

## SPRAWNOŚĆ ENERGETYCZNA PRODUKCJI RZEPAKU NA CELE ENERGETYCZNE

*Alojzy Skrobcki*

Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji,  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

### Wstęp

Rozwój motoryzacji w XX wieku spowodował wzrost zużycia paliw silnikowych, które są głównie produktami rafinacji ropy naftowej. Tania i łatwość dostępu do surowca (ropa naftowa) przyczyniły się do zbudowania na tej bazie strategii energetycznej poszczególnych państw. Stabilny stan gospodarki energetycznej został gwałtownie przerwany ogłoszeniem Raportu Rzymskiego (1973) o malejących zasobach naturalnych materiałów i energii. W wyniku raportu ceny ropy naftowej z poziomu 4 USD za baryłkę zaczęły szybko rosnąć. W krajach gospodarczo rozwiniętych opracowano i wdrożono programy oszczędnościowe, co spowodowało znaczne zmniejszenie energochłonności produkcji w przemyśle, transporcie, rolnictwie oraz zmniejszenie zużycia energii na cele bytowe.

W polityce światowej równocześnie coraz większą uwagę zaczęto zwracać na ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> pochodzącego ze spalania produktów z surowców kopalnych do atmosfery. Ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> znalazło odbicie w międzynarodowych i krajowych programach, dotyczących zwiększenia udziału energii odnawialnych w bilansie zużywanej energii [WIŚNIEWSKI 1999]. W 1998 roku energia odnawialna w Polsce stanowiła ok. 1,5% zużywanej energii, natomiast w Szwecji ok. 30%. Według przyjętego w Polsce programu (Uchwała Sejmu RP z 2001 r.) energia odnawialna w 2010 roku powinna stanowić 7,5%, a w 2020 roku 14% zużywanej energii [ROSZKOWSKI 2001; OLEJNIK 2002]. W polskich warunkach roślinami, które mogą być uprawiane na cele energetyczne, są: zboża, ziemniaki, rzepak, wierzba energetyczna i inne. Doświadczenia wielu krajów europejskich wskazują na duże możliwości energetycznego wykorzystania roślin oleistych. W polskich warunkach klimatycznych taką rośliną jest rzepak. Polska ma możliwość produkowania rzepaku na cele energetyczne na powierzchni ok. 2 mln ha [OSTROWSKA 2002]. Istniejące już obecnie w Polsce instalacje do produkcji biopaliwa na bazie rzepaku [GRZYBEK 2002] umożliwiają wzrost ilościowy przerobu rzepaku. Energetyczne zagospodarowanie rzepaku jest w pełni uzasadnione takimi aspektami, jak: ochrona środowiska, zagospodarowanie odłogowanych gruntów, możliwość utworzenia kilkunastu tysięcy nowych miejsc pracy, co jest obecnie szczególnie ważne dla polskiej gospodarki.

Produkcja energii odnawialnej ma również aspekt bezpośrednio energetyczny. Produkcja roślinna odbywa się z wykorzystywaniem energii słonecznej i energii dodanej, zużywanej w procesie produkcyjnym. Ponieważ efektem tej produkcji jest surowiec energetyczny, to bardzo istotne jest określenie sprawności tego procesu. Celem artykułu jest określenie efektywności produkcji energii odnawialnej z oleju rzepakowego (OZE) na podstawie ponoszonych nakładów energetycznych na produkcję rzepaku.

### Materiały i metody

Działalność produkcyjna, niezależnie od rodzaju wytwarzanych produktów, wiąże się z potrzebą oceny efektywności produkcji. Koszty ponoszone na produkcję roślinną są różnorodne i są podawane w różnych jednostkach (zł, kg itp.) oraz zależą od wielu zmiennych czynników (m.in. rynkowych, pogodowych, gospodarczych) i dlatego sumowanie poszczególnych nakładów na daną produkcję roślinną jest mało dokładne i niewystarczające do oceny analizy efektywności produkcji energii odnawialnej. Możliwość takiej analizy występuje przy zastosowaniu metody analizy energetycznej [SKROBACKI 1981; SKROBACKI 1993], opartej na rachunku skumulowanej energii.

Sprawność procesu energetycznego określana jest wyrażeniem:

$$\eta = E_p / E,$$

gdzie:

- $\eta$  – sprawność,
- $E_p$  – energia wyjścia (wartość energetyczna produktu),
- $E$  – energia wejścia (nakłady energetyczne na realizację procesu).

Główny składnik energii zużywanej w produkcji roślinnej, to energia słoneczna.

$$E = E_s + E_d,$$

gdzie:

- $E$  – energia wejścia (zużyta),
- $E_s$  – energia słoneczna,
- $E_d$  – energia dodana.

