

Wpłynęło 02.09.2014 r.
Zrecenzowano 22.09.2014 r.
Zaakceptowano 06.10.2014 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

Efektywność nakładów materiałowo-energetycznych w gospodarstwie rolnym

Zdzisław WÓJCICKI¹⁾ A^{CDF}, Barbara RUDEŃSKA²⁾ BE

¹⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Warszawie, Zakład Analiz Ekonomicznych i Energetycznych

²⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Mazowiecki Ośrodek Badawczy w Kłudzienku, Zakład Inżynierii Produkcji Roślinnej

Streszczenie

Przedstawiono wyniki analizy efektywności nakładów materiałowo-energetycznych wyrażonych w GJ (gigadżul), ponoszonych na produkcję rolniczą wyrażoną w JZ (jednostka zbożowa) w gospodarstwie rodzinnym o powierzchni 45 ha UR. Badania efektywności nakładów i energochłonności energetycznej produkcji prowadzono metodą stosowaną w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym (ITP). W badanym gospodarstwie produkcja globalna wynosiła 9921 JZ, a towarowa 5488 JZ, natomiast skumulowane nakłady energetyczne – 4382,4 GJ. W strukturze tych nakładów największą pozycję stanowią usługi techniczne i inne (19,8%), a w dalszej kolejności inwestycje odtworzeniowe (17,1%) oraz nawozy i inne agrochemikalia (15,9%). Przeliczona na jednostki energetyczne (GJ) produkcja globalna wynosiła 11 330,4 GJ, a produkcja towarowa – 7051,0 GJ. Energochłonność energetyczna produkcji towarowej ogółem wynosiła 1,228 GJ·GJ⁻¹, w tym towarowej produkcji roślinnej 1,820 GJ·GJ⁻¹ i towarowej produkcji zwierzęcej 1,087 GJ·GJ⁻¹. Oznacza to, że aby uzyskać produkcję towarową o wartości jednej jednostki energetycznej trzeba ponieść nieco większy nakład energetyczny, jeśli chodzi o towarową produkcję zwierzęcą, i zdecydowanie większy w przypadku towarowej produkcji roślinnej. Nieefektywne energetycznie staje się przetwarzanie surowców żywnościowych na biogaz i inne biopaliwa, pomimo tego, że produkty rolne są odnawialnymi nośnikami energii (OZE).

Słowa kluczowe: rolnictwo, gospodarstwo, nakłady, efektywność, energochłonność, metoda



Wstęp

Badaniami nakładów pracy i energii ponoszonych w produkcji rolniczej zajmujemy się od początku (1950 r.) powstania Instytutu Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa (IMER), a potem Instytutu Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa (IBMER) i Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego (ITP) [WÓJCICKI 1962; 1968]. Ustalaliśmy m.in. przeliczniki do sumowania nakładów pracy ludzi (R) i koni (K) oraz wykorzystywanych ciągników (C) i innych silników (S), pozwalające określać wskaźniki (stopnie) mechanizacji i motoryzacji [ZAREMBA 1977; 1986].

Z inicjatywy prof. Romana Fąfary przeprowadzono szerokie badania energochłonności wielu produktów roślinnych i zwierzęcych na podstawie nowej metodyki badania nakładów materiałowo-energetycznych, wyrażanych w energetycznych jednostkach J (dżulach) i ich pochodnych [ANUSZEWSKI i in. 1979].

Do analiz energetycznych niezbędne były umowne, ciągle aktualizowane przeliczniki produkcji na jednostki zbożowe (JZ) i przeliczniki nakładów na MJ czy GJ [WÓJCICKI 2001; 2007; 2015].

Badaniami potrzeb paliwowo-energetycznych rolnictwa, nakładami materiałowo-energetycznymi oraz energochłonnością produkcji rolniczej zajmowało się w IBMER wielu autorów, m.in.: GOLKA [2006; 2014]; GOLKA, PTASZYŃSKI [2014]; GOLKA, WÓJCICKI [2006; 2009; 2010]; HRYNIEWICZ i in. [2000]; KUREK [2011]; KUREK, WÓJCICKI [2011]; MUZALEWSKI [2008; 2010]; PAWLAK [2006; 2012a, b; 2013a, b]; PTASZYŃSKI i in. [2014]; SZEPTYCKI (red.) [2005]; SZEPTYCKI, WÓJCICKI [2003] i inni.

Badania substancji naturalnych (pierwotnych) i biologicznych nośników energii stają się znów aktualne w związku z potrzebą zwiększania wykorzystywania odnawialnych zasobów energii (OZE) i stosowania biomasy rolniczej i leśnej w energetyce.

Istnieje problem racjonalnego i efektywnego wykorzystania produktów rolniczych w gospodarce energetycznej tak, aby równocześnie nie powodować zmniejszania naszego bezpieczeństwa żywnościowego.

