

ANALIZA CECH FIZYCZNYCH BRYKIETÓW Z BIOMASY ROŚLINNEJ*

Ignacy Niedziółka

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Magdalena Kachel-Jakubowska, Artur Kraszkiewicz, Mieczysław Szpryngiel

Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania Procesami Produkcyjnymi

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Przedstawiono analizę cech fizycznych brykietów wytworzonych z biomasy roślinnej. Do produkcji brykietów użyto słomy pszennej, żytniej, kukurydzianej, rzepakowej, mieszanki zbożowej oraz siana łąkowego. Badane surowce roślinne rozdrabniano za pomocą stacyjnej siewkarni bębnowej, napędzanej silnikiem elektrycznym o mocy 7,5 kW. Teoretyczna długość cięcia materiałów roślinnych wynosiła 20 mm. Analizy wilgotności i wartości opałowej surowców oraz gęstości nasypowej i trwałości mechanicznej brykietów przeprowadzono zgodnie z obowiązującymi normami. Wilgotność surowców w stanie świeżym wynosiła od 16–20% dla słomy rzepakowej do 35–55% dla słomy kukurydzianej, natomiast w stanie suchym odpowiednio – od 11–13% do 13–15%. Średnia wartość opałowa dla badanych surowców roślinnych wahała się w przedziale od 16,1 do 17,2 MJ·kg⁻¹. Do wytwarzania brykietów zastosowano brykieciarkę ślimakową JW-08 z podgrzewaną komorą zagęszczania. Gęstość nasypowa oraz trwałość mechaniczna brykietów zależały od rodzaju użytego surowca i temperatury w komorze zagęszczającej brykieciarki. Najniższa gęstość nasypowa brykietów zawierała się w przedziale 505–734 kg·m⁻³ dla siana łąkowego, a największa 643–827 kg·m⁻³ dla słomy kukurydzianej, przy temperaturze komory zagęszczającej 200 i 250°C. Natomiast trwałość mechaniczna brykietów wahała się odpowiednio od 50 do 75% dla siana łąkowego i od 69 do 94% dla słomy kukurydzianej, dla przyjętych temperatur komory zagęszczającej brykieciarki.

Słowa kluczowe: biomasa roślinna, brykiety, gęstość nasypowa, trwałość mechaniczna

Wstęp

Wzrastające znaczenie źródeł energii odnawialnej, które sprzyjają ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych, uzasadnia, iż coraz większą rolę odgrywać będzie pozyskiwanie

* *Praca naukowa finansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki w latach 2011-2014 jako projekt badawczy nr NN 313 757540*

i wykorzystywanie surowców naturalnych. Jednym z ważniejszych źródeł tej energii jest niewątpliwie biomasa roślinna. Prowadzone na szeroką skalę badania naukowe w wielu krajach, a także i w Polsce, jednoznacznie wskazują, że w najbliższych latach będzie ona stanowiła podstawowe odnawialne źródło energii. Możliwa dostępność tańszego surowca z produkcji roślinnej oraz znana technologia jej spalania sprawia, że biomasa używana do celów energetycznych staje się konkurencyjnym paliwem dla stosowanych obecnie paliw konwencjonalnych (Frączek, 2010a; Kowalczyk-Juśko i Zywer, 2011).

Rosnące zainteresowanie surowcami roślinnymi na cele energetyczne związane jest z poszukiwaniem alternatywnych źródeł ich produkcji. Mogą one pochodzić z jednorocznych lub wieloletnich upraw polowych, a także z odpadów i produktów ubocznych powstałych w przemyśle rolno-spożywczym. W związku z tym pozyskiwane są przede wszystkim takie odpady, jak: słoma zbóż i innych roślin, trawy z trwałych użytków zielonych oraz rośliny z celowych upraw energetycznych (Denisiuk, 2005; Majtkowski, 2007). Zarówno nadwyżki słomy, jak inne surowce roślinne mogą być wykorzystane do produkcji peletów i brykietów. Przetworzona w ten sposób biomasa jako paliwo jest nieszkodliwa dla środowiska. Podczas jej spalania ilość CO₂ emitowana do atmosfery równoważona jest przez rośliny, które odtwarzają biomasę w procesie fotosyntezy. Ponadto wykorzystanie biomasy może być coraz bardziej opłacalne, gdyż ceny jej na rynku są konkurencyjne w stosunku do paliw konwencjonalnych (Denisiuk, 2008; Frączek, 2010b).

