

OCENA ENERGETYCZNA PROCESU ZAGĘSZCZANIA WYBRANYCH SUROWCÓW ROŚLINNYCH W BRYKIECIARCE ŚLIMAKOWEJ*

Ignacy Niedziółka

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Mieczysław Szpryngiel

Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania w Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań gęstości i energochłonności procesu wytwarzania brykietów z wybranych surowców roślinnych. Analizowano pobór mocy chwilowej i nakłady energii elektrycznej. Do procesu zagęszczania użyto słomy rzepakowej, słomy pszennej, siana łąkowego i łądyg ślazuwca, stosując odpowiednie temperatury w komorze zagęszczania brykietarki ślimakowej, tj. 200, 225 i 250°C. Uzyskane brykiety charakteryzowały się zróżnicowaną gęstością i wielkością ponoszonych nakładów energetycznych. W zależności od rodzaju surowca i przyjętej temperatury gęstość brykietów wahała się od 505 do 827 kg·m⁻³. Z kolei pobór mocy zawierał się w granicach od 4,7 do 6,0 kW, zaś energochłonność procesu brykietowania mieściła się w przedziale od 0,114 do 0,183 kWh·kg⁻¹. Najkorzystniejsze efekty procesu wytwarzania brykietów uzyskano w przypadku zagęszczania rozdrobnionych łądyg ślazuwca pensylwańskiego, natomiast znacznie mniej korzystne w przypadku siana łąkowego.

Słowa kluczowe: biomasa roślinna, brykietarka ślimakowa, brykiety, nakłady energetyczne

Wstęp

Biomasa roślinna jest potencjalnie największym źródłem energii odnawialnej w kraju. Problemem jej efektywnego wykorzystania do produkcji energii jest bardzo niska koncentracja energii w jednostce objętości. Stąd wynika potrzeba przetwarzania surowców roślinnych na brykiety lub pelety. Do tego celu przeznaczone są odpowiednie urządzenia zagęszczające, do których należą brykietarki oraz peletarki [Grzybek 2003; Niedziółka i Zuchniarz 2009].

Produkcja brykietów opałowych z biomasy roślinnej staje się coraz bardziej powszechna i można prognozować, że w przyszłości będzie mieć duże znaczenie w produkcji rolniczej. W jej przypadku brane są pod uwagę różnorodne źródła pochodzenia biomasy, tj. od połowej produkcji roślinnej, poprzez odpady występujące w rolnictwie, przemyśle rolno-spożywczym, gospodarstwach domowych, jak i gospodarce komunalnej, po odpady

* *Praca naukowa finansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki w latach 2011-2014 jako projekt badawczy nr N N313 757540.*

drzewne z produkcji leśnej, przemysłu drzewnego i celulozowo-papierniczego. Surowce te stają się strategiczne nie tylko, jeśli chodzi o produkcję energii cieplnej, ale również ze względu na możliwość rozwoju obszarów, w których są produkowane i przetwarzane.

Przebieg procesu zagęszczania rozdrobnionych materiałów roślinnych powinien zapewniać otrzymanie brykietów dobrej jakości. Optymalizacja tego procesu przy masowej produkcji brykietów z różnych materiałów roślinnych powinna być przeprowadzana ze względu na ich przeznaczenie. Ważny jest także właściwy dobór urządzeń zagęszczających i ich parametrów roboczych do różnych właściwości fizycznych i chemicznych biomasy. Stąd uzyskanie dużej wydajności i wysokiej jakości produktu ma istotne znaczenie podczas produkcji brykietów [Fischer 2008, Hejft 2002; Szyszlak-Bargłowicz 2008].

Pomimo wielu zalet biopaliw stałych, przeszkodą w ich powszechnym stosowaniu jest niewystarczająca konkurencyjność cenowa w stosunku do paliw tradycyjnych. Na cenę finalnego produktu mają wpływ przede wszystkim koszty surowca i jego przetworzenia. Koszty surowca w niewielkim stopniu zależą od producenta biopaliw, natomiast koszty związane z przetwarzaniem są ściśle powiązane z zastosowaną technologią. Największe możliwości redukcji kosztów przy zachowaniu standardów dotyczących jakości paliw daje optymalizacja związana ze zmniejszeniem nakładów energetycznych na poszczególnych etapach technologii produkcji [Frączek i in. 2010a i 2010b].

