

Dr inż. Bogdan DRÓŹDŹ  
Wydział Inżynierii Produkcji, SGGW w Warszawie

## ZUŻYCIE ENERGII I WODY W ZAKŁADACH PRZETWÓRSTWA DROBIARSKIEGO®

*W zaprezentowanym artykule zawarto syntezę wyników dostępnych badań nad zużyciem nośników energii i wody w zakładach przetwórstwa drobiarskiego otrzymanych w rezultacie stosowania różnych metod badawczych. Przedstawiono metodykę i wyniki badań nad zmiennością zużycia energii i wody w polskich zakładach o zróżnicowanym rocznym przerobie drobiu. Wyjaśniono wpływ przerobu drobiu na zużycie nośników energii i wody. Otrzymane wyniki uzupełniają dotychczasowy stan wiedzy i postęp jaki nastąpił w zakresie zmniejszania zużycia nośników energii. Wyniki te można wykorzystać do określania standardów środowiskowych, efektywności energetycznej, ekofektywności oraz prognozowania zużycia nośników energii decydujących o kosztach produkcji.*

**Słowa kluczowe:** przetwórstwo drobiarskie, energia, woda, efektywność energetyczna.

### WYKAZ STOSOWANYCH OZNACZEŃ

- $A_c$  – zużycie energii cieplnej w jednostce czasu, GJ  
 $A_e$  – zużycie energii cieplnej odpadowej w jednostce czasu, GJ  
 $A_{ch}$  – zużycie energii chłodniczej, GJ  
 $A_e$  – zużycie energii elektrycznej czynnej w jednostce czasu, kWh  
 $A_w$  – zużycie wody w jednostce czasu, m<sup>3</sup>  
 $A_{tl}$  – całkowite zużycie energii (uwzględniając przelicznik 1kWh = 0,012GJ), GJ  
 $A_{t2}$  – całkowite zużycie energii (uwzględniając przelicznik 1kWh = 0,0036GJ), GJ  
 $A_w$  – zużycie wody w jednostce czasu, m<sup>3</sup>  
 $E_c$  – efektywność energetyczna zużycia ciepła, Mg/GJ  
 $E_e$  – efektywność energetyczna zużycia energii elektrycznej, Mg/kWh  
 $E_{tl}$  – efektywność energetyczna wykorzystania energii ogółem (uwzględniając przelicznik 1kWh = 0,012GJ), Mg/GJ  
 $E_{t2}$  – efektywność energetyczna wykorzystania energii ogółem (uwzględniając przelicznik 1kWh = 0,0036GJ), Mg/GJ  
 $r$  – współczynnik korelacji  
 $R_2$  – współczynnik determinacji  
 $W_c$  – zakładowy wskaźnik jednostkowego zużycia ciepła w jednostce czasu, GJ/Mg drobiu  
 $W_e$  – zakładowy wskaźnik jednostkowego zużycia energii elektrycznej w jednostce czasu, kWh/Mg drobiu  
 $W_{cel}$  – zakładowy wskaźnik jednostkowego zużycia paliwa umownego z uwzględnieniem relacji 1 kWh = 0,012 GJ, kg c.e./Mg drobiu  
 $W_{ce2}$  – zakładowy wskaźnik jednostkowego zużycia paliwa umownego z uwzględnieniem relacji 1 kWh = 0,0036GJ, kg c.e./Mg drobiu  
 $W_{tl}$  – zakładowy wskaźnik jednostkowego zużycia energii ogółem (z uwzględnieniem przeliczenia 1 kWh = 0,012GJ), GJ/Mg drobiu.

- $W_{t2}$  – zakładowy wskaźnik jednostkowego zużycia energii ogółem (z uwzględnieniem przeliczenia 1 kWh = 0,0036GJ), GJ/Mg drobiu,  
 $W_w$  – zakładowy wskaźnik jednostkowego zużycia wody, m<sup>3</sup>/Mg drobiu  
 $Z$  – ilość ubitego drobiu w jednostce czasu, Mg.

### WPROWADZENIE

W latach 1990-2004 spożycie mięsa drobiowego w Polsce wzrastało średnio o 8,2% rocznie. Według prognoz przewidyuje się, że do 2020 roku utrzyma się w tym zakresie tendencja wzrostowa wynosząca 1,5% rocznie, do osiągnięcia spożycia drobiu na poziomie ok. 30 kg/osobę [24].

