

ANALIZA CECH FIZYCZNYCH BRYKIETÓW WYTWORZONYCH Z MIESZANEK WYBRANYCH SUROWCÓW ROŚLINNYCH NA CELE ENERGETYCZNE

Beata Zaklika, Ignacy Niedziółka, Małgorzata Dula
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę cech jakościowych brykietów wytworzonych z mieszanek wybranych surowców roślinnych w brykietarce hydraulicznej tłokowej. Określano wilgotność surowców oraz długość, średnicę i masę produkowanych brykietów, a także ich gęstość właściwą i wytrzymałość mechaniczną. Brykiety wytworzone z mieszanek aglomerowanych surowców roślinnych odznaczały się zróżnicowanymi parametrami dotyczącymi badanych cech fizycznych. Ze wzrostem udziału odpadów rumiankowych w brykietach wytworzonych z użytych mieszanek surowców roślinnych zmniejszała się ich długość o 5–31% i masa o 2–26%, natomiast zwiększała się gęstość właściwa o 1–8% i wytrzymałość mechaniczna o 4–6%. Korzystniejsze efekty odnośnie analizowanych cech uzyskano dla brykietów produkowanych z rożnika przerośniętego i odpadów rumiankowych w odniesieniu do brykietów z miskanta olbrzymiego i odpadów rumiankowych.

Słowa kluczowe: surowce roślinne, brykiety, gęstość właściwa, wytrzymałość mechaniczna

WSTĘP

Rosnące zainteresowanie biomasą roślinną na cele energetyczne związane jest z koniecznością poszukiwania nowych źródeł ich pozyskiwania. Można do nich zaliczyć zarówno jednoroczne, jak i wieloletnie uprawy polowe, a także odpady i produkty uboczne powstałe w przemyśle rolno-spożywczym. W związku z tym pozyskiwane są przede wszystkim takie surowce jak słoma zbóż i innych roślin, trawy z trwałych użytków zielonych oraz rośliny z celowych upraw energetycznych [Majtkowski 2007, Stolarski i in. 2008, Grzybek 2012, Szczukowski i in. 2012]. Zarówno nadwyżki słomy, jak i inne surowce roślinne mogą być wykorzystane do produkcji peletów i brykietów. Uzyskane biopaliwa stałe są nieszkodliwe dla środowiska, gdyż podczas ich spalania

Corresponding author: Ignacy Niedziółka, Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin, e-mail: ignacy.niedziolka@up.lublin.pl

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Lublin 2015

ilość CO₂ emitowana do atmosfery równoważona jest przez rośliny, które odtwarzają biomasę w procesie fotosyntezy. Ponadto wykorzystanie biopaliw może być opłacalne, gdyż ich ceny są konkurencyjne w porównaniu z paliwami konwencjonalnymi [Frączek 2010, Wu i in. 2011].

Surowce roślinne w stanie nieprzetworzonym charakteryzują się niską gęstością i czasami wysoką wilgotnością, co powoduje duże problemy podczas ich transportu, magazynowania oraz wykorzystania, którego jednym ze sposobów jest przetwarzanie na biopaliwa stałe. Produkują się je z rozdrobnionej biomasy poprzez jej zagęszczanie pod wpływem działania wysokiego ciśnienia w odpowiedniej temperaturze. Dzięki temu uzyskuje się zmniejszenie ich wilgotności, koncentrację masy i energii właściwej, ułatwienie dystrybucji oraz wykorzystania [Niedziółka i Szymanek 2010, Skonecki i Potręć 2010, Kołodziej i Matyka 2012, Hejft 2013].

W związku z powyższym konieczne jest poszukiwanie możliwości racjonalnego wykorzystania surowców i odpadów roślinnych na cele energetyczne. Jednym ze sposobów jest produkcja brykietów, które mogą stać się alternatywnym źródłem energii. Takie wykorzystanie biomasy jest wskazane także ze względu na ochronę środowiska przyrodniczego [Denisiuk 2007, Kwaśniewski 2008, Niedziółka 2014].