W ramach tego problemu podjęto próbę analizy techniczno-ekonomicznej efektywności nakładów materiałowo-energetycznych w gospodarstwie rolnym, w celu oszacowania poziomu energochłonności jego produkcji roślinnej i zwierzęcej. Wykorzystano wyniki dochodowej działalności zmodernizowanego modelowego gospodarstwa rodzinnego o powierzchni 45 ha UR oraz chowie 40 krów mlecznych i 26,5 DJP pozostałego bydła [WÓJCICKI 2010a, b; 2015].

Metodyka analiz energetycznych

Do uzyskania rolniczej produkcji globalnej i towarowej trzeba ponieść określone nakłady materiałowo-energetyczne. Zarówno uzyskaną produkcję (efekty), jak i poniesione nakłady, można oszacować w jednostkach pieniężnych (zł), jak i w umownych jednostkach zbożowych (JZ) lub umownych jednostkach energetycznych (GJ, MJ, kWh). Przeliczniki tych umownych jednostek są aktualizowane i okresowo publikowane [WÓJCICKI 2001; 2007; 2015].

Efektywność ekonomiczna ($E_f ek$) to stosunek uzyskanych efektów (E) do poniesionych nakładów (N) w $JZ \cdot GJ^{-1}$:

$$E_f ek = \frac{E}{N} \quad (1)$$

Odwrotnością efektywności ekonomicznej jest energochłonność ($E_n ek$), nakładochłonność, pracochłonność i inne ($E_n ek$) w $GJ \cdot JZ^{-1}$:

$$E_n ek = \frac{N}{E} \quad (2)$$

Chcąc określić efektywność energetyczną ($E_f en$) i energochłonność energetyczną ($E_n en$), trzeba efekty (E) i nakłady (N) oszacować w umownych jednostkach energetycznych (np. GJ). Wtedy efektywność energetyczna ($GJ \cdot GJ^{-1}$):

$$E_f en = \frac{E}{N} \quad (3)$$

a energochłonność energetyczna ($GJ \cdot GJ^{-1}$):

$$E_n en = \frac{N}{E} \quad (4)$$

i wyrażone są w $GJ \cdot GJ^{-1}$.

Jeżeli stosunek E/N jest większy od 1 lub 100%, to efektywność energetyczna jest dodatnia (+), a jeśli jest mniejsza od 1 lub 100%, to efektywność energetyczna jest ujemna (-).

Odwrotnie, jeśli stosunek N/E jest mniejszy od 1 lub 100%, to energochłonność energetyczna jest dodatnia (+), a jeśli jest większy od 1 lub 100%, to energochłonność energetyczna jest ujemna (-), to znaczy aby uzyskać jednostkę produkcji (efektu) o wartości energetycznej równej 1 GJ trzeba ponieść nakłady energetyczne większe od 1 GJ.

Badania efektywności nakładów materiałowo-energetycznych odnosi się najczęściej w stosunku do całorocznej działalności gospodarstwa rolnego uzyskującego produkcję globalną (g) i towarową (t), z podziałem na produkcję roślinną (g_r , t_r) i zwierzęcą (g_z , t_z).

Efekty produkcji można szacować w umownych jednostkach zbożowych (JZ) lub umownych jednostkach energetycznych (GJ). Różnica wartości produkcji globalnej i towarowej stanowi wewnętrzne zużycie materiałowe, które w części trzeba przypisać do produkcji roślinnej, a w części do produkcji zwierzęcej (tab. 1).

Nakłady materiałowo-energetyczne (N) ponoszone w gospodarstwie rolnym (tab. 2) dzieli się na:

- zakup produktów pochodzenia rolniczego (N_1),
- zakup nawozów i innych agrochemikaliów (N_2),

Tabela 1. Produkcja globalna i towarowa w modelowym gospodarstwie rodzinnym
 Table 1. Gross output and commercial production in model family farm

Rodzaj produkcji Kind of production	Produkcja globalna Gross output	Produkcja towarowa Commercial production	Zużycie w produkcji Energy consumption		Uwagi Notes
			roślinnej crop	zwierzęcej livestock	
[JZ]					
Pszenica ozima Winter wheat	440	380	–	60	słoma straw
Rzepak ozimy Winter rape	495	450	45	–	słoma straw
Pszenżyto ozime Winter triticale	407	350	–	57	słoma straw
Kukurydza na kiszonkę Maize for silage	585	–	–	585	kiszonka silage
Jęczmień jary Spring barley	375	330	–	45	słoma straw
Koniczyna z trawami Clover-grass	1 280	–	–	1 280	zielonka i kiszonka green crop and silage
Poplon (mulcz) Catch crop (mulch)	220	–	220	–	mulcz mulch
Łąki – zielonka Meadow – green crop	490	–	–	490	siano i sianokiszonka hay and hay-silage
Pastwiska – zielonka Grasslands – green crop	490	–	–	490	zielonka green crop
Razem produkcja roślinna Crop production total	4 782	1 510	265	3 007	–
Mleko Milk	3 240	3 204	–	36	siara collostrum
Żywiec wołowy Slaughter cattle	1 224	774	–	450	przyrost stada increase of livestock population
Obornik Manure	150	–	150	–	nawożenie fertilization
Gnojowica Slurry	420	–	420	–	nawożenie fertilization
Gnojówka i woda gnojowa Liquid manure and thin slurry	105	–	105	–	nawożenie fertilization
Razem produkcja zwierzęca Livestock production total	5 139	3 978	675	486	–
Ogółem produkcja rolnicza Agricultural production total	9 921	5 488	940	3 493	–