Surowce roślinne w stanie nieprzetworzonym charakteryzują się niską gęstością i czasami wysoką wilgotnością, sprawiającą znaczne problemy podczas jej transportu, magazynowania oraz wykorzystania w praktyce. W związku z tym istnieje konieczność ich przetworzenia na pelety lub brykiety. Aglomeraty te wytwarza się z rozdrobnionej, suchej biomasy w procesie zagęszczania pod wpływem działania wysokiego ciśnienia i temperatury. Dzięki temu uzyskuje się zmniejszenie jej wilgotności, zwiększenie koncentracji masy i energii w jednostce objętości oraz wzrost łatwości dystrybucji i użytkowania takiego rodzaju biopaliw (Frączek, 2010a; Hejft, 2006; Niedziółka i Szymanek, 2010; O'Dogherty i in., 1995).

Spośród wielu specyficznych właściwości biomasy i wytworzonych z niej biopaliw, mających wpływ na sprawność działania urządzenia grzewczego i jego moc cieplną należy wymienić wartość opałową, gęstość nasypową i trwałość mechaniczną. Jakość i standaryzacja wytwarzanych biopaliw stałych uzależniona jest w praktyce od techniki grzewczej. Dla dużych ciepłowni trwałość biopaliw i zawartość pyłu jest mniej ważna, natomiast biopaliwo wykorzystywane w indywidualnych systemach grzewczych musi być bardzo trwałe, aby nie wystąpił efekt pylenia i nie pojawiły się problemy techniczne podczas automatycznego zadawania paliwa. Dlatego też prowadzone są badania związane z poszukiwaniem najbardziej korzystnych rozwiązań dotyczących doboru odpowiednich urządzeń aglomerujących i ich parametrów roboczych do kompaktowania różnych surowców roślinnych, wykorzystywanych do produkcji biopaliw stałych (Adamczyk i in., 2005; Fiszer, 2005; Frączek, 2010c).

Celem pracy była analiza cech fizycznych surowców roślinnych oraz brykietów wytworzonych w brykietarce ślimakowej z podgrzewaną komorą zagęszczania.

Metodyka i warunki badań

Do wytwarzania brykietów użyto następujących surowców roślinnych: słomy pszennej, słomy żytniej, słomy kukurydzianej, słomy rzepakowej, słomy mieszanki zbożowej (jęczmień 50% + pszenica 50%) i siana łąkowego. Badane surowce zbierane były prasami wysokiego stopnia zgniotu w postaci małych bel prostopadłościennych. Wilgotność względną surowców wyznaczono metodą wagowo-suszarkową. Pomiar wilgotności surowców przeprowadzono w trzech powtórzeniach i określano według wzoru (1):

$$W = \frac{m_o - m_1}{m_o} \cdot 100 \quad (1)$$

gdzie:

- W – wilgotność badanego surowca (%),
- m_o – masa próbki surowca przed suszeniem (g),
- m_1 – masa próbki surowca po suszeniu (g).

Wartość opałową obliczono na podstawie ciepła spalania wyznaczonego przy użyciu kalorymetru KL-12 Mn. Surowce roślinne przed brykietowaniem rozdrabniano przy użyciu stacyjnej siewkarni bębnowej, napędzanej silnikiem elektrycznym o mocy 7,5 kW. Teoretyczna długość cięcia materiałów roślinnych wynosiła 20 mm. Do procesu zagęszczania rozdrobnionych surowców roślinnych zastosowano brykieciarkę ślimakową JW-08 firmy EnEco, z podgrzewaną komorą zagęszczania (rys. 1). Przyjęto trzy wartości temperatury komory zagęszczającej, tj.: 200, 225 i 250°C.