Wzrost produkcji mięsa drobiowego i jego przetworów wpływa na zwiększenie zapotrzebowania zakładów na nośniki energii i wodę. Istotne znaczenie ma więc określenie efektywności zużycia tych nośników. Racjonalna gospodarka energetyczna pozwala nie tylko na osiąganie lepszych efektów ekonomicznych ale zmniejsza także oddziaływanie zakładów drobiarskich na środowisko przyrodnicze.

Efektywność energetyczna jest stosunkowo nowym pojęciem, jednak w sensie fizycznym wykorzystywanym od wielu lat do oceny energochłonności produkcji. Efektywność w rozumieniu nauk ekonomicznych traktowana jest jako skutek podjętych działań, scharakteryzowany ilorazem uzyskanych efektów do poniesionych nakładów. Oceny efektywności dokonuje się stosując analizę wskaźnikową, w której za pomocą prostych relacji efektu do nakładów wyraża się liczbowo jej poziom.

Zgodnie z Dyrektywą 2006/32/WE efektywność energetyczna wyrażana jest jako stosunek uzyskanych wyników, usług, towarów lub energii do wkładu energii. Jest to definicja analogiczna do stosowanej w ekonomii. Zatem można i w tym przypadku stosować analizę wskaźnikową. W licznych publikacjach do oceny gospodarki energetycznej zakładów przetwórstwa rolno-spożywczego wykorzystuje się wskaźniki jednostkowego zużycia, które wyrażają zużycie energii i wody odniesione do jednostki produkcji lub przerobu surowca. Cytowana powyżej dyrektywa podaje również definicję „poprawy efektywności energetycznej” jako zwiększenie

Tabela 1. Wyniki badań zużycia nośników energii i wody w zakładach przetwórstwa drobiarskiego

Wskaźniki zużycia nośników energii i wody	Oznaczenia i jednostki	Zakres	Średnio	Źródło
Energia elektryczna	$W_e$ [kWh/1000 szt.]	-	670	[9] (FIN)
		600 – 8200	2100	[29] (PL)
		-	370*-930**	[9] (DK)
		-	123,6	[27]
	$W_e$ [MJ/1000 szt.]	15,8 – 24,2	-	[12]
	$W_e$ [kWh/Mg drobiu]	-	490	[9] (FIN)
		160 – 860	-	[9] (Nordic)
		-	210*-240**	[9] (DK)
		35,96 – 330,2	95,13	[27]
		290 – 2400	720	[28] (PL)
$W_e$ [kWh/Mg produktów drobiarskich]	225 – 249	-	[4]	
Energia cieplna	$W_c$ [kWh/1000 szt.]	-	690	[9] (FIN)
		-	220*-970**	[9] (DK)
	$W_c$ [GJ/1000 szt.]	17,7	3,5 – 51,4	[29] (PL)
		-	0,485	[27]
	$W_c$ [kWh/Mg drobiu]	-	500	[9] (FIN)
		30 – 160	-	[9] (Nordic)
		-	120*-250**	[9] (DK)
	$W_c$ [MJ/Mg drobiu]	2084-6710	4276	[28] (PL)
1950-19000		6780	[29] (PL)	
61 - 342		207	[27]	
Energia ogółem	$W_{t1}$ [MJ/Mg drobiu]	628 - 1507	798	[27]
	$W_{t2}$ [MJ/Mg drobiu]	211 – 680	377	[27]
	$W_{t3}$ [MJ/Mg drobiu]	-	1522	[21]
	$W_{t4}$ [kWh/Mg drobiu]	152 - 860	-	[9] (EU)
		330 - 490	-	[9] (DK)
	$W_{t5}$ [kWh/1000 szt.]	590-1870	-	[9] (DK)
$W_{t6}$ [MJ/1000 szt.]	17,83 – 50,36	35,88	[12]	
Paliwo umowne	$W_{ce1}$ [kg c.e./Mg drobiu]	21,43 – 51,42	27,93	[27]
	$W_{ce2}$ [kg c.e./Mg drobiu]	7,20 – 23,20	12,86	[27]
Woda	$W_w$ [m3/1000 szt.]	17,9 – 18,7	-	[9] (FIN)
		-	16,1*-43,0**	[9] (DK)
		37 – 64	-	[5]
		1,5 – 3,5	-	[19]
		-	7,12	[27]
	$W_w$ [m3/Mg drobiu]	12,8 – 14,0	-	[9] (FIN)
		5,07 – 67,4	-	[9] (EU)
		-	8,6*-10,1**	[9] (DK)
		16,6 – 88,8	38,4	[28] (PL)
		-	43	[29] (PL)
		13 - 20	-	[29] (World)
		1,85 – 5,79	3,06	[27]
		-	20,1	[5]
		0,5 – 1,0	-	[19]

\* – dane dotyczą uboju brojlerów kurzych;

\*\* – dane dotyczą uboju kaczek.

