

WPŁYW PARAMETRÓW ROBOCZYCH BRYKIECIARKI NA CECHY GEOMETRYCZNE I GĘSTOŚĆ BRYKIETÓW ZE SŁOMY ZBÓŻ I SIANA

Ignacy Niedziółka, Andrzej Zuchniarz

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu przyjętych parametrów roboczych brykociarki ślimakowej na cechy geometryczne i gęstość brykietów wytworzonych ze słomy zbóż oraz siana łąkowego. Porównano podstawowe wymiary brykietów (średnicę zewnętrzną i wewnętrzną oraz długość), a także ich gęstość w zależności od przyjętej prędkości przesuwu materiału roślinnego w komorze zagęszczającej brykociarki, tj. 0,125; 0,25 i 0,5 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Uzyskane brykiety charakteryzowały się podobnymi wymiarami, które dla średnicy zewnętrznej wynosiły 85-87 mm i średnicy wewnętrznej 28-33 mm. Długość brykietów dla obydwu surowców roślinnych wynosiła od 40 do 70 mm. Gęstość brykietów dla słomy zbóż wyniosła od około 400 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy wydajności 70 $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ do 565 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy wydajności 17,5 $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$, a dla siana łąkowego od około 395 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy wydajności 70 $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ do prawie 700 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy wydajności 17,5 $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$.

Słowa kluczowe: biomasa roślinna, brykietowanie, wydajność, jakość brykietów

Wstęp

Aktualne kierunki rozwoju energetyki zawodowej zmiernają do coraz większego wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w tym głównie biomasy. Stanowi ona jedno z ważniejszych niekonwencjonalnych źródeł energii w Polsce. Jej podstawową cechą jest stosunkowo niska emisja dwutlenku siarki podczas spalania, a bilans dwutlenku węgla jest bliski zeru. Z biomasy pochodzenia roślinnego można wytwarzać pelety lub brykiety, które są cennym paliwem wykorzystywanym do celów energetycznych. W związku z tym zachodzi potrzeba odpowiedniego jej przetworzenia, co znacznie zwiększa gęstość i wartość opałową takiego biopaliwa.

Obecnie w Polsce brak jest obowiązującej normy dotyczącej cech jakościowych oferowanych na krajowym rynku peletów oraz brykietów wytworzonych z różnych surowców roślinnych [Fiszler 2008]. Europejscy producenci peletów drzewnych odnoszą się, więc do normy niemieckiej lub bardziej wymagających norm austriackich [Plíštil i in. 2005]. Należy jednak zaznaczyć, że europejskie normy służące jako punkt odniesienia dla producentów peletów czy brykietów, dotyczą tylko aglomeratów wytworzonych z odpadów drzewnych [DIN 51731, Önorm M 7135]. Tak więc problem jakości zagęszczonych paliw w postaci peletów czy brykietów z surowców innych niż drzewne pozostaje nadal nierozwiązany.

Parametrami, które decydują o jakości brykietów mogą być zarówno ich wymiary, a przede wszystkim gęstość i trwałość otrzymanego aglomeratu [Niedziółka i in. 2008]. Prawidłowy przebieg procesu zagęszczania rozdrobnionych materiałów roślinnych powinien zapewniać otrzymanie brykietów dobrej jakości (gęstość w granicach $650-900 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) [Demianiuk 2002, Hejft 2002]. Optymalizacja procesu aglomeracji, przy masowej produkcji brykietów z różnych materiałów roślinnych, pozwoliłaby na dobór właściwych urządzeń zagęszczających dostosowanych do ich właściwości fizycznych. Prawidłowy dobór urządzeń oraz uzyskiwane wydajności produkcji brykietów mogą wpływać na ich jakość, a tym samym na końcową cenę produktu.

Celem pracy było określenie wpływu parametrów roboczych brykieciarki ślimakowej na wydajność procesu oraz jakość wytworzonych brykietów, w oparciu o ich średnicę zewnętrzną i wewnętrzną, długość oraz gęstość.

Materiał i metody badań

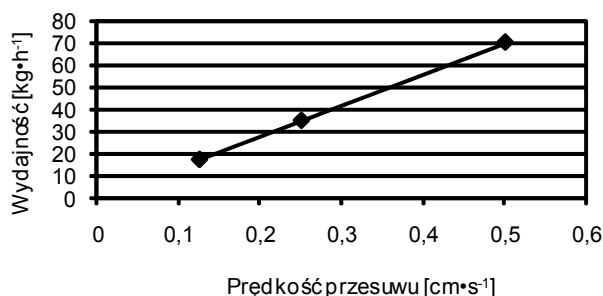
Do badań użyto słomy mieszanki zbożowej (pszenica, jęczmień, owies) oraz siana łąkowego. Surowce roślinne o masie około 30 kg, rozdrabniano przy użyciu rozdrabniacza uniwersalnego H 111/3 wyposażonego w noże rozdrabniające i sita z otworami w kształcie trójkąta równoramiennego (długość podstawy 55 mm, długość boków 65 mm). Następnie określano wilgotność poszczególnych materiałów metodą suszarkowo-wagową.

