

## ANALIZA STATYSTYCZNA ISTOTNOŚCI WPŁYWU SEZONU PRODUKCYJNEGO NA WYDAJNOŚĆ LINII ROZLEWNICZEJ PIWA

Zbigniew Burski\*, Hanna Krasowska-Kołodziej\*\*

\* Katedra Energetyki i Pojazdów, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

\*\* Wyższa Szkoła Inżynieryjno-Ekonomiczna w Rzeszowie

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wykorzystanie statystycznych testów istotności do oceny wpływu sezonu produkcyjnego na wydajność linii rozlewniczej piwa puszkowego. Poddano ocenie logistyki materiałowej wykorzystanie surowca i opakowań w podstawowych etapach technologii produkcji.

**Słowa kluczowe:** logistyka materiałowa, zakład rolno-spożywczy, linia produkcyjna, wydajność eksploatacyjna.

### WPROWADZENIE

W dotychczasowych badaniach prowadzonych nad procesami technologicznymi produkcji przemysłu rolno-spożywczego dominowały zagadnienia związane z wykorzystaniem energii [Burski, Krasowski, Sadkiewicz 2001, Lewis, Young 2001] i surowców [Krasowski, Krasowska 2001, Burski, Bułgakov, eichenbach 2005; Praca zbiorowa 1985].

W związku ze wzrostem konkurencji na rynku konsumpcyjnym, w warunkach wolnej gospodarki, coraz większego znaczenia nabierają analizy kosztów i jakości produkcji związane ze wzrastającą liczbą odprowadzanych odpadów poprodukcyjnych i poeksploatacyjnych [Skrzypek 2000; Burski, Szewczak 2010; Wojdalski, Drózd 2004]. Tym samym, wzrasta znaczenie w ogólnej logistyce, zaopatrzenia, produkcji i dystrybucji podsystem logistyki materiałowej [Niziński 1999, 2001; Piekarski 2009; Kłos, Kuczewski 2001, Maksimowa, Shapran 2010; Nechaew, Luchko 2010].

### CEL I ZAKRES PRACY

Celem niniejszej pracy jest próba wykorzystania statystycznych metod testowania istotności różnic materiałowych występujących pomiędzy głównymi etapami rozlewu piwa puszkowego i wpływem czasu produkcji na występujące straty produkcyjne (tzw. zaniki).

## OBIEKT I PRZEDMIOT BADAŃ

Obiektem przeprowadzonych badań była linia rozlewnicza piwa puszkowego o wydajności dziennej 160 000 puszek.

Przedmiotem badań była analiza wielkości produkcji związanej z wydajnością nominalną linii oraz poszczególne fazy rozlewu piwa. Dotyczyły one liczby pobranych puszek z magazynu ich napełnienia oraz występujących strat w postaci tzw. zaniku.

## CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁU BADAWCZEGO

Analizowany materiał badawczy w postaci dziennych raportów produkcji przedstawiony przykładowo w tab. 1, poddano obliczeniom statystycznym istotności zachodzących procesów technologiczno-eksploatacyjnych. Obejmował dwa sezony – letni (czerwiec, lipiec, sierpień) oraz jesienny (październik, listopad, grudzień). Dla celów obliczeń statystycznych w tabelach wyników obliczeń oznaczono je od „g 1” do „g 6” jako tzw. „grupa”.

W tabeli 1 przedstawiono dzienne raporty produkcyjne z dwóch pierwszych miesięcy każdego sezonu (lipca i października). Natomiast w tabeli 2, statystyki charakteryzujące sumaryczne miary wielkości zmian w miesiącach każdego sezonu.

## METODYKA OBLICZEŃ STATYSTYCZNYCH MATERIAŁU BADAWCZEGO ROZLEWU PIWA PUSZKOWEGO

W metodyce obliczeń statystycznych sezonowego materiału badawczego uwzględniono:

- testowanie hipotez ( $H_0$ ) dla zmiennych pobierania puszek (p.p.), napełniania puszek (n.p.) tzw. „zaniku”,
- obliczenia statystyki sumacyjnej zmiennych,
- analizy wariancji,
- listy porównań wielokrotnych 95.0 procentowego przedziału HSD Tukey’a.