Rysunek 1. Brykieciarka ślimakowa z prowadnicą do stabilizacji brykietów
Figure 1. Screw briquetting machine with a guide for stabilizing briquettes

Po wytworzeniu brykietów określono ich cechy geometryczne: średnicę i długość za pomocą suwmiarki (z dokładnością pomiaru $\pm 0,1$ mm) oraz masę przy użyciu wagi laboratoryjnej WPT 3/6 (z dokładnością pomiaru $\pm 0,1$ g). Gęstość nasypową brykietów okre-

ślono poprzez swobodne ich nasypywanie do cylindra pomiarowego o objętości 50 dm³, zgodnie z normą PN-EN 15103. Po wypełnieniu cylindra i zgarnięciu listwą nadmiaru produktu, całość ważono na wadze WPE 200 z dokładnością do ±0,1 g. Wartość gęstości nasypowej obliczono jako iloraz różnicy masy cylindra z brykietami i bez brykietów do jego objętości, zgodnie ze wzorem (2):

$$\rho = \frac{m_L - m_O}{V} \quad (2)$$

gdzie:

- ρ – gęstość nasypowa brykietów (kg·m⁻³),
- m_L – masa cylindra z brykietami (kg),
- m_O – masa pustego cylindra (kg),
- V – objętość cylindra (m³).

Pomiary trwałości mechanicznej brykietów przeprowadzono na stanowisku badawczym według normy PN-EN 15210-2. Prędkość obrotowa bębna wynosiła 21 obr·min⁻¹ (±0,1 obr·min⁻¹), czas próby 5 min, a średnia masa próbki 2000 g (±100 g). Testowane próby brykietów przesiewano przez sito o otworach 45 mm. Na podstawie próby wykonanej w pięciu powtórzeniach określono wskaźnik trwałości mechanicznej brykietów dla badanych surowców roślinnych. Wskaźnik ten wyznaczano z następującej zależności (3):

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

gdzie:

- D_U – wskaźnik trwałości mechanicznej (%),
- m_A – masa brykietów po próbie trwałości (kg),
- m_E – masa brykietów przed próbą trwałości (kg).

Uzyskane wyniki badań cech fizycznych i mechanicznych brykietów poddano analizie statystycznej, wykorzystując wieloczynnikową analizę wariancji oraz test Tukey'a przy 95% przedziale ufności, w programie STATISTICA 10.0.