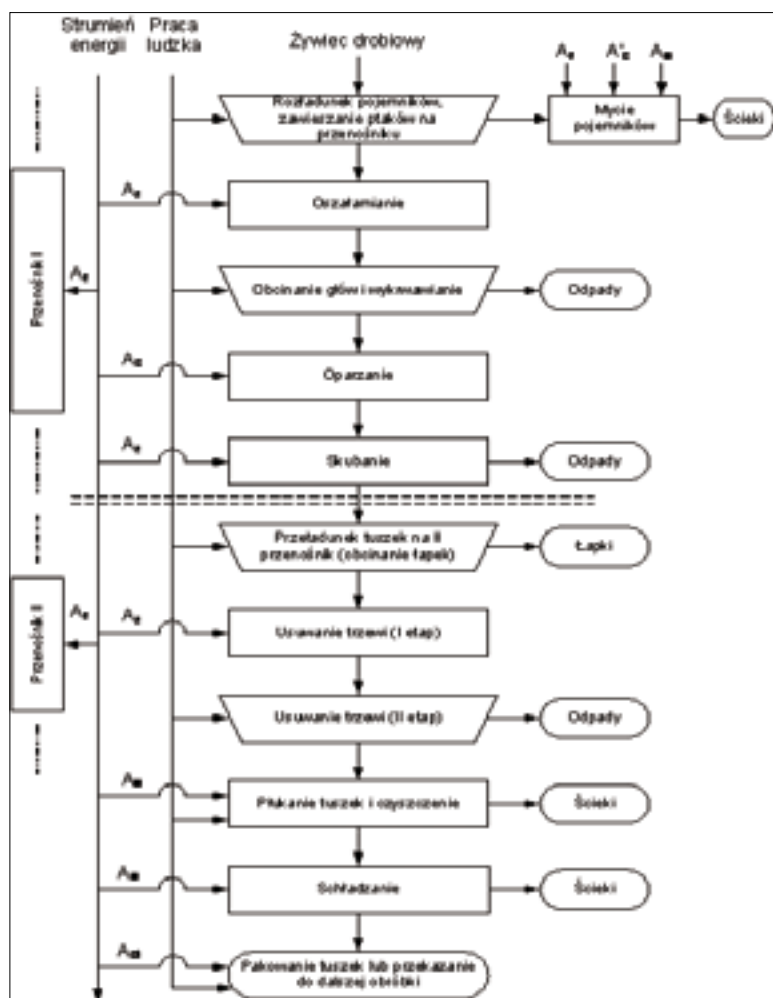
Indeksy dolne t3 – t6 (przy wskaźnikach jednostkowego zużycia energii ogółem) dotyczą wskaźników wyznaczanych różnymi metodami.

W nawiasach podano miejsca prowadzenia badań lub obszar, którego dotyczą; DK – Dania, FIN – Finlandia, Nordic – kraje nordyckie, EU – Unia Europejska (15 pierwszych krajów członkowskich), Word – średnia światowa.

efektywności końcowego wykorzystania energii dzięki zmianom technologicznym, gospodarczym lub zmianom zachowań. W zakładach produkcyjnych efekt ten może być osiągnięty poprzez np. zwiększenie sprawności przemian i przesyłu energii, zmniejszenie jej strat, odzysk energii odpadowej czy stosowanie skojarzonej gospodarki energetycznej [2]. Użytkuje się to często na drodze zmian w technologii i organizacji produkcji przy zapewnieniu takiego samego lub wyższego poziomu produkcji lub usług. Powyższe działania można

uznać za ekoefektywność prowadzącą do poprawy wyników środowiskowych polegających na poszanowaniu energii, zmniejszeniu zużycia zasobów naturalnych, redukcji emisji zanieczyszczeń oraz ograniczaniu ilości wytwarzanych odpadów na każdym etapie produkcji i przetwarzania drobiu [16, 17, 20, 25].