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

- paliwo, oleje, smary i energię elektryczną (N_3),
- zakupione i zużyte materiały (N_4),
- usługi techniczne i inne (N_5),
- inwestycje odtworzeniowe (N_6),
- pracę własną i najemną (N_7).

Tak więc nakłady materiałowo-energetyczne (N_{me}) to:

$$N_{me} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7 \quad (5)$$

wyrażone w jednostkach energetycznych (GJ).

W przypadku trudności z ustaleniem przelicznika poniesionych nakładów na GJ, jak i w przypadku amortyzacji środków trwałych, niektórych materiałów i usług, stosowano przeliczenie wartości pieniężnej na wartości energetyczne w relacji 100 zł·GJ⁻¹, wynikającej w uproszczeniu z wartości zboża i mleka.

Wyniki badań

Bilansowe zestawienie wartości produkcji globalnej i towarowej w badanym modelowym gospodarstwie, wyrażonej w jednostkach zbożowych (JZ), przedstawiono w tabeli 1.

Gospodarstwo uzyskuje produkcję globalną 9921 JZ, to jest 220,5 JZ·ha⁻¹ UR. Z produkcji tej 5488 JZ, tj. 122,0 JZ·ha⁻¹ UR, czyli 55,3% stanowi produkcja towarowa. W strukturze ogólnej produkcji globalnej 48,2% stanowi produkcja roślinna, a 51,8% produkcja zwierzęca. W globalnej produkcji roślinnej dominują rośliny na pasze objętościowe, a w produkcji zwierzęcej mleko.

Z łącznego zużycia wewnętrznego, wynoszącego 4433 JZ, na produkcję roślinną przypada 21,2%, a na produkcję zwierzęcą 78,8% (tab. 1).

Ogółem nakłady materiałowo-energetyczne w modelowym gospodarstwie wyniosły 4382,4 GJ, w tym na produkcję roślinną przypada 1916,1 GJ, a na zwierzęcą 2466,3 GJ (tab. 2).

W strukturze nakładów materiałowo-energetycznych wyrażonych w GJ największą pozycję stanowią: usługi techniczne i inne (19,8%), inwestycje odtworzeniowe (amortyzacja) (17,1%) oraz nawozy i inne agrochemikalia (15,9%) (rys. 1).

W przeliczeniu na ha UR nakłady energetyczne wynosiły 97,39 GJ, a w przeliczeniu na JZ – 442 MJ.

Efektywność ekonomiczna ($E_f ek$) uzyskiwanej produkcji (efektów) i ponoszonych nakładów (JZ·GJ⁻¹) kształtowała się następująco:

$$\text{– produkcja globalna } E_f ek/g = \frac{9921}{4382,4} = 2,264;$$

$$\text{– produkcja towarowa } E_f ek/t = \frac{5488}{4382,4} = 1,252;$$

$$\text{– globalna produkcja roślinna } E_f ek/g_r = \frac{4782}{1916,1} = 2,496;$$

Tabela 2. Nakłady materiałowo-energetyczne na produkcję rolniczą w gospodarstwie 45 ha UR