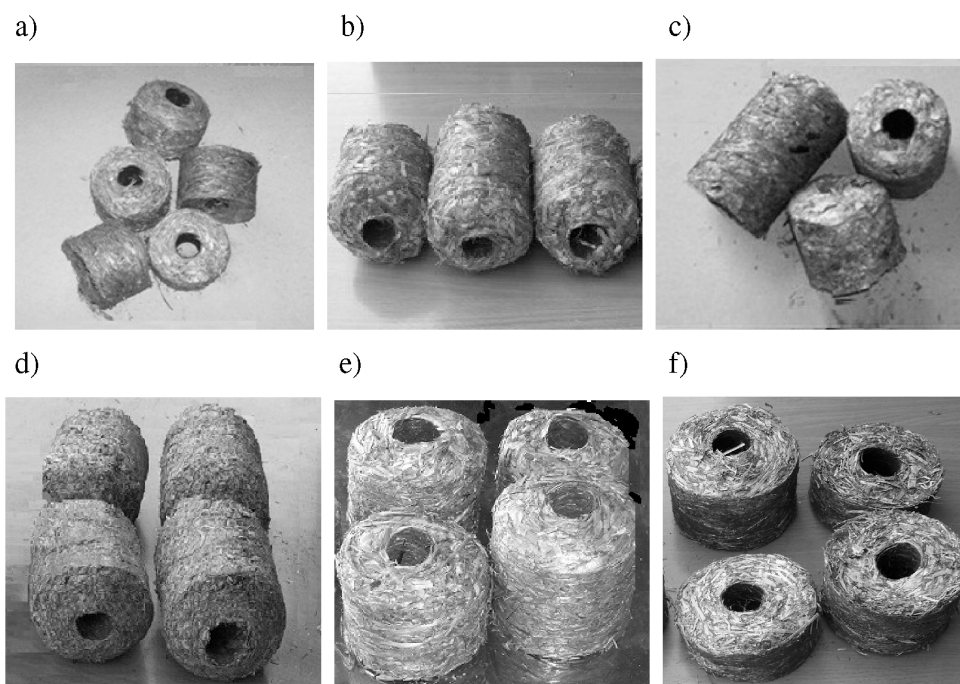
Wyniki badań

W tabeli 1 zamieszczono wyniki pomiarów wilgotności i wartości opałowej badanych surowców roślinnych. Wilgotność surowców w stanie świeżym zawierała się od 16–20% dla słomy rzepakowej do 35–55% dla słomy kukurydzianej. Natomiast wilgotność surowców w stanie suchym zawierała się od 11–13% dla słomy rzepakowej do 13–15% dla słomy kukurydzianej. Wartość opałowa surowców w stanie świeżym wynosiła od 5,3–8,2 MJ·kg⁻¹ dla słomy kukurydzianej do 12,9–14,1 MJ·kg⁻¹ dla słomy pszennej. Natomiast wartość opałowa surowców w stanie suchym zawierała się w granicach 16,1–16,6 MJ·kg⁻¹ dla słomy rzepakowej oraz 16,8–17,2 MJ·kg⁻¹ dla słomy pszennej.

Tabela 1
Wilgotność i wartość opałowa badanych surowców roślinnych
 Table 1
Moisture and calorific value of the researched plant materials

Rodzaj surowca	Wilgotność w stanie świeżym, (%)	Wilgotność w stanie suchym, (%)	Wartość opałowa w stanie świeżym, (MJ·kg ⁻¹)	Wartość opałowa w stanie suchym, (MJ·kg ⁻¹)
Słoma pszenna	20-22	12-14	12,9-14,1	16,8-17,2
Słoma żytnia	20-23	11-14	12,4-13,8	16,5-17,0
Słoma kukurydziana	35-55	13-15	5,3-8,2	16,3-16,8
Słoma rzepakowa	16-20	11-13	12,6-13,7	16,1-16,6
Słoma mieszanki zbożowej	21-23	12-14	11,8-13,5	16,5-16,9
Siano łąkowe	18-20	13-14	12,0-13,9	16,6-17,1

Na rysunku 2 przedstawiono brykiety wytworzone z badanych surowców roślinnych, natomiast w tabeli 2 wyniki pomiarów ich cech fizycznych.



Rysunek 2. Brykiety wytworzone z badanych surowców: a) słomy pszennej, b) słomy żytniej, c) słomy kukurydzianej, d) słomy rzepakowej, e) słomy mieszanki zbożowej, f) siana łąkowego

Figure 2. Briquettes produced of the researched materials: a) wheat straw, b) rye straw, c) maize straw, d) rapeseed straw, e) wheat mixture straw, f) meadow hay