Zapotrzebowanie na nośniki energii w zakładach przetwórstwa drobiarskiego zależy głównie od: wielkości i struktury przerobu, termofizycznych właściwości surowca, stosowanych



Rys. 1. Model technologii uboju drobiu.

technologii produkcji, stopnia zmechanizowania operacji produkcyjnych, udziału pracy ludzkiej oraz stopnia wykorzystania zdolności przerobowej, co znajduje potwierdzenie w publikacjach [3, 7, 11, 13, 22, 23, 27]. Zapotrzebowanie na nośniki energii i wodę jest uwzględniane m. in. w pozwoleniu zintegrowanym stanowiącym kompleksowy zbiór wymagań i zasad wpływających na efektywną ochronę środowiska z uwzględnieniem najlepszych dostępnych technik produkcyjnych [8, 28, 29].

Źródłem informacji na temat energochłonności zakładów przetwórstwa drobiarskiego w Polsce i na świecie mogą być publikacje [9, 18]. Podają one wprawdzie wartości wskaźników jednostkowego zużycia energii i wody, jednak nie wyjaśniają w pełni przyczyn zmienności zużycia nośników energii i wody w tego typu zakładach. Dla pełniejszej analizy otrzymanych wyników przeprowadzono twórczą syntezę dostępnego piśmiennictwa, której efekty przedstawia tabela 1.

**Celem pracy prezentowanej w artykule było wyznaczenie energochłonności produkcji badanych zakładów oraz ich efektywności energetycznej.** Otrzymane wyniki porównano z danymi zawartymi w dostępnym piśmiennictwie, których syntezę stanowi tabela nr 1.

## MATERIAŁ I METODYKA

Materiał badawczy pochodzi z dziewięciu zakładów przetwórstwa drobiarskiego, których zdolności przerobowe zawierały się w przedziale od 165-230 Mg żywności drobiowej

na dobę. Masa ubijanego drobiu  $Z$  w okresie badawczym wynosiła od 19067 do 45785 Mg rocznie co wymagało zużycia od 6,07 do 13,96 GWh energii elektrycznej. Osiągnięcie celu pracy wymagało m. in. opracowania modelu zakładu przetwórstwa drobiarskiego uwzględniającego dostarczenie różnych rodzajów energii, wody, surowców oraz pracy ludzkiej, co przedstawiono na rysunku nr 1.

Prezentowany schemat (rys. 1) obejmuje zakres wskaźnika technologicznego czyli nie uwzględnia zużycia energii na inne cele związane z funkcjonowaniem zakładu. Z punktu widzenia określenia efektywności energetycznej produkcji należy wziąć pod uwagę to dodatkowe zapotrzebowanie na energię, czyli (zgodnie z metodyką prezentowaną w literaturze [26]) uwzględnić zakres wskaźnika zakładowego.

Dotychczasowe nieliczne prace [np. 4, 5] przedstawiają najczęściej odrębnie zużycie energii cieplnej, elektrycznej i wody lub zużycie energii ogółem [27]. Należy zaznaczyć, że z punktu widzenia poprawy efektywności energetycznej technologii lub całego zakładu istotne jest posługiwanie się różnymi zakresami wskaźników, gdyż pozwala to na określenie zmian zarówno dla poszczególnych nośników jak też dla ogólnego zużycia energii. Do opracowania wyników posłużono się m. in. analizą wskaźnikową uwzględniającą:

zakładowe wskaźniki jednostkowego zużycia (energochłonność jednostkowa):

- energii elektrycznej

$$W_e = A_e \cdot Z^{-1} \text{ [kW}\cdot\text{h/Mg drobiu]}$$

- energii cieplnej

$$W_c = A_c \cdot Z^{-1} \text{ [GJ/Mg drobiu]}$$

- wody

$$W_w = A_w \cdot Z^{-1} \text{ [m}^3\text{/Mg drobiu]}$$

- energii ogółem (uwzględniając relację  $1\text{ kW}\cdot\text{h}=0,012\text{ GJ}$ )

$$W_{11} = A_{11} \cdot Z^{-1} = (0,012 \cdot A_e + A_c) \cdot Z^{-1} \text{ [GJ/Mg drobiu]}$$

- energii ogółem (uwzględniając relację  $1\text{ kW}\cdot\text{h}=0,0036\text{ MJ}$ )

$$W_{12} = A_{12} \cdot Z^{-1} = (0,0036 \cdot A_e + A_c) \cdot Z^{-1} \text{ [GJ/Mg drobiu]}$$