Rodzaj nakładu (produktu)	Poniesione nakłady	Przelicznik	Nakłady energetyczne	W tym na produkcję	
				roślinną	zwierzęcą
[GJ]					
Zakup nasion zbóż	3,0 t	11 GJ·t ⁻¹	33,0	33,0	–
Zakup innych nasion	0,8 t	30 GJ·t ⁻¹	24,0	24,0	–
Zakup pasz treściwych	85,3 t	13 GJ·t ⁻¹	110,9	–	110,9
Zakup koncentratów i innych paszowych	48,3 t	22 GJ·t ⁻¹	106,3	–	106,3
Razem produkty pochodzenia rolniczego	–	–	274,2	57,0	217,2
Nawozy azotowe (N)	5,8 t	77 GJ·t ⁻¹	446,6	446,6	–
Nawozy fosforowe (P ₂ O ₅)	1,3 t	15 GJ·t ⁻¹	19,5	19,5	–
Nawozy potasowe (K ₂ O)	5,7 t	10 GJ·t ⁻¹	57,0	57,0	–
Wapno nawozowe (CaO)	12,0 t	7 GJ·t ⁻¹	72,0	72,0	–
Środki ochrony roślin (SA)	50 kg	300 MJ	15,0	15,0	–
Środki ochrony zwierząt	50 kg	1 500 MJ	75,0	–	75,0
Środki czystości	80 kg	135 MJ	10,8	–	10,8
Razem nawozy i inne agrochemikalia	–	–	695,9	610,1	85,8
olej napędowy	5,4 t	48 GJ·t ⁻¹	259,2	130,0	129,2
Oleje, smary i inne	325 kg	137 GJ·t ⁻¹	44,5	22,3	22,2
Energia elektryczna	19,7 kWh	11 GJ·t ⁻¹	216,7	6,7	210,0
Razem energia	–	–	520,4	159,0	361,4
Woda z wodociągu	2 700 t	0,02 GJ·t ⁻¹	54,0	2,0	52,0
Części i materiały do maszyn	31 tys. zł	100 zł·GJ ⁻¹	310,0	250,0	60,0
Materiały do napraw budynków	30 tys. zł	100 zł·GJ ⁻¹	300,0	20,0	280,0
Razem materiały	–	–	664,0	272,0	392,0
Usługi techniczne i inne	86,8 tys. zł	100 zł·GJ ⁻¹	868,0	268,0	600,0
Inwestycje odtworzeniowe	75,1 tys. zł	100 zł·GJ ⁻¹	751,0	400,0	351,0
Praca własna i najemna	6 089 rbh	100 zł·GJ ⁻¹	608,9	150,0	458,9
Razem inne	–	–	2 227,9	818,0	1 409,9
Ogółem nakłady energetyczne	–	–	4 382,4	1 916,1	2 466,3

Źródło: opracowanie własne.

$$\text{– towarowa produkcja roślinna } E_{f ek/t_r} = \frac{1510}{1916,1} = 0,788;$$

$$\text{– globalna produkcja zwierzęca } E_{f ek/g_z} = \frac{5139}{2466,3} = 2,084;$$

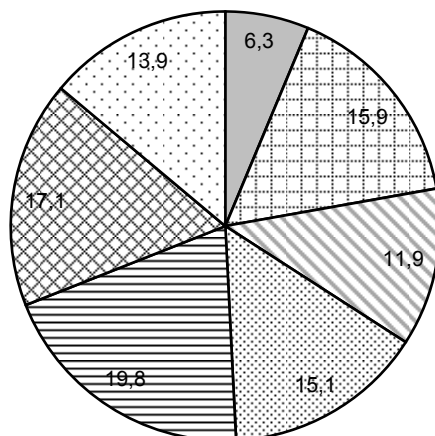
$$\text{– towarowa produkcja zwierzęca } E_{f ek/t_z} = \frac{3478}{2466,3} = 1,613.$$

Table 2. Material and energy inputs for agricultural production in the farm of 45 ha AL

Rodzaj nakładu (produktu) Type of input	Costs incurred	Converter	Energy input	Including the production of	
				crop	livestock
				[GJ]	
Purchase of cereal seeds	3,0 t	11 GJ·t ⁻¹	33,0	33,0	–
Purchase of other seeds	0,8 t	30 GJ·t ⁻¹	24,0	24,0	–
Purchase of nutritive fodder	85,3 t	13 GJ·t ⁻¹	110,9	–	110,9
Purchase of fodder concentrates	48,3 t	22 GJ·t ⁻¹	106,3	–	106,3
Agricultural products total	–	–	274,2	57,0	217,2
Nitrogenous fertilizers (N)	5,8 t	77 GJ·t ⁻¹	446,6	446,6	–
Phosphatic fertilizers (P ₂ O ₅)	1,3 t	15 GJ·t ⁻¹	19,5	19,5	–
Potassium fertilizers (K ₂ O)	5,7 t	10 GJ·t ⁻¹	57,0	57,0	–
Lime fertilizer (CaO)	12,0 t	7 GJ·t ⁻¹	72,0	72,0	–
Plant protection means	50 kg	300 MJ	15,0	15,0	–
Animal protection means	50 kg	1 500 MJ	75,0	–	75,0
Clearing products	80 kg	135 MJ	10,8	–	10,8
Fertilizers and other agrochemicals	–	–	695,9	610,1	85,8
Diesel	5,4 t	48 GJ·t ⁻¹	259,2	130,0	129,2
Oils, grease and other	325 kg	137 GJ·t ⁻¹	44,5	22,3	22,2
Electric energy	19,7 kWh	11 GJ·t ⁻¹	216,7	6,7	210,0
Energy total	–	–	520,4	159,0	361,4
Water supply	2 700 t	0,02 GJ·t ⁻¹	54,0	2,0	52,0
Parts and materials for machines	31 thous. PLN	100 PLN·GJ ⁻¹	310,0	250,0	60,0
Parts and materials for buildings repairs	30 thous. PLN	100 PLN·GJ ⁻¹	300,0	20,0	280,0
Materials total	–	–	664,0	272,0	392,0
Technical service and other	86,8 thous. PLN	100 PLN·GJ ⁻¹	868,0	268,0	600,0
Replacement investments	75,1 thous. PLN	100 PLN·GJ ⁻¹	751,0	400,0	351,0
Own labor and wage labor	6 089 mnh	100 PLN·GJ ⁻¹	608,9	150,0	458,9
Other total	–	–	2 227,9	818,0	1 409,9
Total energy inputs	–	–	4 382,4	1 916,1	2 466,3