W obliczeniach testowych wykorzystano:

test t-Studenta, test znaków, test rangowanych znaków [Wesołowska-Janczarek, Mikos 1995].

## WYNIKI OBLICZEŃ STATYSTYCZNYCH

### 1. Testowanie hipotez zerowych i statystyki sumacyjne zmiennych

Wyniki obliczeń z testowania hipotez zerowych ( $H_0$ ) zmiennych zastosowanych testów statystycznych nakazały odrzucenie jej dla  $\alpha = 0,05$ .

Wyniki obliczeń statystycznych sumacyjnych dla zmiennej „p.p.” (pobranie puszek), w zakresie poziomu czynnika „sezon” przedstawiono w tab. 3.

Wyniki obliczeń statystycznych sumaryjnym dla zmiennej „n.p.” (napełnianie puszek), w zakresie poziomu czynnika „sezon” przedstawiono w tabeli 4.

Wyniki obliczeń statystycznych sumacyjnych dla zmiennej „zanik” w zakresie poziomu czynnika „sezon” przedstawiono w tabeli 5.

## 2. Analiza wariancji i listy porównań wielokrotnych HSO Tukey'a

Wyniki obliczeń analizy wariancji dla zmiennych „p.p.” (pobranie puszek) i „n.p.” (napełnianie puszek), wg. poziomów czynnika „sezon”, przedstawiono w tabeli 6.

Wyniki obliczeń testów porównań wielokrotnych dla zmiennej „p.p.” (pobranie puszek) i „n.p.” (napełnianie puszek) przedstawiono w tabeli 7.

Wyniki obliczeń, analizy wariancji dla zmiennej „zaniku” przedstawiono w tabeli 8, a testów porównań wielokrotnych i obliczeń NIR (najmniejszej istotnej różnicy) przedstawiono w tabeli 9.

### Analiza materiałowa produkcji linii rozlewniczej w aspekcie czynnika „sezon”

Z uzyskanych danych dotyczących badanego materiału badawczego przedstawionego przykładowo w tab. 1 wynika niskie wykorzystanie nominalnej zdolności rozlewniczej 160 000 puszek dziennie.

Średnia liczebność pobranych puszek (p.p.) w sezonie jesiennym jest większa od sezonu letniego, przy znacznie większej wartości maksymalnej (173180,0), ale przy znacznie niższej wartości minimalnej co daje współczynnik zmienności 19,97%.

Podobna tendencja istnieje w następnym etapie ich wykorzystania — napełniania puszek (n.p.), ale niższym współczynnikiem zmienności, (16,63%).

Z kolei statystyki sumacyjne dla zmiennej „zaniku” wykazują w obu sezonach badawczych wysoką wartość współczynnika zmienności, s. 1 – 34,99% i s. 2 – 26,63%. Co stanowi przyczynę tego istotnego zjawiska ewidentnych strat materiałowych zakładu winno być poddane szczegółowej dalszej analizie.

Analiza wariancji i testy porównań wielokrotnych nie wykazały istotnych statystycznie zmian wewnątrz grup (miesiące) w sezonach, jak i jednorodności (tab. 5 i 6). Dotyczy to każdej z faz rozlania linii rozlewniczej, puszkowej (tab. 8 i 9).

Tabela 1. Wyniki wydajności linii rozlewniczej piwa każdego dnia dla wybranych miesięcy sezonu produkcyjnego

Table 1. The results of performance of a beer bottling line every day for the selected months of production season

Wydajność linii rozlewu	Sezon letni (czerwiec)			Sezon jesienny (październik)		
	Pobrano puszek (p. p.)	Napełniono puszek (n. p.)	Zanik puszek (p. p.)	Napełniono puszek (n. p.)	Pobrano puszek (p. p.)	Zanik
160 000	102 600	102 336	264	103 488	103 488	372
160 000	86 480	86 160	320	71 140	71 140	292
160 000	105 090	104 712	378	99240	98 784	456
160 000	99 120	98 616	504	88110	87 648	462
160 000	102 660	102316	348	99910	99432	478
160 000	93 970	93648	322	103680	103680	250
160 000	93 240	92928	312	54470	54264	206
160 000	92 170	91 896	274	114280	113928	352
160 000	75 410	75 144	266	88600	88 152	448
160 000	89 670	89 352	318	104 860	104 496	364
160 000	100 230	99888	342	77310	76872	248
160 000	103 830	103 444	386	104 000	103 632	368