Celem pracy była analiza cech fizycznych brykietów produkowanych z mieszanek wybranych surowców pochodzenia roślinnego w brykietarce hydraulicznej tłokowej.

MATERIAŁ I METODY

Do produkcji brykietów stosowano brykietarkę hydrauliczną tłokową typu JUNIOR firmy Deta Polska (rys. 1). Ciśnienie robocze brykietarki wynosiło 8 MPa. W tabeli 1 zamieszczono dane techniczne stosowanej brykietarki.

Tabela 1. Dane techniczne brykietarki hydraulicznej tłokowej
Table 1. Technical data of the hydraulic piston briquetting machine

Wyszczególnienie Specification	Jednostka Units	Parametry Parameters
Średnica brykietu Diameter of briquette	mm	50
Długość brykietu Length of briquette	mm	do 50
Wydajność brykietarki Efficiency of the briquetting machine	kg·h ⁻¹	do 50
Moc silnika elektrycznego Power of electric engines	kW	5,5
Zgniot hydrauliczny Power of electric engines	kg·cm ⁻²	900
Maksymalne ciśnienie robocze Maximum operating pressure	MPa	15
Wymiary (dł. × szer. × wys.) Dimensions (L × W × H)	mm	1600 × 1100 × 150
Masa netto brykietarki Net mass of the briquetting machine	kg	680



Rys. 1. Brykietarka hydrauliczna tłokowa typu JUNIOR
Fig. 1. Hydraulic piston briquetting machine of JUNIOR type

Do badań wykorzystano surowce pochodzenia roślinnego, tj. rozdrobnione łodygi miskanta olbrzymiego i rożnika przerośniętego oraz odpady rumiankowe. Skład brykietowanych mieszanek przedstawiał się następująco:

- 4/5 masy próby łodygi miskanta olbrzymiego (80%) i 1/5 masy odpady rumiankowe (20%),
- 2/3 masy próby łodygi miskanta olbrzymiego (67%) i 1/3 masy odpady rumiankowe (33%),
- 1/2 masy próby łodygi miskanta olbrzymiego (50%) i 1/2 masy odpady rumiankowe (50%),
- 4/5 masy próby łodygi rożnika przerośniętego (80%) i 1/5 masy odpady rumiankowe (20%),
- 2/3 masy próby łodygi rożnika przerośniętego (67%) i 1/3 masy odpady rumiankowe (33%),
- 1/2 masy próby łodygi rożnika przerośniętego (50%) i 1/2 masy odpady rumiankowe (50%).

Wilgotność względną surowców określano za pomocą wago-suszarki laboratoryjnej MAX 50/1/WH firmy RADWAG. Próbki wilgotnej biomasy (ok. 5 g) umieszczano w komorze suszenia wago-suszarki, a następnie suszono w temperaturze 120°C do osiągnięcia stałej masy zgodnie z normą PN-EN 15414-3: 2011. Na wyświetlaczu odczytywano wartość wilgotności suszonego surowca.

Masę wody potrzebną do uzyskania danej wilgotności surowca obliczano ze wzoru (1):

$$m_w = \frac{w_2 - w_1}{100 - w_2} \cdot m_n \text{ (g)} \quad (1)$$

gdzie:

- m_w – masa wody do nawilżania (g),
- w_2 – żądana wilgotność surowca (%),
- w_1 – początkowa wilgotność surowca (%),
- m_n – masa nawilżanego surowca (g).

Do badań pobierano próby brykietów o masie 1000 g \pm 10 g i wykonywano je w 6 powtórzeniach. Wymiary geometryczne brykietów, tzn. ich średnicę i długość, określano za pomocą suwmiarki z dokładnością \pm 0,1 mm, natomiast masę przy użyciu wagi laboratoryjnej z dokładnością \pm 0,1 g.

Gęstość właściwą brykietu określano na podstawie wyników powyższych pomiarów według wzoru (2):

$$\rho_w = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot d^2 \cdot l} \text{ (kg}^{-3}\text{)} \quad (2)$$

gdzie:

- ρ_w – gęstość właściwa brykietu (kg·m⁻³),
- m – masa brykietu (g),
- d – średnica zewnętrzna brykietu (mm),
- l – długość brykietu (mm).