Analizując powyższe zależności można sformułować następujący zapis:

$$\text{efektywność energetyczna} = \frac{1}{\text{energochłonność jednostkowa}}$$

Prezentowane w formie wskaźników jednostkowego zużycia energii wyniki badań nad energochłonnością różnych zakładów przetwórstwa drobiarskiego można bez skomplikowanych procedur wyrazić w postaci efektywności energetycznej w zakresie zużycia:

- energii elektrycznej

$$E_e = Z \cdot A_e^{-1} \text{ [Mg drobiu/kW}\cdot\text{h]}$$

- energii cieplnej

$$E_c = Z \cdot A_c^{-1} \text{ [Mg drobiu/GJ]}$$

- energii ogółem

$$E_{11} = Z \cdot A_{11}^{-1} \text{ lub } E_{12} = Z \cdot A_{12}^{-1} \text{ [Mg drobiu/GJ]}$$

Powyższe rozważania przedstawiają ilościowe podejście do omawianego zagadnienia nie dając pełnej informacji na temat czynników, które mogą decydować o np. podwyższonej energochłonności. Informacje te może dostarczyć ustalenie równań regresji. W tym zakresie stosuje się najczęściej prostą regresję liniową lub regresję wielokrotną pozwalającą na wykazanie wpływu wielu czynników (zmiennych niezależnych) na zużycie energii bądź wody traktowane jako zmienna zależna. Dotychczasowe badania wykazały, że czynnikiem o największej przydatności do modelowania (tworzenia modeli regresyjnych) zużycia nośników energii jest wielkość przerobu ( $Z$ ) [4, 27].

W celu określenia wpływu wielkości przerobu drobiu ( $Z$ ) na zużycie nośników energii ( $A$ ) będące rzeczywistą wielkością obserwowaną w praktyce przyjęto równanie:

$$A = b + aZ$$

w którym:  $A$  – zużycie nośników energii (zmienna objaśniana -  $A_e, A_c, A_w$ ),  $Z$  – wielkość przerobu drobiu (zmienna objaśniająca).

Przy spełnieniu warunków:

$$aZ \geq b \text{ oraz } Z \geq 0$$

stosowanie otrzymanych równań regresji z uwzględnieniem współczynników korelacji ( $r$ ) i determinacji ( $R^2$ ) pozwala częściowo wyjaśnić stopień omawianego zagadnienia.

Jako zmienne zależne w równaniach regresji można stosować również wielkości będące funkcjami zużycia bezpośrednich nośników energii wyrażonymi np. w postaci zakładowych wskaźników jednostkowego zużycia energii lub wody ( $W_e, W_c, W_w$ ).

## WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 2 przedstawiono wyniki analiz wskaźnikowych zmienności dobowego zużycia nośników energii i wody oraz efektywność energetyczną przetwórstwa drobiarskiego w badanych zakładach.

**Tabela 2.** Wyniki analizy wskaźnikowej zużycia energii i wody dla okresu rocznego

Wskaźniki	Jednostka	Wartość		
		minimalna	maksymalna	średnia
At1	GJ	104924	268159	168313
At2	GJ	53914,2	150903,4	94875,8
We	kWh/Mg	214,04	388,21	303,68
Wc	GJ/Mg	1,204	3,290	2,135
Ww	m <sup>3</sup> /Mg	7,412	13,245	11,184
Wt1	GJ/Mg	3,891	7,948	5,779
Wt2	GJ/Mg	2,093	4,687	3,228
Ee	kg/kWh	2,6	4,7	3,4
Ec	kg/GJ	304,0	830,5	518,0
Et1	kg/GJ	213,3	477,7	328,0
Et2	kg/GJ	125,8	257,0	179,4

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań.

W badanych zakładach wskaźniki jednostkowego zużycia energii elektrycznej zawierały się w granicach od 214,04 do

388,21 kWh/Mg ubitego drobiu (średnio 303,68). Porównując otrzymane wyniki do danych literaturowych (tab. 1) można stwierdzić, że dla warunków polskich wskaźnik ten przyjmował średnio 2,4 razy niższe wartości niż dla analogicznych, uzyskiwanych we wcześniejszych latach. Podobnie wyższą wartość wskaźnika rejestrowano w zakładach fińskich. Lepsze wykorzystanie energii elektrycznej odnotowano w jednym z krajowych zakładów drobiarskich o małej zdolności przerobowej [27] oraz w warunkach przemysłu duńskiego.