Wydajność linii rozlewu	Sezon letni (czerwiec)			Sezon jesienny (październik)		
	Pobrano puszek (p. p.)	Napełniono puszek (n. p.)	Zanik puszek (p. p.)	Napełniono puszek (n. p.)	Pobrano puszek (p. p.)	Zanik
160 000	101 230	100872	358	111400	111000	400
160 000	103 220	102 840	380	96 320	95 976	344
160 000	106 660	106 296	364	104 840	104 448	392
160000	103 290	102 984	306	98 800	98 640	160
160000	100 830	100 512	318	103 000	102 744	256
160 000	105 460	105 168	292	103 560	103 200	360
160000	103 380	102 960	420	93 020	92 616	404
160000	103 740	103368	372	103900	103488	412
160 000	---	---	---	87 400	87 072	328
160000	---	---	---	106800	106416	384

Tabela 2. Wyniki testowania hipotez dla zmiennej „zanik” w sezonie letnim i jesiennym  
Table 2. Results of testing hypotheses for the variable „disappearance” in the summer and autumn

Wyszczególnienie wartości statystycznych testów	Zmienna wyboru (grupa)					
	sezon letni			sezon jesienny		
	czerwiec	lipiec	sierpień	paźdz.	listop.	grudzień
Liczebność	20	16	21	22	22	19
Wartości	264-504	212-434	240-950	160-476	180-708	272-576
Średnia z próby	342,20	339,25	509,90	351,63	332,0	410,31
Mediana z próby	332,00	334,00	476,00	388,00	328,0	384,00
Test t-studenta:						
Hipoteza O średnia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Statystyka t-student	26,81	26,82	13,10	19,32	15,16	20,50
p. istotności:	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odrzucić hipotezę zerową dla alfa	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Test znaków:						
Hipoteza O śr.:	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba wartości						
poniżej hipot. śr.:	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
– powyżej śr.:	20,0	16,0	21,0	22,0	22,0	19,0
Statystyka testowa dla dużych prób	4,24	3,75	4,36	4,47	4,47	4,12

P. istotności	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odrzucić hipotezę zerową dla alfa	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Test rangowanych znaków:						
Hipoteza zerowa:	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Średnia:						
Średnia rang' wartości						
– poniżej hipotetycznej mediany	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
– powyżej:	10,50	8,50	11,0	11,5	11,5	10,0
Stat. testowa dla dużych prób:	3,90	3,49	3,99	4,09	4,09	3,80
p. istotności	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odrzucić hipotezę zerową dla alfa:	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Tabela 3. Statystyki sumacyjne dla zmiennej p. p. (pobrania puszek) w zakresie poziomu czynnika „sezon”  
Table 3 Summary statistics for variable p.p. (supplied cans) at the level of the factor „season”

Źródło: sezon	Liczebność	Rodzaj zmiennej – pobranie puszek (p. p.)				
		Średnia	Odchylenie standardowe	Wartość min.	Wartość max.	Współczynnik zmienności (%)
s. 1	57	100 077,0	8 774,03	60 980,0	113 600,0	8,76
s. 2	63	102 152,0	20 406,10	13 140,0	173 180,0	19,97
Całkowita	120	101 167,0	15 945,60	13 140,0	173 180,0	15,76

Tabela 4. Statystyki sumacyjne dla zmiennej p. p. (pobranie puszek) w zakresie poziomu czynnika sezon”  
Table 4. Summary statistics for the variable p.p. (supplied cans) at the level of the factor “season „

Źródło: sezon	Liczebność	Średnia	Odchylenie standardowe	Wartość min.	Wartość max.	Współczynnik zmienności (%)
s. 1	57	99675,9	8752,48	60768,0	113280,0	8,78
s. 2	63	103675,0	17241,20	54264,0	172656,0	16,63
Całkowita	120	101776,0	13962,30	54264,0	172656,0	13,71