Celem pracy była analiza i ocena gęstości oraz energochłonności procesu wytwarzania brykietów z wybranych roślin energetycznych w brykieciarce ślimakowej.

Materiał i metody badań

Do wytwarzania brykietów użyto słomy pszennej, słomy rzepakowej, łądy ślazuca pensylwańskiego oraz siana łąkowego. Podczas badań przyjęto następujące wielkości temperatur w komorze zagęszczania brykieciarki ślimakowej: 200, 225 i 250°C. Wilgotność poszczególnych surowców roślinnych określano przy użyciu wago-suszarki laboratoryjnej zgodnie z normą PN-ISO 6540. Przed rozpoczęciem procesu brykietowania surowce roślinne rozdrabniano przy użyciu stacyjnej siewkarni bębnowej i teoretycznej długości cięcia 20 mm.

W celu określenia gęstości wytworzonych brykietów dokonano pomiarów wielkości ich średnicy zewnętrznej i wewnętrznej oraz długości, przy pomocy suwmiarki z dokładnością do $\pm 0,1$ mm. Następnie ważono poszczególne brykiety przy użyciu wagi laboratoryjnej WPT 3/6 i wyznaczano ich masę z dokładnością do $\pm 0,2$ g. Do badań energochłonności procesu brykietowania przyjętych surowców roślinnych zastosowano specjalny układ pomiarowy. W układzie tym wykorzystano przetwornik mocy, czasu i energii elektrycznej typu Lumel 3000, współpracujący z komputerem rejestrującym pobór mocy chwilowej podczas procesu zagęszczania surowców.

Pomiary poboru mocy chwilowej realizowano po osiągnięciu przyjętej temperatury w komorze zagęszczającej brykieciarki. Ponadto pomiary poboru energii elektrycznej podczas podgrzewania komory zagęszczającej oraz procesu brykietowania surowców roślinnych rejestrowano przy pomocy licznika prądu trójfazowego. Uzyskane wyniki pomiarów zużycia energii elektrycznej przeliczano na jednostkę masy wytworzonych brykietów.

Wyniki badań i ich analiza

W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań wilgotności surowców roślinnych użytych do wytwarzania brykietów w brykieciarce ślimakowej, natomiast w tabeli 2 zamieszczono dane techniczno-eksploatacyjne tej brykieciarki. Średnia wilgotność słomy rzepakowej i łądogi ślázowca wahała się w przedziale 10-11%, natomiast w przypadku słomy pszennej i siana łąkowego mieściła się ona w granicach 12-13%.

Tabela 1. Wilgotność surowców roślinnych użytych do wytwarzania brykietów
Table 1. Moisture of plant material used for production of briquettes

Rodzaj surowców roślinnych	Wilgotność surowców [%]			Średnia wilgotność [%]
	1	2	3	
Słoma rzepakowa	11,0	10,3	9,1	10,1
Słoma pszena	12,7	13,1	12,1	12,6
Siano łąkowe	12,1	12,2	11,8	12,0
Łodygi ślázowca	11,3	12,4	10,0	11,2

Źródło: obliczenia własne

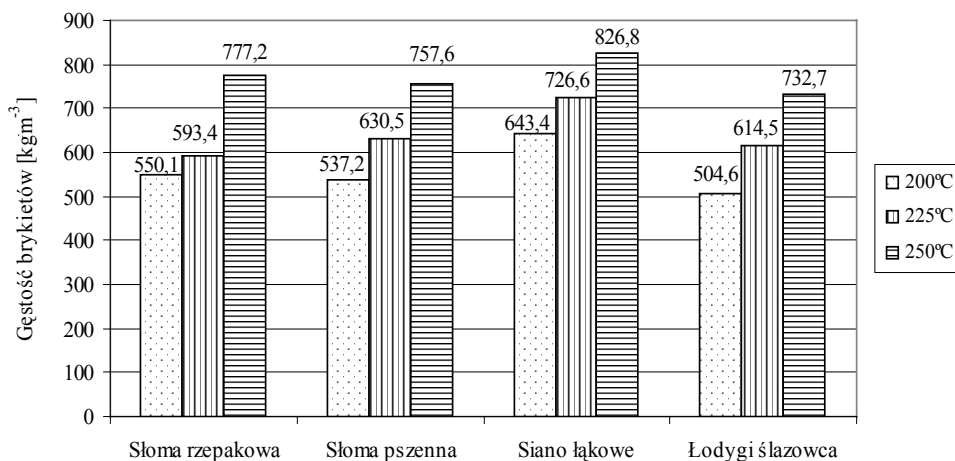
Tabela 2. Dane techniczno-eksploatacyjne brykieciarki ślimakowej JW-08
Table 2. Technical and operating data of a screw briquetting machine JW-08