Pomiary wytrzymałości mechanicznej brykietów przeprowadzano na stanowisku badawczym zgodnie z normą PN-EN 15210-2:2011. Prędkość obrotowa bębna wynosiła 21 obr·min⁻¹ (\pm 0,1 obr·min⁻¹), czas próby 5 min, a masa próbki 2000 g (\pm 100 g). Po próbie wytrzymałości testowane próbki brykietów przesiewano na sicie o średnicy otworów 31,5 mm. Wytrzymałość mechaniczną brykietów określano według wzoru (3):

$$D_U = \frac{m_A}{m_E} \cdot 100 \text{ (%) } \quad (3)$$

gdzie:

- D_U – wytrzymałość mechaniczna brykietów (%),
- m_A – masa brykietów po próbie wytrzymałości (g),
- m_E – masa brykietów przed próbą wytrzymałości (g).

Wyniki pomiarów poddano analizie statystycznej, wykorzystując jednoczynnikową analizę wariancji w programie STATISTICA 10.0. Istotność różnic między średnimi określono, wykorzystując test Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Wilgotność początkowa surowców wynosiła 8,3–9,5%, natomiast po ich nawodnieniu – 16,9–17,2% (tab. 2). W badaniach Denisiuk [2007] wilgotności brykietowanych surowców zawierały się w granicach od 9,6 do 15,1%, natomiast w badaniach Stolarskiego i in. [2008] wilgotność surowców zależała od terminu ich zbioru i wynosiła od 16,0 do 26,2%. Zdaniem innych autorów [Frączek 2010, Skonecki i Potręć 2010, Niedziółka 2014], świeża biomasa jest z reguły surowcem wilgotnym (20–50%) i trudnym do przetwarzania, stąd wilgotność powyżej 15% powoduje spadek jakości i trwałości produkowanych brykietów lub peletów.

Tabela 2. Wilgotność surowców roślinnych wykorzystanych do brykietowania
Table 2. Moisture of the plant raw materials used for briquetting

Rodzaj surowca Kind of the raw material	Wilgotność (%) Moisture	
	początkowa, w_1 beginning	po nawodnieniu, w_2 after hydration
Łodygi miskanta olbrzymiego Stalks of giant miscanthus	9,5	17,2
Łodygi roznika przerośniętego Stalks of sylphium perfoliatum	8,3	16,9
Odpady rumiankowe Camomile waste	8,8	17,1

W tabeli 3 zamieszczono średnie wartości uzyskanych wyników badań niektórych cech fizycznych produkowanych brykietów. Średnia długość brykietu wytworzonego z miskanta olbrzymiego z dodatkiem odpadów rumiankowych mieściła się w przedziale 31,3–34,8 mm, natomiast brykietu z roznika przerośniętego i odpadów rumiankowych zawierała się w granicach 28,5–41,5 mm. Najmniejszą długością charakteryzowały się brykiety produkowane z mieszanki roznika przerośniętego i odpadów rumiankowych w składzie 80/20%, a największą brykiety wytworzone z tych surowców w składzie 50/50%. Statystycznie istotne różnice stwierdzono między długością brykietów z miskanta olbrzymiego i odpadów rumiankowych w składzie 80/20%, a długością brykietów z roznika przerośniętego i odpadów rumiankowych w składzie 80/20% i 50/50%. W pozostałych przypadkach nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic dla długości brykietów produkowanych z badanych surowców.