Z punktu widzenia ponoszonych nakładów energii na produkcję roślinną istotna jest wartość sumy energii dodanej, zawartej w materiałach i środkach produkcji:

$$E_d = \Sigma(E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5),$$

gdzie:

- $E_1$  – energia równoważna nawozów,
- $E_2$  – energia równoważna środków ochrony roślin,
- $E_3$  – energia równoważna nasion,
- $E_4$  – energia równoważna maszyn,
- $E_5$  – energia zużytego paliwa.

Jeżeli rozpatrujemy tylko zużycie energii dodanej, to stosunek wartości energii zawartej w oleju rzepakowym do wartości energii dodanej określimy jako sprawność pozorną ( $\eta_p$ ):

$$\eta_p = E_p / E_d.$$

Parametr ten zamiast określenia „sprawność pozorną” możemy określić jako „efektywność produkcji energii odnawialnej” (EREO). Próbę oceny efektywności produkcji energii odnawialnej przeprowadzono na przykładzie produkcji rzepaku. W celu wyznaczenia wartości nakładów energetycznych przyjęto następujące przeliczniki energetyczne (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Przeliczniki energetyczne  
Energy coefficients

Materiał; Material	Przelicznik; Conversion factor (MJ·kg <sup>-1</sup> )
Nawozy; Fertilizer:	
– azotowe; nitrogen	77,10
– fosforowe; phosphorus	14,04
– potasowe; potassium	9,83
Środki ochrony roślin; Pesticides	109,4
Nasiona; Seeds	23,05
Ciągniki i maszyny; Farm equipment	111,71
Olej napędowy; Fuel	41,9

Tabela 2; Table 2

Zużycie materiałów  
Use of production materials

Materiał; Material	Wariant 1 Variant 1	Wariant 2 Variant 2	Wariant 3 Variant 3
Nawozy; Fertilizer:			
– azotowe; nitrogen	60	80	100
– fosforowe; phosphorus	30	40	45
– potasowe; potassium	50	60	70
Środki ochrony roślin; Pesticides	10	10	12
Nasiona; Seeds	6	6	8
Ciągniki i maszyny; Farm equipment	20	20	20
Olej napędowy; Fuel	80	80	100

Wielkość zużycia poszczególnych materiałów dla przyjętych trzech wariantów przedstawia tabela 2.

## Wyniki

Wielkość nakładów energetycznych poniesionych na produkcję rzepaku (tab. 3) kształtuje się w zależności od przyjętego wariantu i wynosi od 12356,5 MJ·ha<sup>-1</sup> do 16950,3 MJ·ha<sup>-1</sup>.

Tabela 3; Table 3

Nakłady energetyczne ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) na produkcję rzepaku ozimego  
Energy consumption ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) on winter rape production

Materiał; Material	Wariant 1 Variant 1	Wariant 2 Variant 2	Wariant 3 Variant 3
Nawozy; Fertilizer:			
– azotowe; nitrogen	4625,8	6167,7	7709,6
– fosforowe; phosphorus	421,1	561,5	631,6
– potasowe; potassium	491,3	589,5	687,8
Środki ochrony roślin; Pesticides	1094,0	1094,0	1312,8
Nasiona; Seeds	138,3	138,3	184,4
Ciągniki i maszyny; Farm equipment	2234,1	2234,1	2234,1
Olej napędowy; Fuel	3352,0	3352,0	4190,0
Łącznie; Total	12356,5	14137,1	16950,3

Tabela 4; Table 4

Wskaźniki produkcji rzepaku  
Results of rape production

Parametr; Parameter	Wariant 1 Variant 1	Wariant 2 Variant 2	Wariant 3 Variant 3
Plon ziarna; Yield ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	2 000	2 500	3 000
Plon oleju; Oil capacity ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	714,3	892,9	1 071,4
Plon energii; Energy capacity ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	28 971	36 214	43 457
Energochłonność ziarna; Energy consumption to produce seeds ( $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	6,18	5,65	5,65
Energochłonność oleju; Energy consumption to produce oil ( $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	17,3	15,8	15,8
Efektywność; Efficiency	2,34	2,56	2,56

Przyjmując wysokość plonu rzepaku dla poszczególnych wariantów określono wielkości produkcji oleju rzepakowego oraz wskaźniki nakładów energetycznych (tab. 4). Wielkość produkcji oleju rzepakowego, zawarta w zbieranym plonie, wynosi od  $714,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  do  $1 071,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Wartość energetyczna oleju rzepakowego zawarta w plonie wynosi odpowiednio od 28 971 do 43 457  $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Uwzględniając ponoszone nakłady energetyczne na produkcję rzepaku, efektywność produkcji energii odnawialnej zawartej w oleju nasion zbieranego rzepaku kształtuje się na poziomie od 2,34 do 2,56.