Source: own elaboration.

Działalność produkcyjna w gospodarstwie modelowym może być uznana za efektywną (korzystną), ponieważ charakteryzuje się dodatnimi wskaźnikami efektywności ekonomicznej. To znaczy, że z każdej jednostki poniesionego nakładu energetycznego (GJ) uzyskuje się więcej niż jedną jednostkę produkcji. Tylko w przypadku towarowej produkcji roślinnej uzyskuje się 0,788 JZ·GJ⁻¹, bo większość globalnej produkcji roślinnej kierowana jest jako pasze objętościowe do własnej produkcji zwierzęcej.



Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Rys. 1. Struktura procentowa nakładów materiałowo-energetycznych wyrażonych w GJ w gospodarstwie 45 ha UR o nakładach $97,39 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR: 6,3% – produkty pochodzenia rolniczego, 15,9% – nawozy i inne agrochemikalia, 11,9% – paliwa i energia elektryczna, 15,1% – materiały eksploatacyjne, 19,8% – usługi techniczne i inne, 17,1% – inwestycje odtworzeniowe (amortyzacja), 13,9% – praca własna i najemna

Fig. 1. Structure of the material and energy inputs, expressed in GJ in the farm of 45 ha of arable land with inputs amounting to $97.39 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ AL (arable land): 6.3% – the products of agricultural origin, 15.9% – fertilizers and other agrochemicals, 11.9% – fuel and electricity, 15.1% – consumables, 19.8% – technical services and other 17.1% – replacement investments (depreciation), 13.9% – own labor and wage labor

W gospodarstwie modelowym energochłonność ekonomiczna ($\text{GJ}\cdot\text{JZ}^{-1}$) kształtowała się następująco:

$$\text{– produkcja globalna } E_n \text{ ek/g} = \frac{4382,4}{9921} = 0,417;$$

$$\text{– produkcja towarowa } E_n \text{ ek/t} = \frac{4382,4}{5488} = 0,798;$$

$$\text{– globalna produkcja roślinna } E_n \text{ ek/g}_r = \frac{1916,1}{4782} = 0,401;$$

$$\text{– towarowa produkcja roślinna } E_n \text{ ek/t}_r = \frac{1916,1}{1510} = 1,269;$$

$$\text{– globalna produkcja zwierzęca } E_n \text{ ek/g}_z = \frac{2466,3}{5139} = 0,480;$$

$$\text{– towarowa produkcja zwierzęca } E_n \text{ ek/t}_z = \frac{2466,3}{3978} = 0,620.$$

Energochłonność wysokotowarowej produkcji roślinnej i zwierzęcej w gospodarstwie modelowym wyrażona w $GJ \cdot JZ^{-1}$ jest dość korzystna, chociaż może być zmniejszana w wyniku optymalizowania poziomu niektórych działów produkcji i niektórych rodzajów nakładów materiałowo-energetycznych.

Badając i oceniając efektywność energetyczną ($E_f en$) działalności gospodarstwa rolnego, należy uzyskiwaną produkcję globalną i towarową wyrażoną w tonach przeliczyć na umowne jednostki energetyczne (GJ) i sumy tych efektów produkcyjnych przyrównać do sumy poniesionych nakładów materiałowo-energetycznych. Pozwoli to określić, ile trzeba ponieść GJ nakładu, aby uzyskać jedną jednostkę produkcji, wyrażoną też w GJ.

Zestawienie produkcji globalnej i towarowej w badanym gospodarstwie wyrażone w GJ przedstawia tabela 3.

Gospodarstwo uzyskuje 11 330,4 GJ produkcji globalnej, w tym 3232,4 GJ produkcji roślinnej oraz 7051,0 GJ produkcji towarowej, w tym 5827,0 GJ produkcji zwierzęcej. Wartość energetyczna produktów zużytych wewnątrznie wyniosła łącznie 4279,0 GJ, w tym 409,0 GJ w produkcji roślinnej i 3870,0 GJ w produkcji zwierzęcej (tab. 3).

Te wartości zużycia wewnętrznego muszą być doliczane do ponoszonych nakładów materiałowo energetycznych wyrażonych w GJ.

