkurencyjnej nad magazynami zbożowymi stosującymi przy skupie zboża tylko metodę tradycyjną. Przedstawiona w niniejszej pracy metoda alternatywna stanowić może innowację w przemyśle zbożowym. Po za tym zaobserwowane w życiu gospodarczym zmiany lansujące postawy proekologiczne w powiązaniu z opłatami za emisję CO₂ stanowią szansę dla wdrożenia, na szeroką skalę, zaproponowanej nowej metody suszenia ziarna. Odpowiednie decydowanie jest istotą zarządzania, decyzje strategiczne podjęte dzisiaj wytyczają kierunek

rozwoju na przyszłe lata [9]. Dlatego bardzo ważne jest planowanie strategiczne, z uwzględnieniem aspektów logistycznych w działalności magazynów zbożowych.

LITERATURA

- [1] Aczel A. D.: *Statystyka w zarządzaniu*. PWN Warszawa 2005, s.731-737
- [2] Boss J.: *Mieszanie materiałów ziarnistych*. PWN Warszawa 1987, s. 8
- [3] Boss J.; Tukiendorf M.: *Mixing of granular materials using the method of funnel-flow*. Powder Handling & Processing 9, No. 4 October/December, 1997, s. 341-343
- [4] Gołębiowski J.: *System marketingowy zbóż i produktów zbożowych – stan i kierunki zmian*. SGGW Warszawa 2007, s.9-34
- [5] Kulińska E.: *Podstawy logistyki i zarządzania łańcuchem dostaw*. Podręcznik dla kierunku studiów logistyka. WPO, Opole 2009.
- [6] Kulińska E.: *Zarządzanie ryzykiem w łańcuchu dostaw*. Logistyka 1/2007, s. 18-21
- [7] Lewicki P.; Lenart A.; Kowalczyk R.; Pałacha Z.: *Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego*. WNT, Warszawa 1999, ISBN 83-204-2324-4
- [8] Magiera R.: *Modele i metody statystyki matematycznej cz. II, Wnioskowanie statystyczne*. GiS Wrocław 2007, ISBN: 83-89020-61-1
- [9] Rajchel K. Żukowski P.: *Zasadnicze problemy nowoczesnego zarządzania instytucją*. Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2003.
- [10] Rose H.E.: *A suggested equation relating to the mixing of powders and its application to the study of the performance of certain types of machine*. Trans. Instn. Chem. Engrs, 37, 1959
- [11] Rut J.: *Badanie parametrów ziarna w magazynach zbożowych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej, z. 94 nr 330, Opole 2009, s.81-82
- [12] Rut J.: *Ocena mieszania jednorodnych układów ziarnistych za pomocą komputerowej analizy obrazu*. Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej, z. 93 nr 328, Opole 2009, s.89-90
- [13] Rut J.; Szwedziak K.; Tukiendorf M.: *Temperatura ziarna pszenicy w czasie magazynowania*. Inżynieria Rolnicza nr 9(97), Kraków 2007 s. 242 – 247
- [14] Rydzak L. *Możliwość regulacji wilgotności końcowej ziarna pszenicy po procesie nawilżania próżniowego*, Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa nr 7/2005 Lublin 2005, s. 155-161
- [15] Stanisław A.: *Przystępny kurs statystyki, modele liniowe i nieliniowe, Tom 2*. StatSoft Polska Karków 2007, ISBN 978-83-88724-30-5
- [16] Szczepankiewicz W.: *Logistyka marketingowa*. AE, Kraków 1996, s. 8-9
- [17] Ścibisz M. *Rozkład wilgotności w mieszaninie materiałów organicznych*. Annales UMCS, Agricultura, nr 2/2008 Warszawa 2008, s. 8-14
- [18] Tukiendorf M.: *Magazynowanie, konserwacja i transport technologiczny zbóż na przykładzie wybranego elewatora Polskich Zakładów Zbożowych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej 2004.
- [19] Tukiendorf M.: *Wpływ zmiany skali urządzenia mieszającego na wyniki procesu mieszania materiałów ziarnistych podczas wysypu ze zbiornika*. XI Ogólnopolska Konferencja: Postęp w Inżynierii Żywności, Frombork 2003, s. 9-12
- [20] Wasilewski M.: *Ekonomiczno-organizacyjne uwarunkowania gospodarowania zapasami w przedsiębiorstwach rolniczych*. SGGW, Warszawa 2004.
- [21] Wasilewski M.: *Gospodarka magazynowa w gospodarstwach rolniczych. [w:] Globalizacja i integracja gospodarcza a procesy restrukturyzacji i rozwój przedsiębiorstw WAE*, Kraków 2003.
- [22] Żuk J.: *Koncepcja logistyki nowoczesnej technologii magazynowania i przetwórstwa zbóż*. Przegląd zbożowo-młynarski 2008.

CONCEPTION OF MANAGING THE LOGISTIC CHAIN ON THE EXAMPLE OF GRANARIES

Abstract

This article presents a practical solution to the use of logistics in grain storage. The described method can serve as an excellent complement to the traditional method which is the drying of grain, while ensuring continuity of grain storage in an emergency. In addition, this method can serve as an alternative concept of chain manager in the storage industry, and cereal grains can contribute to improved organization storage of grain.

Keywords: the logistic chain, storage, granary, management