Wskaźnik jednostkowego zużycia energii cieplnej dla badanych zakładów wynosił średnio 2,135 GJ/Mg ubitego drobiu. Odnosząc otrzymane wyniki do danych zawartych w literaturze można stwierdzić ponad dwukrotnie lepsze wykorzystanie ciepła niż miało to miejsce we wcześniejszych badaniach zakładów tego typu [28, 29]. Z danych przedstawionych przez Wojdalskiego i in. wynika, że mała ubojnia drobiu zużywała ponad 10-cio krotnie mniej ciepła na jednostkę masy ubitego drobiu [27].

Największe problemy interpretacyjne stwarza porównanie wskaźników jednostkowego zużycia energii ogółem. Wynika to z faktu stosowania różnych metodyk ich obliczania. Średnia wartość wskaźnika  $W_{it}$  w badanych zakładach wynosiła 5,78 GJ/Mg ubitego drobiu i w odniesieniu do wyników zawartych w pracy Wojdalskiego i in. była ponad siedmiokrotnie wyższa [27].

Z danych zawartych w tabelach 1 i 2 wynika, że wskaźniki jednostkowego zużycia wody dla różnych warunków produkcyjnych charakteryzują się dużą rozbieżnością. Obliczone wskaźniki  $W_w$  w badanych zakładach zawierały się w granicach 7,4-13,2 m<sup>3</sup>/Mg ubitego drobiu. W porównaniu do zakładów zlokalizowanych np. w Finlandii wartość maksymalnego jednostkowego zużycia wody dla badanych ubojni drobiu jest nieznacznie wyższa. Odnosząc się do wyników uzyskiwanych w innych krajach Unii Europejskiej wartości tego wskaźnika mogą być wyższe nawet pięciokrotnie.

Efektywność energetyczna wykorzystania energii elektrycznej ( $E_e$ ) w polskich zakładach przetwórstwa drobiarskiego w latach 90-tych XX wieku wynosiła średnio 1,39 kg/kWh. Na podstawie wyników niniejszej pracy można stwierdzić fakt poprawy efektywności energetycznej dla tego nośnika do poziomu 3,39 kg/kWh, a dla małego zakładu drobiarskiego nawet do 10,5 kg/kWh. Podobne zjawisko występuje w zakresie wykorzystania energii cieplnej. Świadczy to o postępie technicznym i technologicznym jaki nastąpił w polskich zakładach przetwórstwa drobiarskiego.

Wykorzystując analizę statystyczną zebranego materiału otrzymano równania regresji liniowej wyrażające zmienność zużycia energii i wody, które przedstawiono w tabeli 3.

**Tabela 3.** Wpływ wielkości przerobu drobiu ( $Z$ ) na zużycie nośników energii

L.p.	Równanie regresji	$R^2$
1.	$A_e = 0,262 \cdot Z + 1130,5$	0,708
2.	$A_c = 2,688 \cdot Z - 14866$	0,605
3.	$A_{it} = 5,826 \cdot Z - 1299,4$	0,713
4.	$A_{i2} = 3,63 \cdot Z - 10796$	0,668
5.	$A_w = 9,459 \cdot Z + 42910$	0,614
6.	Dla $W_e, W_c, W_w, W_{it}, W_{i2}$ – regresja nieistotna	

Analiza równań regresji zawartych w tabeli 3 potwierdza tezę o dużej przydatności wielkości przerobu (masy ubitego drobiu)  $Z$  do budowy modeli regresyjnych opisujących gospodarkę energią. Masa przerabianego drobiu wpływała w największym stopniu na zużycie energii ogółem  $A_{ii}$  (w 71,3%). Podobnie wysoki poziom współczynnika determinacji ( $R^2=0,708$ ) świadczy o istotnym wpływie przerobu drobiu ( $Z$ ) na zużycie energii elektrycznej. Dobowe zużycie wody było w 61,4% wyjaśnione przez liczbę ubitego drobiu. Analiza wpływu przerobu surowca (uboju drobiu) na wskaźniki jednostkowego zużycia energii i wody nie wykazała istotnej korelacji między tymi zmiennymi, co może świadczyć o możliwościach dalszej racjonalizacji zużycia energii.