Wskaźniki efektywności energetycznej ($E_f en$) ($GJ \cdot GJ^{-1}$) w modelowym gospodarstwie kształtowały się następująco:

$$\text{– produkcja globalna } E_f en/g = \frac{11330,4}{4382,4} = 2,586;$$

$$\text{– produkcja towarowa } E_f en/t = \frac{7051,0}{4382,4 + 4279,4} = 0,814;$$

$$\text{– globalna produkcja roślinna } E_f en/g_r = \frac{3232,4}{1916,1} = 1,687;$$

$$\text{– towarowa produkcja roślinna } E_f en/t_r = \frac{1224,0}{1916,1 + 409,0} = 0,526;$$

$$\text{– globalna produkcja zwierzęca } E_f en/g_z = \frac{8098,0}{2466,3} = 3,283;$$

$$\text{– towarowa produkcja zwierzęca } E_f en/t_z = \frac{5827,0}{2466,3 + 3870,0} = 0,920.$$

Tabela 3. Zestawienie produkcji globalnej i towarowej w badanym modelowym gospodarstwie rodzinnym

Table 3. Specification of global and commercial production in model family farm under study

Rodzaj produkcji Kind of production	Uzyskiwana produkcja Production obtained	Przelicznik Converter	Produkcja globalna Gross output	Produkcja towarowa Commercial production	Zużycie w produkcji Production inputs	
	[t]	[GJ·t ⁻¹]	[GJ]			
Ziarna pszenicy, jęczmienia i pszenżyta Seeds of wheat, barley and triticale	106,0	9,0	954,0	954,0	–	–
Nasiona rzepaku Rape seeds	22,5	12,0	270,0	270,0	–	–
Słoma zbóż i rzepaku Straw from cereal and rape	138,0	1,8	248,4	–	54,0	194,0
Zielonki kukurydzy, koniczyny i poplonów Maize, clover and catch crop green forage	1 450,0	0,8	1 160,0	–	160,0	1 000,0
Zielonki z łąk i pastwisk Green forage from meadows and grasslands	750,0	0,8	600,0	–	–	600,0
Razem produkcja roślinna Crop production total	–	–	3 232,4	1 224,0	214,0	1 794,0
Mleko Milk	360,0	13,0	4 680,0	4 628,0	–	52,0
Żywiec wołowy Slaughter cattle	29,3	110,0	3 223,0	1 199,0	–	2 024,0
Obornik Manure	150,0	0,4	60,0	–	60,0	–
Gnojowica Slurry	600,0	0,2	120,0	–	120,0	–
Gnojówka Liquid manure	150,0	0,1	15,0	–	15,0	–
Razem produkcja zwierzęca Livestock production total	–	–	8 098,0	5 827,0	195,0	2 076,0
Ogółem produkcja rolnicza Agricultural production total	–	–	11 330,4	7 051,0	409,0	3 870,0

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Energochłonność energetyczna (E_n en w $\text{GJ} \cdot \text{GJ}^{-1}$) w badanym gospodarstwie kształtowała się następująco:

$$\text{– produkcja globalna } E_n \text{ en/g} = \frac{4382,4}{11330,4} = 0,387;$$

$$\text{– produkcja towarowa } E_n \text{ en/t} = \frac{4382,4 + 4279,4}{7051} = 1,228;$$

– globalna produkcja roślinna $E_n en/g_r = \frac{1916,1}{3232,4} = 0,593$;

– towarowa produkcja roślinna $E_n en/t_r = \frac{1916,1 + 409,0}{1224,0} = 1,820$;

– globalna produkcja zwierzęca $E_n en/g_z = \frac{2466,3}{8098,0} = 0,304$;

– towarowa produkcja zwierzęca $E_n en/t_z = \frac{2466,3 + 3870,0}{5827,0} = 1,087$.

Oszacowana energochłonność energetyczna badanego gospodarstwa modelowego charakteryzuje się podobnymi, ale bardziej korzystnymi wskaźnikami w porównaniu z wynikami dwuletnich badań w 53 gospodarstwach rodzinnych [KUREK, WÓJCICKI 2011; WÓJCICKI, KUREK 2011; 2012;].

Aby uzyskać jednostkę produkcji towarowej (E) o wartości energetycznej 1,0 GJ, trzeba w gospodarstwie modelowym ponieść nakład energetyczny o wartości średnio 1,228 GJ, w tym aż 1,820 GJ na uzyskanie towarowej jednostki produkcji roślinnej i tylko 1,087 GJ na uzyskanie towarowej produkcji zwierzęcej.

Można więc twierdzić, że badane gospodarstwo charakteryzuje się nieznacznie ujemną, ale mniejszą niż powszechnie szacowaną energochłonnością, a szczególnie małą w zakresie towarowej produkcji zwierzęcej, która powszechnie jest szacowana jako bardziej energochłonna niż produkcja roślinna.