Tabela 2

Wyniki pomiarów cech fizycznych wytworzonych brykietów

Table 2

Measurements results of physical properties of the produced briquettes

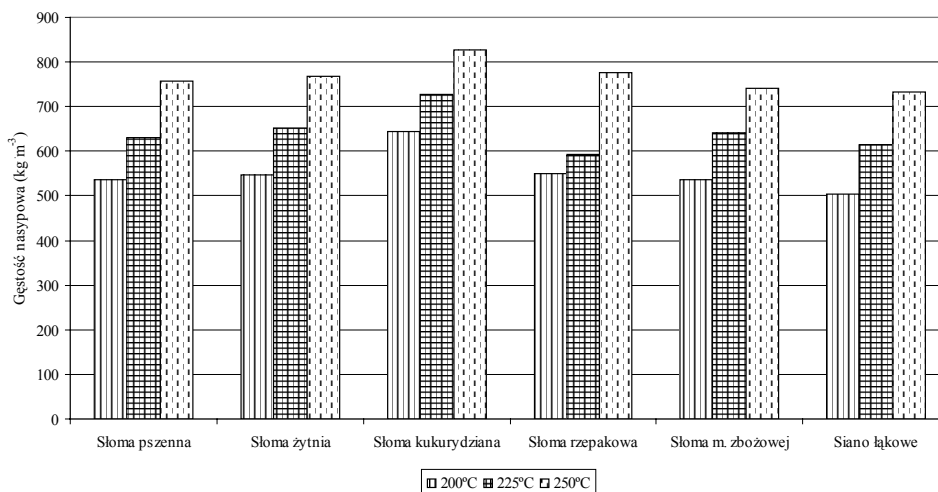
Rodzaj surowca	Temperatura, (°C)	Średnica, (mm)		Długość, (mm)		Masa, (g)	
		od-do	średnia	od-do	średnia	od-do	średnia
Słoma pszenna	200	86,4–88,5	87,0	40,5–70,4	56,1	75,6–120,7	105,3
	225	85,9–87,6	86,7	44,6–81,2	58,6	86,8–152,5	136,6
	250	85,1–87,3	86,2	50,3–93,7	66,2	153,5–258,2	210,7
Słoma żytnia	200	86,2–88,0	87,1	49,4–80,8	59,1	81,3–135,8	110,3
	225	85,4–87,6	86,5	56,7–89,6	66,6	96,9–172,7	146,6
	250	85,4–87,5	86,4	59,2–91,3	76,2	163,5–278,6	223,7
Słoma kukurydziana	200	86,3–88,4	87,2	55,5–100,4	63,5	108,2–176,8	148,5
	225	85,8–87,7	86,8	66,8–106,3	86,6	252,6–356,1	320,6
	250	84,4–86,3	85,6	71,8–110,7	91,6	294,5–463,8	394,8
Słoma rzepakowa	200	85,8–87,6	86,9	45,1–72,5	66,1	85,2–131,6	115,3
	225	85,5–87,7	86,5	48,6–86,3	78,6	122,6–183,0	156,6
	250	85,1–87,0	86,0	66,5–90,7	86,2	188,7–300,4	240,7
Słoma mieszanki zbożowej	200	86,4–88,3	87,2	33,8–68,9	53,5	80,5–124,8	108,5
	225	85,5–87,9	86,7	42,8–75,3	66,8	115,6–201,5	160,6
	250	85,2–87,6	86,3	51,6–92,4	71,6	166,5–235,8	194,8
Siano łąkowe	200	86,4–88,8	87,6	40,3–65,4	50,6	72,1–116,3	102,1
	225	86,2–88,1	87,0	45,8–70,3	55,1	105,3–199,5	145,3
	250	85,3–87,5	86,7	53,3–81,5	73,7	175,4–266,4	205,4

Z danych zamieszczonych w tabeli 2 wynika, że średnica wytworzonych brykietów była o 7–9% wyższa od średnicy komory zagęszczającej brykieciarki, która wynosiła 80 mm. Większy wzrost średnicy brykietów wytworzonych z badanych surowców występował przy najniższej temperaturze komory zagęszczającej. Największy wzrost średnicy odnotowano dla brykietów z siana łąkowego, wytworzonych w temperaturze 200°C (7,6 mm), a najmniejszy dla brykietów ze słomy kukurydzianej, wytworzonych w temperaturze 250°C (5,6 mm). Z kolei długość brykietów zwiększała się ze wzrostem temperatury w komorze zagęszczającej brykieciarki. Najkrótsze brykiety uzyskano z siana łąkowego, wytworzone w temperaturze 200°C (50,6 mm), a najdłuższe ze słomy kukurydzianej, wytworzone w temperaturze 250°C (91,6 mm). Podobną zależność stwierdzono także w przypadku masy brykietów. Najniższą masę posiadały brykiety z siana łąkowego, wytworzone w temperaturze 200°C (102,1 g), a najwyższą ze słomy kukurydzianej, wytworzone w temperaturze 250°C (394,8 g). Analiza statystyczna nie wykazała istotnego wpływu temperatury komory brykieciarki na średnicę brykietów, natomiast miała istotny wpływ na ich długość i masę.