Wyniki zawarte w pracy mogą posłużyć do porównań z wynikami innych zakładów przetwórstwa drobiarskiego [1, 12, 14, 15, 30] oraz stanowią uzupełnienie bazy danych na temat energochłonności niezbędnej do określania np. Najlepszych Dostępnych Technik (BAT) czy standardów środowiskowych. Wykorzystane w pracy metody badawcze mogą być przydatne np. przy opracowaniu systemu monitorowania i gromadzenia danych niezbędnych do zwiększenia racjonalności wykorzystania energii czyli poprawy efektywności energetycznej tego typu zakładów.

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzona w niniejszej pracy analiza energochłonności zakładów drobiarskich wykazała wzrost efektywności energetycznej charakteryzującej funkcjonowanie przedsiębiorstw tego typu w Polsce lat 90-tych XX wieku. Porównanie otrzymanych wyników z danymi literaturowymi dla krajów UE potwierdziło istniejące możliwości poprawy wykorzystania nośników energii oraz wody. Synteza dostępnych źródeł pozwoliła na postawienie tezy o wyższej efektywności energetycznej małego zakładu uboju drobiu, co wynika głównie z optymalnego wykorzystania posiadanych zdolności przerobowych. Otrzymane równania regresji wykazały wysoką korelację między przerobem surowca a zużyciem energii i wody. Przeprowadzone badania pozwoliły nie tylko na porównanie energochłonności różnych zakładów ale stanowią także podstawę metodyczną do prowadzenia aktywnego monitoringu zużycia energii niezbędną do oceny zmian efektywności energetycznej – jednego z priorytetów polityki energetycznej Polski na najbliższe lata. Zaprezentowany materiał może być również przydatny do opracowania BAT (Najlepszych Dostępnych Technik) dla branży drobiarskiej w Polsce.

## LITERATURA

- [1] AMORIM A.K.B., DE NARDI I.R., DEL NERY V., 2007, *Water conservation and effluent minimization: Case study of a poultry slaughterhouse*. Resources, Conservation & Recycling, 51, 93-100.
- [2] BIANCHI M., CHERUBINI F., DE PASCALE A., PERETTO A., ELMGAARD B., 2006, *Cogeneration from poultry industry wastes: Indirectly fired gas turbine application*. Energy, 31, 1417-1436.
- [3] CORRY J.E.L., JAMES S. J., PURNELL G., BARBEDO-PINTO C.S., CHOCHOIS Y., HOWELL M., JAMES C., 2007, *Surface pasteurization of chicken carcasses using hot water*. Journal of Food Engineering, 79, 913-919.
- [4] DRÓZDZ B., WOJDALSKI J., 2004, *Selected aspects of energy consumption in poultry processing plants. Annals of Warsaw Agricultural University, Agriculture (Agricultural Engineering), Warsaw, 45, 69-74.*
- [5] DRÓZDZ B., WOJDALSKI J., SAWICKI J., GUJSKI G., 2006, *Czynniki technologiczne wpływające na zużycie wody w zakładzie przetwórstwa drobiarskiego*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, Wyższa Szkoła Menedżerska, Warszawa, 1, 51-54.
- [6] DYREKTYWA 2006/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych oraz uchylająca dyrektywę Rady 93/76/EWG.
- [7] FRITZSON A., BERTSSON TH., 2006, *Energy efficiency in the slaughter and meat processing industry – opportunities for improvements in future energy markets*. Journal of Food Engineering, 77, 792-802.
- [8] GUIDANCE FOR THE POULTRY PROCESSING SECTOR. 2003, Environment Agency. Bristol ([www.environment-agency.gov.uk](http://www.environment-agency.gov.uk)).
- [9] IFC – WORLD BANK GROUP. 2007. *Environmental, Health, and Safety Guidelines for Poultry Processing*. April 30, 1-18.
- [10] JAISWALL S., BENSON E.R., BERNARD J.C., VAN WICKLEN G.L. 2005. *Neural Network Modelling and Sensitivity Analysis of a Mechanical Poultry Catching System*. Biosystems Engineering, 92 (1), 59-68.
- [11] JAMES C., VINCENT C., DE ANDRADE LIMA T.I., JAMES S.J. 2006. *The primary chilling of poultry carcasses – a review*. International Journal of Refrigeration, 29, 847-862.
- [12] JEKAYINFA S. O. 2007. *Energetic Analysis of Poultry Processing Operations*. Leonardo Journal of Sciences, Issue 10, 77-92.
- [13] MARCOTTE M. TAHERIAN A.R., KARIMI Y. 2008. *Thermophysical properties of processed meat and poultry products*. Journal of Food Engineering, 88, 315-322.
- [14] MATSUMURA E.M., MIERZWA J.C. 2008. *Water conservation and reuse in poultry processing plant – A case study*. Resources. Conservation and Recycling, 52, 835-842.
- [15] NERY V., DE NARDI I.R., DAMIANOVIC M.H.R.Z., POZZI E., AMORIM A.K.B., ZAIAI M. 2007. *Long-term operating performance of a poultry slaughterhouse wastewater treatment plant*. Resources. Conservation & Recycling, 50, 102-114.
- [16] PAGAN R., RENOUF M., PRASAD P. 2002. *Eco-efficiency manual for meat processing*. Meat and Livestock Australia Ltd..
- [17] PELLETIER N. 2008. *Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions*. Agricultural Systems, 98, 67-73.
- [18] RAMIREZ C.A., PATEL M., BLOK K. 2006. *How much energy to process one pound of meat? A comparison of energy use and specific energy consumption in the meat industry of four European countries*. Energy, 31, 2047-2063.