Rozdrobnione surowce brykietowano w ślimakowym zespole brykieciarki JW-08, przy nastawionej stałej temperaturze komory zagęszczania wynoszącej 200°C oraz różnej wydajności, tj. 17,5; 35,0 i $70,0 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$. Zróżnicowanie wydajności osiągnięto poprzez zmianę prędkości podawania materiału do komory zagęszczania. Dzięki temu uzyskano różne prędkości przesuwania się uformowanego materiału wychodzącego z zespołu brykietującego do prowadnicy, które wynosiły 0,125; 0,25 i $0,50 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Na tej podstawie określono również czas przebywania materiału w komorze zagęszczania, a więc czas oddziaływania nastawionej temperatury na materiał.

Jakość wytworzonego aglomeratu określono na podstawie wymiarów zewnętrznych (średnica zewnętrzna, średnica wewnętrzna i długość) oraz gęstości 40 wybranych losowo brykietów. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu wieloczynnikowej analizy wariancji oraz testu Tukey'a przy 95% przedziale ufności w programie Statistica 6.0.

Wyniki badań

Badane surowce roślinne charakteryzowały się podobną zawartością wilgoci wynoszącą około 13% w przypadku słomy zbóż oraz 15% dla siana łąkowego. Stanowiło to dolną granicę zawartości wilgoci w materiale roślinnym, którą zaleca producent urządzenia brykietującego. Dla przyjętych prędkości przesuwu badanego materiału opuszczającego komorę zagęszczania, tj. 0,125; 0,25 i $0,50 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, wydajność wyniosła odpowiednio: 17,5; 35,0 i $70,0 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$. Czas przebywania materiału w podgrzewanej do 200°C komorze zagęszczania o długości 0,6 m, dla poszczególnych wydajności wyniósł odpowiednio: 480; 240 i 120 s (rys. 1).



Rys. 1. Średnia wydajność brykietowania w zależności od prędkości przesuwu materiału roślinnego w komorze zagęszczającej brykietciarki

Fig. 1. Average briquetting output depending on the speed of plant material feed in briquetting machine compacting chamber

Brykiety wytworzone z obu badanych materiałów roślinnych, w zależności od uzyskanych wydajności podczas brykietowania charakteryzowały się podobnymi wymiarami, jeśli chodzi o ich średnicę zewnętrzną, która wahała się w przedziale 85 do 87 mm (tab. 1).

Tabela 1. Średnie wymiary brykietów ze słomy zbóż i siana łąkowego w zależności od uzyskanej wydajności brykietowania

Table 1. Average dimensions of briquettes made of corn straw and meadow hay depending on obtained briquetting output

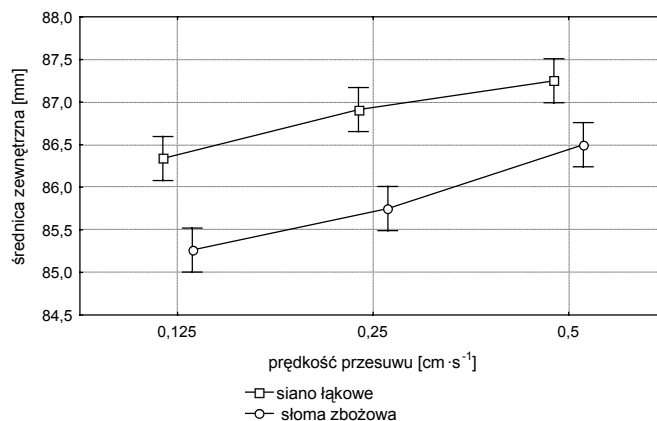
Surowiec roślinny	Wydajność [kg·h ⁻¹]	D [mm]	d [mm]	L [mm]
Słoma zbożowa	17,5	86,5	29,7	68,6
	35,0	85,3	28,7	69,4
	70,0	85,8	28,3	38,9
Siano łąkowe	17,5	86,3	29,0	72,8
	35,0	86,9	31,1	58,5
	70,0	87,0	32,8	32,5

D – średnica zewnętrzna, d – średnica wewnętrzna, L – długość brykietu

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej wyników nie stwierdzono istotnych różnic dla brykietów wytworzonych ze słomy zbóż przy prędkości przesuwu materiału opuszczającego komorę zagęszczania 0,125 i 0,25 cm·s⁻¹, dla brykietów z siana dla prędkości przesuwu 0,25 i 0,50 cm·s⁻¹, jak również pomiędzy brykietami wytworzonymi z siana przy prędkości przesuwu 0,125 i 0,25 cm·s⁻¹ oraz słomy przy prędkości 0,50 cm·s⁻¹. W pozostałych przypadkach wystąpiły istotne statystycznie różnice (rys. 2).