Średnia masa brykietu wytworzonego z miskanta olbrzymiego z dodatkiem odpadów rumiankowych wahała się w przedziale 54,7–57,7 g, a brykietu z roznika przerośniętego z dodatkiem odpadów rumiankowych wahała się w granicach 56,4–75,7 g. Brykiety wytworzone z mieszanki roznika przerośniętego i odpadów rumiankowych w składzie 50/50% posiadały najmniejszą masę, natomiast największą masę stwierdzono dla brykietów z miskanta olbrzymiego i odpadów rumiankowych w składzie 80/20%. Statystycznie istotne różnice stwierdzono dla masy brykietów wytworzonych z miskanta olbrzymiego i odpadów rumiankowych dla przyjętych udziałów masowych oraz z roznika przerośniętego i odpadów rumiankowych w składzie 50/50%, a masy brykietów z roznika przerośniętego z dodatkiem odpadów rumiankowych w składzie 80/20% i 67/33%. W pozostałych przypadkach nie stwierdzono statystycznie istotnych

różnic dla masy brykietów produkowanych z badanych surowców roślinnych. Średnica brykietów produkowanych z przyjętych mieszanek surowców roślinnych była stała i wynosiła 50 mm.

Tabela 3. Zestawienie cech fizycznych produkowanych brykietów w zależności od rodzaju mieszanek surowców roślinnych

Table 3. Comparison of the physical properties of produced briquettes depending on the type of blends of plant raw materials

Rodzaj mieszanek Type of blends	Średnia długość brykietu (mm) Average length of a briquette	Średnia masa brykietu (g) Average mass of a briquette
Miskant olbrzymi i odpady rumiankowe – (80/20%) Giant miscanthus and camomile waste	34,8 ^a	57,7 ^a
Miskant olbrzymi i odpady rumiankowe – (67/33%) Giant miscanthus and camomile waste	32,2 ^{ab}	56,1 ^a
Miskant olbrzymi i odpady rumiankowe – (50/50%) Giant miscanthus and camomile waste	31,3 ^{ab}	54,7 ^a
Rożnik przerośnięty i odpady rumiankowe – (80/20%) Sylphium perfoliatum and camomile waste	41,5 ^c	75,7 ^c
Rożnik przerośnięty i odpady rumiankowe – (67/33%) Sylphium perfoliatum and camomile waste	33,8 ^{ab}	65,2 ^b
Rożnik przerośnięty i odpady rumiankowe – (50/50%) Sylphium perfoliatum and camomile waste	28,5 ^b	56,4 ^a
NIR		
LSD	5,71	6,18

a, b, c... – średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

a, b, c... – averages indicated by the same letter do not differ significantly at the level $\alpha = 0.05$

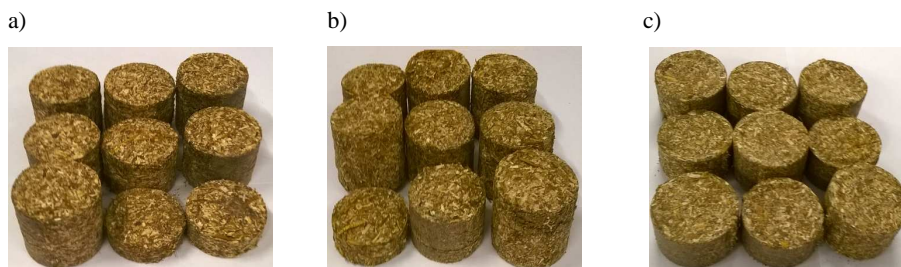
Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono brykiety wytworzone z mieszanek badanych surowców roślinnych.

Gęstość właściwa brykietu wytworzonego z miskanta olbrzymiego z dodatkiem odpadów rumiankowych mieściła się w granicach 889–896 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, natomiast brykietów produkowanych z rożnika przerośniętego z dodatkiem odpadów rumiankowych zawierała się w przedziale 947–1025 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (rys. 4).