Wyszczególnienie	Jednostka miary	Parametry
Moc silnika głównego	[kW]	4,0
Moc silnika podajnika	[kW]	1,1
Moc grzałek	[kW]	3,0
Rodzaj materiału roślinnego	[-]	słoma, siano
Wilgotność materiału	[%]	15-20
Średnica brykietu	[mm]	80
Wydajność	[kg h ⁻¹]	do 100
Masa brykieciarki	[kg]	320,0

Źródło: obliczenia własne

Na rysunku 1 przedstawiono gęstości brykietów wytworzonych z badanych surowców roślinnych. Analizując uzyskane wyniki badań stwierdzono, że zarówno wzrost temperatury komory zagęszczania brykieciarki, jak też rodzaj surowca miały wpływ na wielkość gęstości uzyskanych brykietów. Gęstość brykietów wytworzonych w temperaturze 200°C wynosiła od 505 do 643 kg·m⁻³, w temperaturze 225°C – od 593 do 727 kg·m⁻³, a w temperaturze 250°C – od 733 do 827 kg·m⁻³.

Z kolei porównując gęstości brykietów w zależności od zagęszczanych surowców stwierdzono, że najniższe wartości uzyskano w przypadku łądogi ślázowca (505-733 kg·m⁻³), nieco wyższe dla słomy pszennej (537-758 kg·m⁻³) i rzepakowej (550-777 kg·m⁻³), natomiast najwyższe dla siana łąkowego (643-827 kg·m⁻³). Wzrost gęstości brykietów wytworzonych pomiędzy temperaturą 200 a 250°C dla łądogi ślázowca wyniósł około 45%, dla słomy pszennej i rzepakowej – około 41%, a dla siana łąkowego – około 29%.



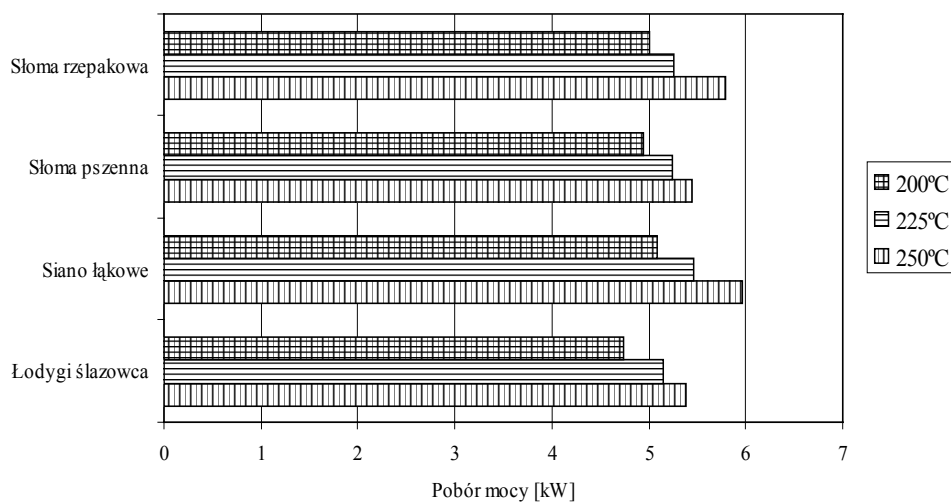
Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Średnie gęstości brykietów wytworzonych z badanych surowców roślinnych
 Fig. 1. Average density of briquettes produced out of the tested plant materials

Na rysunku 2 przedstawiono średnie wartości poboru mocy chwilowej podczas procesu brykietowania badanych surowców roślinnych. W zależności od temperatury w komorze zagęszczania brykietarki oraz rodzaju zagęszczanego surowca wartości pobieranej mocy były zróżnicowane. Stwierdzono, że z wzrostem temperatury w komorze brykietarki zwiększał się pobór mocy. W przypadku temperatury 200°C zakres poboru mocy zawierał się w granicach 4,7-5,1 kW, dla temperatury 225°C – 5,2-5,5 kW, natomiast dla temperatury 250°C – 5,4-6,0 kW.