Podsumowanie

Przeprowadzono analizę nakładów materiałowo-energetycznych i energochłonności produkcji rolniczej uzyskiwanej w modelowym, wysokowydajnym gospodarstwie rodzinnym o powierzchni 45 ha UR oraz obsadzie 40 krów mlecznych i 26,5 DJP pozostałego bydła.

Analiza ta wykazała przydatność uproszczonej metodyki badań efektywności energetycznej produkcji roślinnej i zwierzęcej.

Mimo korzystnych wskaźników ekonomicznych modelowe gospodarstwo charakteryzuje się ujemnymi wartościami energochłonności energetycznej produkcji towarowej. Aby uzyskać produkt towarowy o wartości energetycznej 1 GJ, trzeba ponieść nakład energetyczny o wartości 1,228 GJ, w tym aż 1,820 GJ w towarowej produkcji roślinnej i tylko 1,087 GJ w towarowej produkcji zwierzęcej. Energochłonność ta jest mniejsza niż wynika to z dotychczasowych badań, a szczególnie mała w produkcji zwierzęcej, która jest powszechnie uznawana za bardziej energochłonną niż produkcja roślinna.

Ujemna energochłonność produkcji roślinnej powoduje, że nieefektywne energetycznie staje się przetwarzanie surowców żywnościowych na biogaz i inne biopaliwa, pomimo tego, że produkty rolne są odnawialnymi nośnikami energii (OZE).

Należy kontynuować studia nad nowymi metodami i metodykami badań energochłonności produkcji rolniczej i aktualizacją przeliczników na jednostki zbożowe (JZ) i jednostki energetyczne (GJ).

Bibliografia

ANUSZEWSKI R., PAWLAK J., WÓJCICKI Z. 1979. Metodyki badań energochłonności produkcji rolniczej. Maszynopis. Warszawa. ZOEM-IBMER ss. 26.

GOLKA W. 2006. Ekonomiczne aspekty produkcji rolnej w gospodarstwach ekologicznych. Monografia. T. 3. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Poznań. PIMR s. 80–88.

GOLKA W. 2014. Transport w rodzinnych gospodarstwach rolnych. Monografia. Inżynieria w Rolnictwie. Nr 16. Warszawa–Falenty. ITP. ISBN 978-83-62416-69-1 ss. 110.

GOLKA W., PTASZYŃSKI S. 2014. Nakłady na uprawę roli w technologii zachowawczej i tradycyjnej. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 3 s. 31–47.

GOLKA W., WÓJCICKI Z. 2006. Ekologiczna modernizacja gospodarstwa rolniczego. Monografia. Warszawa. IBMER. ISBN 83-89806-14-2 ss. 79.

GOLKA W., WÓJCICKI Z. 2009. Ocena działalności rozwojowych gospodarstw rodzinnych. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 1 s. 34–43.

GOLKA W., WÓJCICKI Z. 2010. Kierunki przemian organizacyjno-technicznych w rozwojowych gospodarstwach rodzinnych. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 1 s. 29–35.

HRYNIEWICZ M., PAWLAK J., WÓJCICKI Z., MUZALEWSKI A. 2000. Struktura wydatków materiałowo-energetycznych i struktura bezpośrednich nośników energii w badanych gospodarstwach rodzinnych. Warszawa. IBMER XXXVIII/1254 ss. 30.

KUREK J. 2011. Badanie nakładów materiałowo-energetycznych w gospodarstwach rodzinnych. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 2 s. 20–38.

KUREK J., WÓJCICKI Z. 2011. Technologiczna i ekologiczna modernizacja wybranych gospodarstw rodzinnych. Część IV: Wyposażenie i działalność badanych obiektów w 2010 r. Monografia. Falenty–Warszawa. ITP. ISBN 978-83-62416-28-8 ss. 128.

MUZALEWSKI A. 2008. Zasady doboru maszyn rolniczych. Warszawa. IBMER. ISBN 978-83-89806-11-5 ss. 86.

MUZALEWSKI A. 2010. Koszty eksploatacji maszyn. Falenty–Warszawa. ITP. ISBN 978-83-62416-05-9 ss. 56.

PAWLAK J. 2006. Ekonomiczne i organizacyjne problemy mechanizacji i energetyki rolnictwa. Monografia. IBMER. Warszawa. ISBN 83-89806-15-0 ss. 230.

PAWLAK J. 2012a. Zużycie oleju napędowego w rolnictwie polskim. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 3 s. 57–64.

PAWLAK J. 2012b. Zużycie oleju napędowego w rolnictwie województwa małopolskiego. Inżynieria Rolnicza. Nr 4 s. 311–319.

PAWLAK J. 2013a. Powierzchnia gospodarstw rolnych a stan parku ciągnikowego. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 1 s. 13–22.