- [19] **Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 19 czerwca 2004 r. w sprawie wymagań weterynaryjnych przy produkcji mięsa drobiowego.** Dz.U. nr 156 poz. 1636.
- [20] **SALMINEN E., RINTALA J. 2002.** *Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste – a review.* *Bioresource Technology*, 83, 13-26.
- [21] **SINGH R.P. 1986.** *Energy accounting of food processing operations* (in *Energy in Food Processing*. Elsevier. Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo, 26).
- [22] **SOMSEN D., CAPELLE A., TRAMPER J. 2004. A.** *Production yield analysis – a new systematic method for improvement of raw material yield.* *Trends in Food Sciences & Technology*, 15, 267-275.
- [23] **SOMSEN D., CAPELLE A., TRAMPER J. 2004. B.** *Production yield analysis in the poultry processing industry.* *Journal of Food Engineering*, 65, 479-487.
- [24] **STAŃKO S. 2009.** *Podaż i popyt w Europie a perspektywy produkcji rolniczej w Polsce.* *Biuletyn Informacyjny ARR*, Warszawa, 4 (214), 45.
- [25] **TRUCHLIŃSKI J., PODGÓRSKI W., KOPER R., LEBIEDOWICZ W. 2001.** *Bioenergetyczne aspekty produkcji brojlerów kurzych.* MOTROL, Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, Tom IV. Lublin, 333-340.
- [26] **WOJDALSKI J., DRÓZDŹ B. 2006.** *Podstawy analizy energochłonności produkcji zakładów przemysłu rolno-spożywczego.* MOTROL, Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, Tom 8A. Lublin, 294-304.
- [27] **WOJDALSKI J., DRÓZDŹ B., POWĘZKA A. 2009.** *Effectiveness of energy and water consumption in a poultry processing plant.* *TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture.* Polish Academy of Sciences Branch in Lublin (TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. Polska Akademia Nauk oddział w Lublinie), Lublin, vol. IX, 395-402.
- [28] **WS ATKINS INT., 1998A.** *Ochrona środowiska w przemyśle drobiarskim.* FAPA, Warszawa, 60.
- [29] **WS ATKINS INT. 1998B.** *Ochrona środowiska w przemyśle rolno-spożywczym. Standardy środowiskowe.* FAPA, Warszawa, 37-41, 78, 82, 85, 87, 105.
- [30] **YETILMEZSOY K., SAKAR S. 2008.** *Development of empirical models for performance evaluation of UASB reactors treating poultry manure wastewater under different operational conditions.* *Journal of Hazardous Materials*, 153, 532-543.

## ELECTRICAL ENERGY AND WATER CONSUMPTION IN POULTRY PROCESSING PLANTS

### SUMMARY

*This paper comprises a synthesis of the outcome of research available on electrical energy and water consumption in poultry processing plants, obtained as a result of applying various research techniques. The methodology and research outcome were presented with respect to variability of electrical energy and water consumption in Polish poultry processing plants with different annual poultry throughput values. The impact of poultry throughput on consumption of electrical energy and water carriers was explained. The outcome obtained supplements the up-to-date knowledge and progress levels in reducing energy carriers consumption. These results can be used for the determination of environmental standards, energetic effectiveness, eco-effectiveness, and forecasting the energy carriers consumption - decisive factors with respect to manufacturing costs.*

**Key words:** *poultry processing, energy, water, energetic effectiveness.*