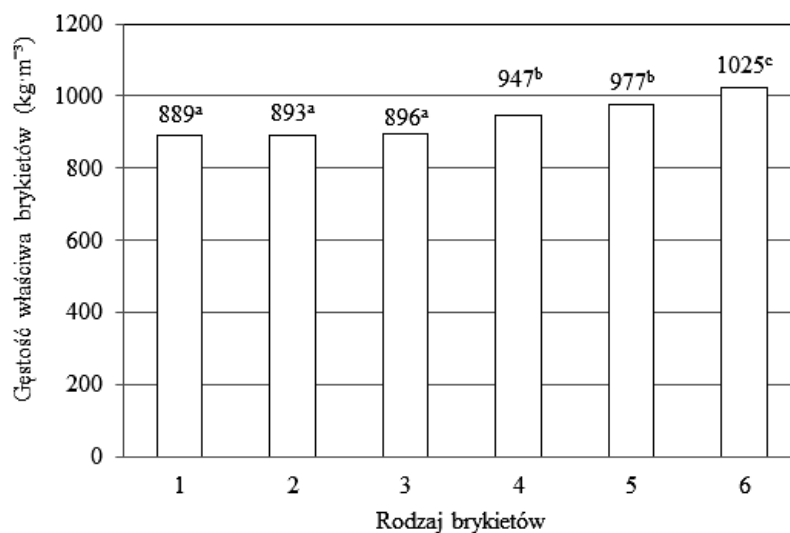
Rys. 2. Brykiety wytworzone z miskanta olbrzymiego i odpadów rumiankowych w składzie: a) – 80/20%, b) – 67/33%, c) – 50/50%

Fig. 2. Briquettes produced from giant miscanthus and camomile waste composed of: a) – 80/20%, b) – 67/33%, c) – 50/50%



Rys. 3. Brykiety wytworzone z roznika przerośniętego i odpadów rumiankowych w składzie: a) – 80/20%, b) – 67/33%, c) – 50/50%

Fig. 3. Briquettes produced from sylphium perfoliatum and camomile waste composed of: a) – 80/20%, b) – 67/33%, c) – 50/50%



NIR/LSD = 45,4

a, b, c... – średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

a, b, c... – averages indicated by the same letter do not differ significantly at the level $\alpha = 0.05$

Rys. 4. Gęstość właściwa brykietów wytworzonych z miskanta olbrzymiego i odpadów rumiankowych w składzie: 1 – 80/20%, 2 – 67/33%, 3 – 50/50% oraz roznika przerośniętego i odpadów rumiankowych w składzie: 4 – 80/20%, 5 – 67/33%, 6 – 50/50%

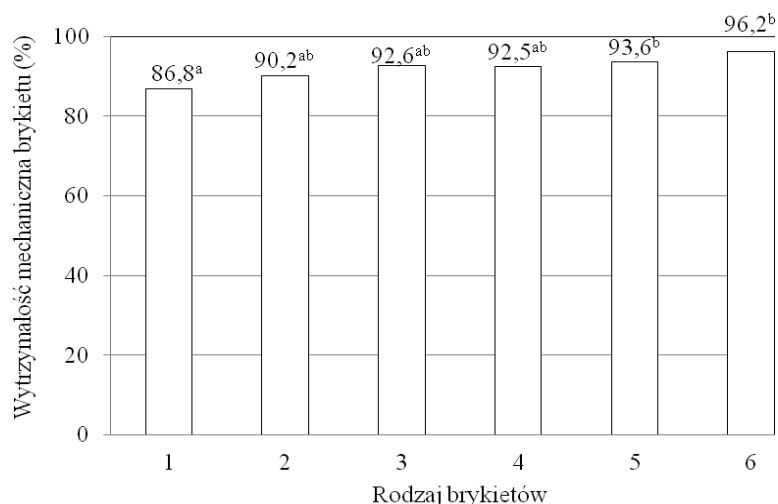
Fig. 4. Specific density of briquettes produced from giant miscanthus and camomile waste composed of: 1 – 80/20%, 2 – 67/33%, 3 – 50/50%; from sylphium perfoliatum and camomile waste composed of: 4 – 80/20%, 5 – 67/33%, 6 – 50/50%

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej, istotne różnice stwierdzono między gęstością właściwą brykietów wytworzonych z miskanta olbrzymiego z dodatkiem odpadów rumiankowych a gęstością właściwą brykietów z roznika przerośniętego i odpadów rumiankowych. Natomiast nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic dla

gęstości właściwej brykietów z miskanta olbrzymiego i odpadów rumiankowych dla przyjętych udziałów masowych oraz dla brykietów z rożnika przerośniętego i odpadów rumiankowych w składzie 80/20% i 67/33%.