Z analizy uzyskanych danych, w odniesieniu do badanych surowców roślinnych wynika, że najniższe wartości poboru mocy odnotowano dla łodyg ślázowca (4,7-5,4 kW), nieco wyższe dla słomy pszennej (5,0-5,5 kW) i rzepakowej (5,0-5,8 kW), a najwyższe dla siana łąkowego (5,1-6,0 kW). Wzrost poboru mocy w procesie wytwarzania brykietów pomiędzy temperaturą 200 a 250°C dla łodyg ślázowca wyniósł około 15%, dla słomy pszennej – około 11%, rzepakowej – około 16%, a dla siana łąkowego – około 18%.

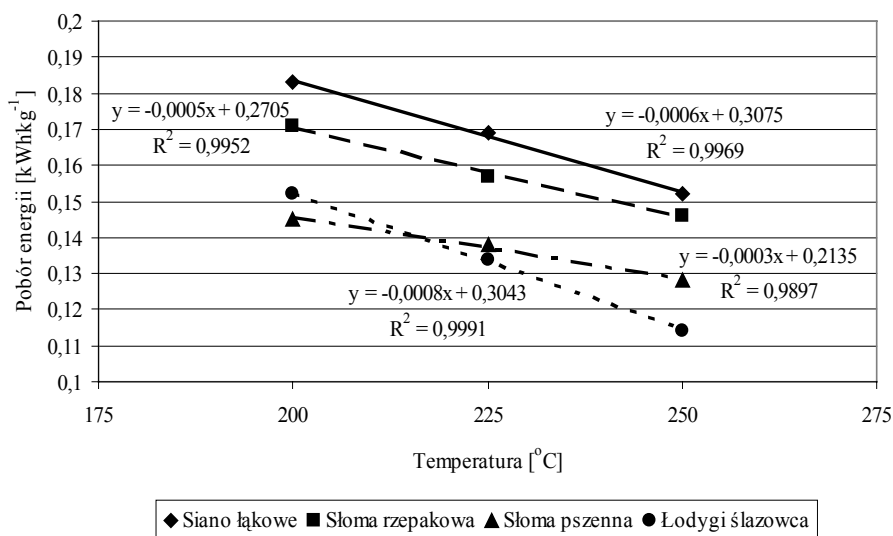
Na rysunku 3 przedstawiono średnie wartości poboru energii elektrycznej podczas procesu brykietowania stosowanych surowców roślinnych. W zależności od temperatury w komorze zagęszczania brykietarki oraz rodzaju zagęszczanego surowca wartości poboru całkowitej energii elektrycznej były zróżnicowane. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, iż ze wzrostem temperatury w komorze brykietarki malało zużycie energii elektrycznej. W przypadku temperatury 200°C zakres poboru energii zawierał się w przedziale 0,145-0,183 kWh·kg⁻¹, dla temperatury 225°C – 0,134-0,169 kWh·kg⁻¹, natomiast dla temperatury 250°C – 0,114-0,152 kWh·kg⁻¹.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Średnie wartości poboru mocy chwilowej podczas procesu brykietowania badanych surowców roślinnych

Fig. 2. Average values of temporary power consumption during the briquetting process of the tested plant materials



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Średnie wartości poboru energii elektrycznej podczas brykietowania badanych surowców roślinnych

Fig. 3. Average values of electric energy inputs during briquetting process of the tested plant materials

Porównując energochłonność procesu zagęszczania badanych surowców stwierdzono, że najniższe wartości poboru energii elektrycznej zanotowano dla łądyg ślázowca ($0,114-0,152 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$), nieco wyższe dla słomy pszennej ($0,128-0,145 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$) i rzepakowej ($0,146-0,171 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$), zaś najwyższe dla siana łąkowego ($0,152-0,183 \text{ kWh}\cdot\text{kg}^{-1}$). Spadek poboru energii elektrycznej w procesie wytwarzania brykietów pomiędzy temperaturą 200 a 250°C dla łądyg ślázowca wyniósł około 33%, dla słomy pszennej – około 13%, słomy rzepakowej – około 17% i dla siana łąkowego – około 20%.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników można sformułować następujące wnioski:

1. Gęstość wytworzonych brykietów zwiększała się wraz ze wzrostem temperatury w komorze zagęszczania brykieciarki. Największą gęstością charakteryzowały się brykiety uzyskane z siana łąkowego, od $643 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ dla temperatury 200°C do $827 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ dla temperatury 250°C, a najmniejszą z łądyg ślázowca, odpowiednio od 505 do $733 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
2. Pobór mocy chwilowej podczas procesu brykietowania był zróżnicowany i zależał od rodzaju użytych surowców oraz wartości przyjętej temperatury w komorze zagęszczania. W przypadku badanych surowców średnie wartości poboru mocy wraz ze wzrostem temperatury od 200 do 250°C zwiększały się od 11% dla słomy pszennej do 18% dla siana.
3. Energochłonność procesu brykietowania malała wraz ze wzrostem temperatury komory zagęszczającej. Najmniejsze zużycie energii występowało podczas brykietowania łądyg ślázowca i słomy pszennej, natomiast znacznie większe dla słomy rzepakowej oraz siana. Ze wzrostem temperatury komory zagęszczającej od 200 do 250°C spadek poboru energii elektrycznej wyniósł od 13% dla słomy pszennej do 33% dla łądyg ślázowca.

Bibliografia

- Frączek i in.** 2010a. Produkcja biomasy na cele energetyczne. Wyd. PTIR Kraków, ISBN 978-83-917053-8-4.
- Frączek i in.** 2010b. Przetwarzanie biomasy na cele energetyczne. Wyd. PTIR Kraków, ISBN 978-83-917053-9-1.
- Grzybek A.** 2003. Kierunki zagospodarowania biomasy na cele energetyczne. *Wieś Jutra*. Nr 9(62), s. 10-11.
- Hejft R.** 2002. Ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych. Wyd. Politech. Białostockiej, ISBN 83-7204-251-9.
- Hejft R.** 2011. Energochłonność procesu peletowania i brykietowania. *Czysta Energia*. N r 6(118), s. 40-41.
- Niedziółka I., Szymanek M.** 2010. An estimation of physical properties of briquettes produced from plant biomass. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*. Vol. X. s. 301-307.
- Niedziółka I., Zuchniarz A.** 2009. Ocena jakości i energochłonności wytwarzania brykietów z wybranych surowców roślinnych. Rozdz. w monografii pt. *Biomasa jako źródło energii*. Wyd. Wieś Jutra. ISBN 83-89503-76-x.

Praca zbiorowa pod red. A. Lisowskiego. 2010. Technologie zbioru roślin energetycznych. Wyd. SGGW Warszawa, ISBN 978-83-7583-222-8.

Szyszlak-Bargłowicz J., Piekarski W. 2009. Charakterystyka biomasy jako paliwa. Rozdz. w monografii pt. Biomasa jako źródło energii. Wyd. Wieś Jutra. s. 29-38. ISBN 83-89503-76-x.

ENERGY ASSESSMENT OF THE COMPRESSING PROCESS OF THE SELECTED PLANT MATERIALS IN A SREW BRIQUETTING MACHINE

Abstract. The study presents the results of the research on density and energy consumption of the briquettes production process out of the selected plant materials. Temporary power consumption and electric energy inputs were analysed. Rape straw, wheat straw, meadow hay and mallow stems were used in the process of compressing, while applying appropriate temperatures in the compression chamber of a briquetting machine, that is, 200, 225 and 250 °C. The obtained briquettes were characterised by various density and size of incurred energy inputs. Briquetting efficiency was between 505 do 827 kg·h⁻³ depending on the material used and temperature applied. Power consumption was between 4.7 do 6.0 kW, while energy consumption of the briquetting process was between 0.114 do 0.183 kWh·kg⁻¹. More advantageous effects of the briquettes production process were obtained in case of compression of fragmented Virginia mallow stems, whereas less advantageous in case of meadow hay.

Key words: plant biomass, screw briquetting machine, briquettes, energy inputs

Adres do korespondencji:

Ignacy Niedziółka; e-mail: ignacy.niedziolka@up.lublin.pl
Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Poniatowskiego 1
20-060 Lublin