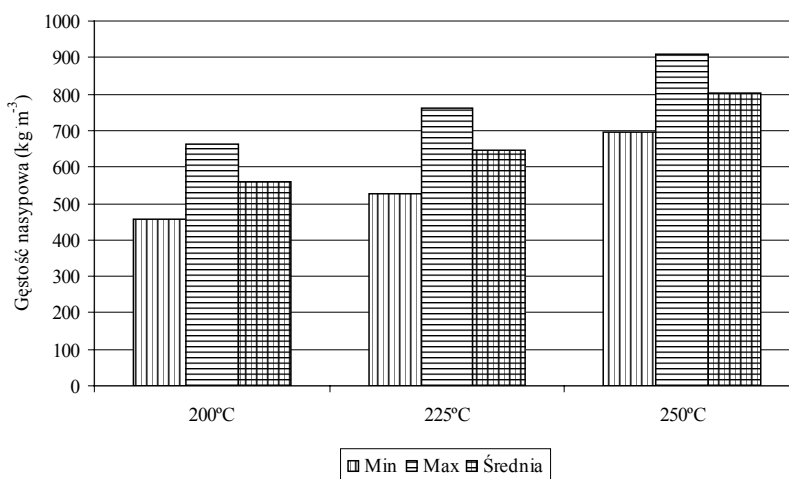
Na rysunku 3 przedstawiono wyniki pomiarów gęstości nasypowej brykietów w zależności od rodzaju użytych surowców roślinnych (rys. 3a) i wielkości temperatury komory zagęszczającej brykieciarki (rys. 3b). Najniższą gęstością nasypową charakteryzowały się brykiety z siana łąkowego ($505\text{--}734\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), a najwyższą brykiety ze słomy kukurydzianej ($643\text{--}827\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), wytworzone w przyjętych temperaturach komory zagęszczającej. Istotne

statystycznie różnice stwierdzono w przypadku gęstości brykietów ze słomy kukurydzianej, w porównaniu z gęstością brykietów wytworzonych z pozostałych surowców. Natomiast nie stwierdzono istotnych różnic gęstości dla brykietów wytworzonych ze słomy pszennej, żytniej i rzepakowej oraz dla słomy mieszanki zbożowej i siana łąkowego.

a)



b)



Rysunek 3. Gęstość nasypowa brykietów w zależności od: a) rodzaju użytych surowców, b) temperatury komory zagęszczającej brykietarki

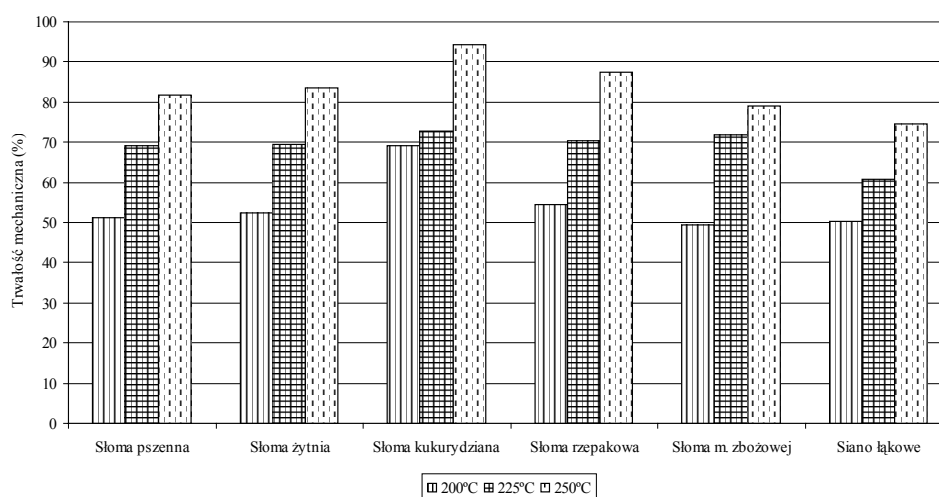
Figure 3. Bulk density of briquettes depending on: a) the type of the used materials, b) the temperature of the compression chamber of a briquetting machine

Analizując wpływ temperatury komory zagęszczającej brykociarki na gęstość nasypową brykietów, stwierdzono, że najniższe wartości uzyskano dla temperatury 200°C (458–661 kg·m⁻³), znacznie wyższe dla temperatury 225°C (528–760 kg·m⁻³), a najwyższe dla temperatury 250°C (695–911 kg·m⁻³). Mniejszy wzrost gęstości brykietów odnotowano w zakresie temperatur komory 200–225°C (średnio o 85 kg·m⁻³), natomiast większy wzrost w zakresie temperatur komory 225–250°C (średnio o 160 kg·m⁻³). Istotne statystycznie różnice odnośnie gęstości wytworzonych brykietów stwierdzono w przypadku wszystkich przyjętych temperatur komory zagęszczającej brykociarki ślimakowej.