Tabela 5. Statystyki sumacyjne dla zmiennej „zanik” w zakresie poziomu czynnika „sezon”  
Table 5 Summary statistics for the variable „disappearance” at the level of the factor „season”

Źródło: sezon	Liczebność	Średnia	Odchylenie standardowe	Wartość min.	Wartość max.	Współczynnik zmienności (%)
s. 1	57	403,15	141,09	212,0	950,0	34,99
s. 2	63	362,47	96,54	160,0	708,0	26,63
Całkowita	120	381,80	120,99	160,0	950,0	31,69

Tabela 6. Analiza wariancji dla zmiennych p. p. (pobranie puszek) i n. p. (napełnianie puszek),  
wg poziomów czynnika „sezon”

Table 6. Analysis of variance for variables p.p. (supplied cans) and n.p. (filled cans),  
for the levels of the factor “season”

Źródło:	Suma kwadratów		Licz. – Df.		Suma kwadratów		F wart.f.		Poz. ist.	
	p.p.	n. p.	p.p.	p.p.	p.p.	n.p.	p.p.	p.p.	p.p.	n.p.
Między grupami	1.2883 E 10	4.78704 E8	1	1	1.2883 E8	4.78704 E8	0,50 -	2,49 -	0,48 -	0,11 -
Wew. grup	3.01284 E 10	2.272 E 10	118	118	2.55325 E 8	1.92542 E 8	-	-	-	-
Całkowita (popr.)	3.02572 E 10	2.31987 E 10	119	119	-	-	-	-	-	-

Tabela 7. Testy porównań wielokrotnych dla p.p. (pobranie puszek) i n.p. (napełnienie puszek)  
wg najmniejszej istotnej różnicy dla poziomów czynnika „sezon”

Table 7. Multiple comparison tests for p.p. (supplied cans) and n.p. (filled cans)  
by the lowest significant difference for the levels of the factor „season”

Metoda: 95,0 procentowy przedział HSD Tukey’a											
Źródło: sezon	Liczebn.		Średnia:		Gr. jednor.		Kon- trast	Różnica		t/- Granice NIR	
	p.p.	n. p.	p.p.	n.p.	p.p.	n.p.	s. 1 – s. 2	p.p.	n.p.	p.p.	n.p.
s.1	57	57	100077,0	99675,19	x	x	s. 1 – s. 2	-2074,8	-	5783,71	-
s. 2	63	63	102152,0	103675,0	x	x	s. 1 – s. 2	-3999,6	-		5022,53

Tabela 8. Analiza wariancji dla zmiennej „zanik” wg poziomu „sezon”  
 Table 8 Analysis of variance for the variable „disappearance” for the levels of the factor „season”

Źródło:	Suma kwadratów	Licz. – Df.	Średni kwadrat	Wartość funkcji testowej „F”	Poziom istotności „P”
Między grupami	49525,9	1	49525,9	3,45	0,065
Wew. grup	1.69272 E 6	118	14345.1	-	-
Całkowita (popr.)	1.74224 E 6	119	-	-	-

Tabela 9. Testy porównań wielokrotnych i NIR (najmniejszej istotnej różnicy) dla zmiennej „zanik”, wg poziomów czynnika „sezon”  
 Table 9. Multiple comparison tests and NIR (lowest significant difference) for the variable „disappearance”, for the levels of the factor „season”

Metoda: 95,0 procentowy przedział HSD Tukey’a						
Źródło: sezon	Liczebn.	Średnia:	Gr. jednor.	Kontrast	Różnica	Granica NIR (+/-)
s. 2	63	362.47	X	s.1 – s.2	40.68	43.35
s. 1	57	403.15	X			

## WNIOSKI

Z przeprowadzonych obliczeń statystycznych istotności wykorzystania materiałów i surowców w eksploatacji linii rozlewniczej wynikają następujące wnioski:

- bardzo niskie, dzienne, wykorzystanie wydajności nominalnej linii rozlewniczej,
- znaczne zróżnicowanie liczby pobieranych puszek w sezonie (19,97%),
- znaczne zróżnicowanie napełnianych puszek w sezonie, przy mniejszym współczynniku zmienności, spowodowanym lepszym ich wykorzystaniem (16,63%),
- znaczna wartość współczynnika zmienności „zaniku” w obu sezonach (34,99% i 26,63%), co powinno wzbudzić zainteresowanie właściwego nadzoru technicznego,
- znaczne straty produktu końcowego w wyniku wysokiej wartości zmiennej „zaniku”, a tym samym wzrost objętości ścieków przemysłowych i odpadów poprodukcyjnych wynikających z zadań HACCP.