## Dyskusja

Przedstawione w tabeli 4 wyniki wskazują, że efektywność produkcji energii odnawialnej z rzepaku kształtuje się korzystnie. Z punktu widzenia efektywności produkcji energii odnawialnej, każda wartość powyżej 1 jest wynikiem pozytywnym. W przypadku uzyskania wartości wskaźnika efektywności produkcji energii

odnawialnej wynoszącej 1, należy taką produkcję przerwać, ponieważ nie uzyskujemy przyrostu energii. Produkcja energii odnawialnej jest tym bardziej wskazana, im wyższą uzyskujemy wartość wskaźnika efektywności produkcji energii odnawialnej.

### Wnioski

1. Produkcja rzepaku na cele energetyczne jest w pełni zasadna ze względów energetycznych.
2. Wartość wskaźnika efektywności produkcji energii odnawialnej z rzepaku kształtuje się na poziomie 2,3–2,6.
3. Energetyczne zagospodarowanie rzepaku jest również uzasadnione takimi aspektami, jak: ochrona środowiska, zagospodarowanie odłogowanych gruntów, możliwość utworzenia nowych miejsc pracy.

### Literatura

- GRZYBEK A. 2002. *Możliwości produkcji biopaliwa, technologie produkcji i uwarunkowania*. Wieś Jutra 2: 52–54.
- OLEJNIK M. 2002. *Biopaliwo rzepakowe celem strategicznym polskiego rolnictwa*. Wieś Jutra 2: 50–51.
- OSTROWSKA D. 2002. *Stan i perspektywy produkcji rzepaku w Polsce i krajach Unii Europejskiej*. Wieś Jutra 2: 1–2.
- ROSZKOWSKI A. 2001. *Płynne paliwa roślinne – mrzonki rolników czy ogólna niemożność?* Wieś Jutra 9: 22–26.
- SKROBACKI A. 1981. *Analiza energetyczna produkcji rolniczej*. Postępy Nauk Rolniczych 1: 49–56.
- SKROBACKI A. 1993. *Energochłonność produkcji roślinnej na glebach bardzo lekkich*. Roczniki Nauk Rolniczych, Seria G 86(1): 73–76.
- WIŚNIEWSKI G. 1999. *Europejski program wykorzystania odnawialnych źródeł energii*. Wieś Jutra 2: 3–5.

**Słowa kluczowe:** biopaliwo, energia odnawialna, efektywność

### Streszczenie

W 1998 roku energia odnawialna w Polsce stanowiła ok. 1,5% zużywanej energii, natomiast w Szwecji ok. 30%. Według przyjętego w Polsce programu energia odnawialna w 2010 roku powinna stanowić 7,5%, a w 2020 roku 14% zużywanej energii. Produkcja roślinna na cele energetyczne powinna uwzględniać wartość energetyczną ponoszonych nakładów. Możliwości takiej analizy występują przy zastosowaniu metody analizy energetycznej. Wielkość nakładów energetycz-

nych poniesionych na produkcję rzepaku kształtuje się w zależności od przyjętego wariantu i wynosi szacunkowo od 12356,5 MJ·ha<sup>-1</sup> do 16950,3 MJ·ha<sup>-1</sup>. Produkcja rzepaku na cele energetyczne jest w pełni zasadna ze względów energetycznych. Polska jest w stanie produkować rzepak na cele techniczne (energetyczne) na powierzchni ok. 2 mln ha.

Wartość wskaźnika efektywności produkcji energii odnawialnej z rzepaku kształtuje się na poziomie 2,34–2,56. Energetyczne zagospodarowanie rzepaku jest również uzasadnione takimi aspektami, jak: ochrona środowiska, zagospodarowanie odłogowanych gruntów, tworzenie nowych miejsc pracy.

## EFFICIENCY OF RAPE SEEDS PRODUCTION AS ENERGY SOURCE

*Alojzy Skrobacki*

Department of Management and Production Engineering,  
Warsaw Agricultural University

Key words: biofuel, renewable energy, efficiency

### Summary

In 1998 renewable energy in Poland amounted to about 1.5% of used energy, while in Sweden it was close to 30%. According to the „Renewable Energy Programme” in 2010 it should amount to 7.5%, and in 2020 to 14% of used energy. Vegetable production causes the release of some of agricultural area, which can be used for energy aims. Polish programme is to produce rape for technical aims (energy aims) on the area of about 2 million of hectares. Vegetable production for energy aims should take into account the value of energy input. Possibilities of such analysis appear when using the method of energy analysis. The amount of energy input used for production of rape is shaped depending on accepted variants and it amounts to from 12356.5 MJ·ha<sup>-1</sup> to 16950.3 MJ·ha<sup>-1</sup>. Rape production for energy aims is reasonable from energy point of view. Effectivity of renewable energy production from rape is on the level of 2.34–2.56. Developing rape for energy aims is well-founded from the point of view of the following aspects: ecology, farm implementation of fallow land, enlargement of employment.

Prof. dr hab. Alojzy **Skrobacki**

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

ul. Nowoursynowska 166

02-787 WARSZAWA

e-mail: skrobacki@alpha.sggw.waw.pl