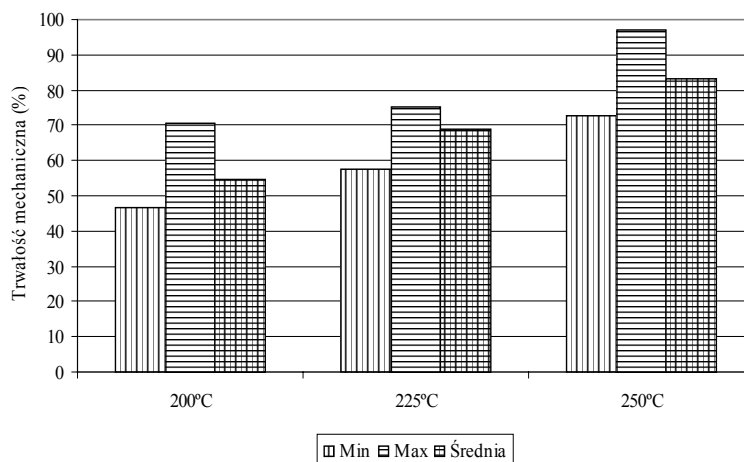
Na rysunku 4 przedstawiono wyniki badań trwałości mechanicznej brykietów w zależności od rodzaju użytych surowców roślinnych (rys. 4a) i temperatury komory zagęszczającej brykociarki (rys. 4b). Najniższą trwałością mechaniczną charakteryzowały się brykiety z siana łąkowego (50–75%), a najwyższą brykiety ze słomy kukurydzianej (69–94%). Istotne statystycznie różnice stwierdzono w przypadku trwałości mechanicznej brykietów ze słomy kukurydzianej, w porównaniu z trwałością brykietów wytworzonych z pozostałych surowców. Natomiast nie stwierdzono istotnych różnic trwałości mechanicznej dla brykietów wytworzonych ze słomy pszennej, żytniej i rzepakowej oraz dla słomy mieszanki zbożowej i siana łąkowego.

Analizując wpływ temperatury komory zagęszczającej brykociarki na trwałość mechaniczną brykietów, stwierdzono, że najniższe wartości uzyskano dla temperatury 200°C (47–70%), znacznie wyższe dla temperatury 225°C (57–75%), a najwyższe dla temperatury 250°C (73–97%). Mniejszy wzrost trwałości brykietów odnotowano w zakresie temperatur komory 200–225°C (średnio o 8%), natomiast znacznie większy w zakresie temperatur komory 225–250°C (średnio o 18%). Również w przypadku trwałości mechanicznej wytworzonych brykietów stwierdzono istotne statystycznie różnice dla przyjętych temperatur komory zagęszczającej brykociarki ślimakowej.

a)



b)



Rysunek 4. Trwałość mechaniczna brykietów w zależności od: a) rodzaju użytych surowców, b) temperatury komory zagęszczającej brykieciarki

Figure 4. Mechanical strength of briquettes depending on: a) the type of the used materials, b) the temperature of the compression chamber of a briquetting machine

Wnioski

1. Na badane cechy wytworzonych brykietów miały wpływ zarówno użyte surowce roślinne, jak też przyjęte temperatury w komorze zagęszczającej brykieciarki. Najlepsze efekty uzyskano w przypadku brykietowania słomy kukurydzianej, niższe dla słomy zbóż i rzepaku, a najniższe dla siana łąkowego, przy najwyższej temperaturze komory zagęszczającej.
2. Największą gęstością nasypową oraz trwałością mechaniczną odznaczały się brykiety ze słomy kukurydzianej, wytworzone w temperaturze komory brykieciarki wynoszącej 250°C, a najmniejszą brykiety z siana łąkowego, wytworzone w temperaturze komory zagęszczania wynoszącej 200°C. Na te cechy duży wpływ miała różna struktura części składowych obu zagęszczanych surowców roślinnych.
3. Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej stwierdzono istotny wpływ temperatury komory zagęszczającej brykieciarki ślimakowej, jak też wybranych surowców roślinnych (tj. słomy kukurydzianej i siana łąkowego) na gęstość nasypową i trwałość mechaniczną wytworzonych brykietów.