Wytrzymałość mechaniczna brykietów produkowanych z miskanta olbrzymiego z dodatkiem odpadów rumiankowych mieściła się w zakresie 86,8–92,6%, zaś brykietów z rożnika przerośniętego z dodatkiem odpadów rumiankowych wahała się w przedziale 92,5–96,2% (rys. 5).

Statystycznie istotne różnice stwierdzono między wytrzymałością mechaniczną brykietów z miskanta olbrzymiego i odpadów rumiankowych w składzie 80/20% a wytrzymałością mechaniczną brykietów z rożnika przerośniętego i odpadów rumiankowych w składzie 67/33% i 50/50%. W pozostałych przypadkach nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic dla wytrzymałości mechanicznej brykietów z miskanta olbrzymiego i rożnika przerośniętego z dodatkiem odpadów rumiankowych dla przyjętych składów mieszanek.



NIR/LSD = 6,09

a, b, c ... – średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

a, b, c ... – averages indicated by the same letter do not differ significantly at the level $\alpha = 0.05$

Rys. 5. Wytrzymałość mechaniczna brykietów wytworzonych z miskanta olbrzymiego i odpadów rumiankowych w składzie: 1 – 80/20%, 2 – 67/33%, 3 – 50/50% oraz rożnika przerośniętego i odpadów rumiankowych w składzie: 4 – 80/20%, 5 – 67/33%, 6 – 50/50%

Fig. 5. Mechanical strength of briquettes produced from giant miscanthus and camomile waste composed of: 1 – 80/20%, 2 – 67/33%, 3 – 50/50%; from sylphium perfoliatum and camomile waste composed of: 4 – 80/20%, 5 – 67/33%, 6 – 50/50%

Zdaniem różnych badaczy [Wu i in. 2011, Niedziółka i Szymanek 2010, Hejft 2013] gęstość właściwa i wytrzymałość mechaniczna produkowanych brykietów zależy zarówno od rodzaju i wilgotności surowca, stopnia jego rozdrobnienia oraz typu i parametrów roboczych urządzenia aglomerującego. Potwierdzają to wyniki własnych badań produkcji brykietów z biomasy roślinnej w brykietnicy hydraulicznej tłokowej. Gę-

stość właściwa brykietów wytworzonych z mieszanki słomy zbożowej i słomy owsianej z dodatkiem odpadów pofermentacyjnych mieściła się w granicach 727–940 kg·m⁻³. Z kolei wytrzymałość mechaniczna brykietów uzyskanych z badanych surowców pochodzenia roślinnego zawierała się w przedziale 83,6–91,3%.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań oraz uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

1. Brykiety wytworzone z aglomerowanych mieszanek surowców roślinnych odznaczały się dobrymi parametrami dotyczącymi zarówno badanych cech fizycznych, jak i gęstości właściwej i wytrzymałości mechanicznej.

2. Ze zwiększeniem udziału odpadów rumiankowych w brykietach wytworzonych z miskanta olbrzymiego zmniejszała się długość wytwarzanych brykietów o 5–8%, natomiast w mieszankach z rożnikiem przerośniętym ich długość zmniejszała się i o 16–31%.

3. Wzrost udziału odpadów rumiankowych w brykietach wytworzonych z miskanta olbrzymiego powodował, że ich masa zmniejszała się o 2–5%, natomiast w brykietach z rożnika przerośniętego o 15–26%.

4. Najmniejszą gęstość właściwą (889 kg·m⁻³) odnotowano dla brykietów produkowanych z mieszanki miskanta olbrzymiego i odpadów rumiankowych w składzie 80/20%, natomiast największą (1025 kg·m⁻³) dla brykietów z mieszanki rożnika przerośniętego i odpadów rumiankowych w składzie 50/50%.