PAWLAK J. 2013b. Nakłady energii w rolnictwie polskim i ich struktura. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 2 s. 21–31.

- PTASZYŃSKI S., GOLKA W., SERGIEL L., MARKIEWICZ W. 2014. Technologia uproszczonej uprawy gleby agregatem uprawowo-siewnym na bazie spulchniacza obrotowego. Falenty–Warszawa. ITP. ISBN 978-83-62416-73-8 ss. 24.
- SZEPTYCKI A. (red.) 2005. Stan i kierunki rozwoju techniki oraz infrastruktury rolnej w Polsce. Warszawa. IBMER. ISBN 83-89806-09-6 ss. 237.
- SZEPTYCKI A., WÓJCICKI Z. 2003. Postęp technologiczny i nakłady energetyczne w rolnictwie do 2020 r. Warszawa. IBMER. ISBN 83-88264-96-8 ss. 242.
- WÓJCICKI Z. 1962. Metoda doboru zestawu maszyn dla gospodarstw wielkoobszarowych. Praca doktorska. Kraków. Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego – WSR ss. 121.
- WÓJCICKI Z. 1968. Metody określania kosztów i efektów mechanizacji rolnictwa. Warszawa. IBMER ss. 107.
- WÓJCICKI Z. 2001. Metody badań i ocena przemian w rozwojowych gospodarstwach rodzinnych. Kraków. Pitr. ISBN 83-86264-74-78 ss. 136.
- WÓJCICKI Z. 2007. Poszanowanie energii i środowiska w rolnictwie i na obszarach wiejskich. Warszawa. IBMER. ISBN 978-8-389806-17-8 ss. 124.
- WÓJCICKI Z. 2010a. Technologiczna i ekologiczna modernizacja wybranych gospodarstw rodzinnych. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 2 s. 5–12.
- WÓJCICKI Z. 2010b. Potrzeby energetyczne i wykorzystanie odnawialnych zasobów energii. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4 s. 37–47.
- WÓJCICKI Z. 2015. Technologiczna i ekologiczna modernizacja modelowego gospodarstwa rodzinnego. Monografia. Falenty–Warszawa. ITP. W druku.
- WÓJCICKI Z., KUREK J. 2011. Technologiczna i ekologiczna modernizacja wybranych gospodarstw rodzinnych. Cz. III. Wyposażenie i działalność badanych obiektów w 2009 r. Monografia. Falenty–Warszawa. ITP. ISBN 978-83-62416-18-9 ss. 122.
- WÓJCICKI Z., KUREK J. 2012. Technologiczna i ekologiczna modernizacja wybranych gospodarstw rodzinnych. Cz. VI. Wyniki badań i wdrożeń projektu rozwojowego. Monografia. Falenty–Warszawa. ITP. ISBN 978-83-62416-34-9 ss. 147.
- ZAREMBA W. 1977. Ekonomia i organizacja mechanizacji rolnictwa. Warszawa. PWRiL ss. 216.
- ZAREMBA W. 1986. Energetyka w systemie eksploatacji sprzętu rolniczego. Warszawa. PWRiL. ISBN 83-09-01083-4 ss. 188.

Zdzisław Wójcicki, Barbara Rudeńska

EFFICIENCY OF MATERIAL AND ENERGY INPUTS IN FARM

Summary

Paper presents the results of analysis of the efficiency of material and energy inputs, expressed in GJ (gigajoule), incurred on agricultural production, expressed in JZ (unit grain), in a family farm with an area of 45 ha of arable land. Research on the effectiveness and energy expenditure in agricultural production was carried out with the method used at the Institute of Technology and Life Science (ITP). In the studied farm the global production was 9921 OU (cereal unit), and the commercial production amounted to 5488 OU, while the cumulative energy inputs amounted to 4382.4 GJ. In the structure

of these expenditures the largest share was represented by technical services and other (19.8%), followed by replacement investments (17.1%), fertilizers and other agrochemicals (15.9%). Global production converted into energy units (GJ) was 11 330.4 GJ and the commercial production amounted to 7051.0 GJ. Total energy consumption in commercial production was $1.228 \text{ GJ}\cdot\text{GJ}^{-1}$, including commercial crop production amounting to $1.820 \text{ GJ}\cdot\text{GJ}^{-1}$ and commercial livestock production amounting to $1.087 \text{ GJ}\cdot\text{GJ}^{-1}$. This means that in the case of livestock production for commercial purpose to obtain production of the value of one energy unit only a slightly higher energy cost must be incurred, while in the case of commercial crop production the energy input needs to be much greater. No energy effective becomes the processing of raw materials for biogas and other bio-fuels, despite the fact that agricultural products are renewable energy sources (RES).

Key words: agriculture, farm, inputs, effectiveness, energy consumption, method

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Zdzisław Wójcicki
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Oddział w Warszawie
ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa
tel. 22 542-11-67 lub 605 206 348