Z uwagi na przedstawione wnioski, badania winny być kontynuowane w celu poprawy jakości i wielkości produkcji w logistyce materiałowej zakładu.

## LITERATURA

1. Burski Z., Krasowski E., Sadkiewicz R. 2001. „The analysis of costs of energy carriers consumption and working capacity in the various technical and technological conditions of brewery plants”. Zbirknik Naukowych Prac NAU, Wid. NAUU, Kyiv XII, T. I, 123–128.

2. Burski Z., Bulgakov V., Reichenbach J. 2005. „The analysis of raw materials and energy consumption and the costs of their utilization in brewery plants”. Zbornik Naukowych Prac NAU, Wid. NAUU, Kyiv XII, T. II, 82–87.
3. Burski Z., Miselska-Szewczak I. 2010. „Analiza realizacji standardów proekologicznego transportu odpadów produkcyjnych i eksploatacyjnych w logistyce krajowej i międzynarodowej”. Wyd. PAN, Lublin, Motrol, 11B, Lublin, 25–29.
4. Juściński S., Piekarski W. 2009. „Rozkład zapotrzebowania na przeglądy serwisowe ciągników rolniczych w aspekcie terminów agrotechnicznych”. Inżynieria Rolnicza, Vol. 117, Nr 8, Rok XIII, Kraków 31–38.
5. Kłos Z., Kurczewski P. 2001. „Ilościowa analiza środowiskowego oddziaływania urządzeń technicznych. Problemy Eksploatacji”. Nr 5. Warszawa, 15–24.
6. Krasowski E., Krasowska M. 2001. „Gospodarka energetyczna w rolnictwie” Wyd. AR w Lublinie, Lublin, 60–62.
7. Lewis M. J., Young T.W. 2001. „Piwowarstwo”. Wyd. PWN, Warszawa, 215–222.
8. Maksimowa T., Shapran E. 2010. „Approach to diagnostics of marketing complex of industrial enterprise”. TEKA Kom. Mot. i Energ. Roln. Oddział PAN 10B, Lublin, 5–11.
9. Nechaev G., Luchko M. 2010. „The position of diagnostics and motor – service in transport – logistic system of the Ukraine”. TEKA Kom. Mot. i Energ. Roln. Oddział PAN Lublin, 10B, Lublin, 65–71.
10. Niziński S. 1999. „Logistyka”, Wyd. ATR Olsztyn, 251–258.
11. Niziński S. 2001. „Analiza kosztów eksploatacji obiektów technicznych w rolniczych systemach działania”. Motrol. Wyd. AR w Lublinie, Lublin, 287–293.
12. Praca zbiorowa. 1985. „Poradnik piwowara”. Nr 7. Wyd. NOT, Sigma, Warszawa, 11– 27.
13. Skrzypek E. 2000. „Przydatność systemu zapewnienia jakości w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Eksploatacja i Niezawodność”. Nr 7. Wyd. PAN, Oddział Lublin, 44–53.
14. Wesołowska-Janczarek M., Mikos H. 1995. „Zbiór zadań ze statystyki matematycznej”. Wyd. AR w Lublinie, Lublin, 46–122.
15. Wojdalski K., Drózd B. 2004. „Podstawy analizy oddziaływania zakładów przetwórstwa rolno-spożywczego na środowisko”. Inżynieria Rolnicza, 5/60, Warszawa, 120–127.

#### STATISTICAL ANALYSIS OF THE PRODUCTION SEASON'S IMPACT ON THE PERFORMANCE OF A BEER BOTTLING LINE

**Summary.** The paper presents the use of statistical significance tests for the evaluation of the production season's impact on the performance of beer bottling line. The material logistics was estimated of the use of raw materials and packaging at the basic production technology stages.

**Keywords:** material logistics, agri-food factory, production line, operating yield.