5. Najmniejszą wytrzymałością mechaniczną wynoszącą 86,8%, charakteryzowały się brykiety wytworzone z miskanta olbrzymiego i odpadów rumiankowych w składzie 80/20%, a największą (96,2%) brykiety z rożnika przerośniętego i odpadów rumiankowych w składzie 50/50%.

PIŚMIENNICTWO

- Denisiuk, W. (2007). Brykiety/pelety ze słomy w energetyce. *Inż. Roln.*, 9(97), 41–47.
- Frączek, J. (red.) (2010). *Przetwarzanie biomasy na cele energetyczne*. Wyd. PTIR, Kraków, ISBN 978-83-917053-9-1.
- Grzybek, A. (red.) (2012). *Słoma – wykorzystanie w energetyce ciepłej*. Wyd. ITP Falenty, ISBN 978-83-62416-48-6.
- Hejft, R. (2013). Innowacyjność w granulowaniu biomasy. *Czysta Energia*, 6(130), 32–34.
- Kołodziej, B., Matyka, M. (red.) (2012). *Odnawialne źródła energii. Rolnicze surowce energetyczne*. PWRiL Sp. z o.o. Poznań, ISBN 978-83-09-01139-2.
- Kwaśniewski, D. (2008). Ocena produkcji i potencjalnych możliwości wykorzystania słomy do celów grzewczych na przykładzie powiatu żywieckiego. *Inż. Roln.*, 6(104), 113–119.
- Majtkowski, W. (2007). Rośliny energetyczne na paliwo stałe. *Wiś Jutra*, 8/9, 16–18.
- Niedziółka, I., (red.) (2014). *Technika produkcji brykietów z biomasy roślinnej*. Tow. Wyd. Nauk. LIBROPOLIS, ISBN 978-83-63761-38-7.
- Niedziółka, I., Szymanek, M. (2010). An estimation of physical properties of briquettes produced from plant biomass. *Teka Komisji Motor. Energ. Rol.*, 10, 301–307.

- PN-EN 15414-3: 2011 – Oznaczenie zawartości wilgoci metodą suszarkową – Część 3: Wilgoć w ogólnej próbce analitycznej.
- PN-EN 15210-2: 2011 – Biopaliwa stałe – Oznaczenie wytrzymałości mechanicznej.
- Skonecki, S., Potręć, M. (2010). Wpływ wilgotności na ciśnieniowe zagęszczanie biomasy roślinnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 546, 341–346.
- Stolarski, M., Szczukowski, S., Tworkowski, J. (2008). Biopaliwa z biomasy wieloletnich roślin energetycznych. *Energetyka*, 1(643), 77–80.
- Szczukowski, S., Tworkowski, J., Stolarski, M., Kwiatkowski, J., Krzyżaniak, M., Lajszner, W., Graban, Ł. (2012). Wieloletnie rośliny energetyczne. MULTICO, Ofic. Wyd. Warszawa.
- Wu, M.R., Schott, D.L., Lodewijks, G. (2011). Physical properties of solid biomass. *Biom. Bioen.*, 35, 2093–2105.

ANALYSIS OF PHYSICAL PROPERTIES OF BRIQUETTES PRODUCED OF CHOSEN PLANT RAW MATERIALS BLENDS FOR ENERGY PURPOSES

Abstract. The article presents the analysis of quality properties of briquettes produced of blends of chosen plant raw materials in the plumbig piston of a briquetting machine. The moisture of the raw materials, the length, diameter and mass of the produced briquettes as well as their specific density and mechanical strength were determined. The produced briquettes of blends of agglomerated plant raw materials were characterized by diversified parameters of the studied physical properties. With the increase of camomile waste rate in the briquettes made from applied blends of plant raw materials, their length were reduced about 5–31% and mass about 2–26%, however the specific density increased about 1–8% and mechanical strength about 4–6%. Better parameters of the analysed properties were obtained for the briquettes from sylphium perfoliatum and camomile waste when compared to the briquettes from giant miscanthus and camomile waste.

Key words: plant raw materials, briquettes, specific density, mechanical strength