Literatura

- Adamczyk, F.; Frąckowiak, P.; Mielec, K.; Kośmicki, Z. (2005). Trwałość brykietów ze słomy przeznaczonej na opał, uzyskanych metodą zwijania. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 51(1), 33-36.
- Denisiuk, W. (2005). Produkcja roślinna jako źródło surowców energetycznych. *Inżynieria Rolnicza*, 5(80), 123-131.
- Denisiuk, W. (2008). Słoma – potencjał masy i energii. *Inżynieria Rolnicza*, 2(100), 23-30.
- Fiszer, A. (2008). Badania porównawcze współczynnika trwałości brykietów ze słomy. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 53(3), 69-71.
- Frączek, J. (red.). (2010a). *Produkcja biomasy na cele energetyczne*. Kraków, PTIR, ISBN 978-83-917053-8-4.
- Frączek, J. (red.). (2010b). *Przetwarzanie biomasy na cele energetyczne*. Kraków, PTIR, ISBN 978-83-917053-9-1.
- Frączek, J. (red.). (2010c). *Optymalizacja procesu produkcji paliw kompaktowanych wytwarzanych z roślin energetycznych*. Kraków, PTIR, ISBN 978-83-930818-0-6.
- Hejft, R. (2006). Wytwarzanie brykietów z odpadów roślinnych w ślimakowym układzie roboczym. *Inżynieria Rolnicza*, 5(80), 231-238.
- Kowalczyk-Juśko, A.; Zywer, A. (2011). Co za dużo, to ... na opał. *Agroenergetyka*, 4, 29-31.
- Majtkowski, W. (2007). Rośliny energetyczne na paliwo stałe. *Wiś Jutra*, 8/9, 16-18.
- Niedziółka, I.; Szymanek, M. (2010). An estimation of physical properties of briquettes produced from plant biomass. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*, X, 301-307.
- O'Dogherty, M.J.; Huber, A.J.; Dyson, J.; Marshal, C.J. (1995). A study of the physical and mechanical properties of wheat straw. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 62(2), 133-142.
- PN-EN 15103: 2010. *Biopaliwa stałe – Oznaczenie gęstości nasypowej*.
- PN-EN 15210-2: 2011. *Biopaliwa stałe – Oznaczenie wytrzymałości mechanicznej brykietów i peletów. Część 2: Brykiety*.

ANALYSIS OF PHYSICAL PROPERTIES OF PLANT BIOMASS BRIQUETTES

Abstract. Analysis of physical properties of plant biomass briquettes was presented. Wheat, maize and rapeseed straw, grain mixture and meadow hay were used for production of briquettes. The researched plant raw materials were ground with the use of a drum straw-cutter driven with an electric motor of 7.5 kW capacity. Theoretical length of cutting plant materials was 20 mm. Moisture and calorific value analysis of materials as well as bulk density and mechanical strength of pellets were carried out according to valid standards. Moisture of raw materials in a fresh state was 16-20% for rapeseed straw to 35–55% for maize straw while in a dry state respectively 11–13% to 13–15%. The average calorific value for the researched plant materials was between 16.1 to 17.2 MJ·kg⁻¹. For production of briquettes a screw briquetting machine JW-08 with a heated compression chamber was used. Bulk density and mechanical strength of briquettes depended on the type of the used material and temperature in the compression chamber of a briquetting machine. The lowest bulk density of briquettes was within 505–734 kg·m⁻³ for meadow hay and the highest was 643–827 kg·m⁻³ for maize straw at the temperature of the compression chamber 200 and 250°C. While mechanical strength was between respectively 50 to 75% for meadow hay and from 69 to 94% for maize straw for the accepted temperatures of the compression chamber of a briquetting machine.

Key words: plant biomass, briquettes, bulk density, mechanical strength

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