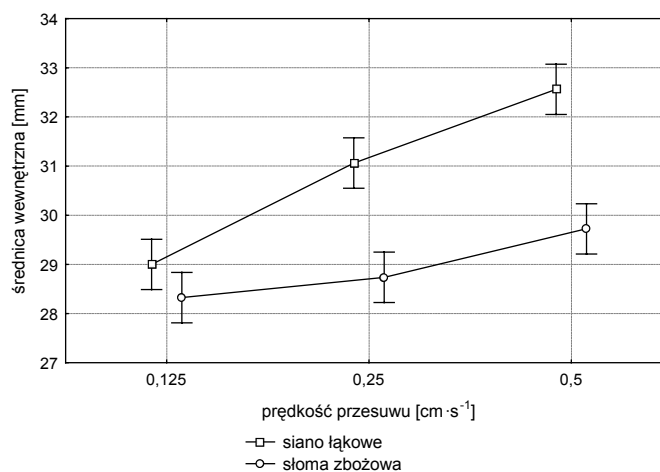
Dla średnicy wewnętrznej brykietów wytworzonych zarówno ze słomy zbożowej, jak i siana łąkowego rozrzut wyników wynosił około 5 mm (od 28 do 33 mm). Na podstawie analizy statystycznej istotne różnice stwierdzono dla słomy zbóż pomiędzy średnicą wewnętrzną brykietów wytworzonych przy dwóch skrajnych prędkościach przesuwu 0,125

i $0,50 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Dla brykietów z siana średnica wewnętrzna istotnie różniła się przy wszystkich przyjętych prędkościach. Porównując natomiast obydwa materiały roślinne, zmiana prędkości wpływała istotnie na różnice w ich średnicy wewnętrznej, z wyjątkiem brykietów z siana łąkowego i słomy wytworzonych przy prędkości $0,125 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ (rys. 3).



Rys. 2. Wielkość średnicy zewnętrznej brykietów w zależności od prędkości przesuwu materiału roślinnego w komorze zagęszczającej brykietciarki

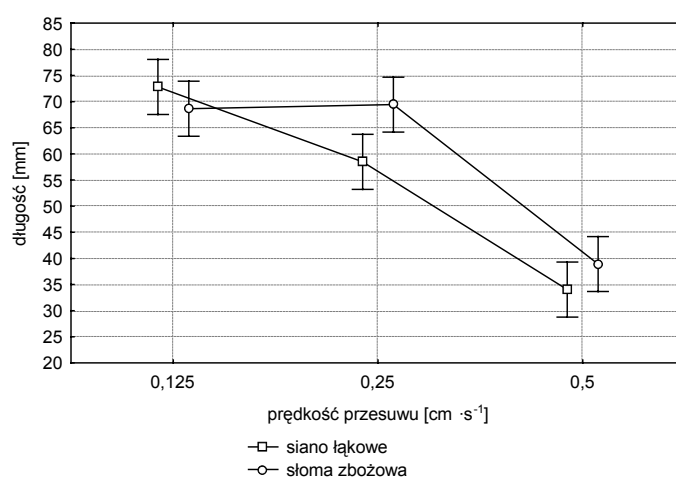
Fig. 2. The size of briquette outside diameter depending on the speed of plant material feed in briquetting machine compacting chamber



Rys. 3. Wielkość średnicy wewnętrznej brykietów w zależności od prędkości przesuwu materiału roślinnego w komorze zagęszczającej brykietciarki

Fig. 3. The size of briquette inside diameter depending on the speed of plant material feed in briquetting machine compacting chamber

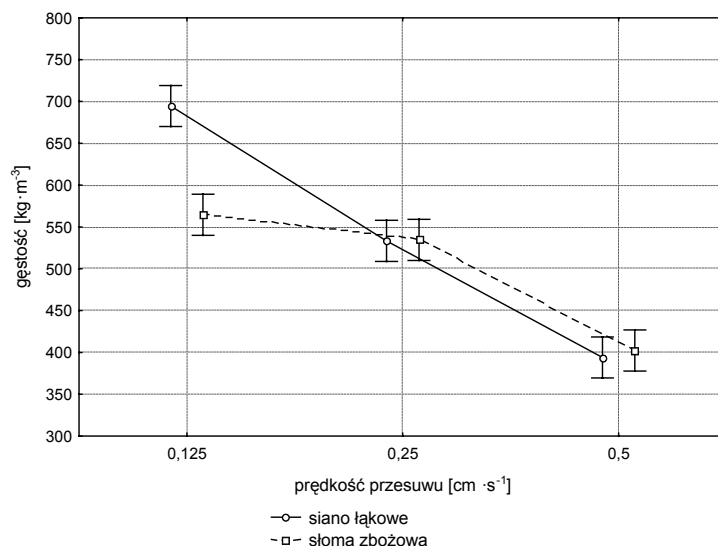
Długość brykietów była dosyć zróżnicowana dla poszczególnych wydajności zespołu brykietującego i dla obydwu materiałów wyniosła średnio od około 40 do 70 mm (tab. 1). W przypadku długości brykietów z siana statystycznie istotne różnice stwierdzono dla wszystkich prędkości przesuwu. Dla brykietów ze słomy nie stwierdzono różnic w ich długości pomiędzy prędkością przesuwu zagęszczonego materiału wynoszącą 0,125 i 0,25 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Porównując brykiety wytworzone z obydwu materiałów różnice w ich długości nie były istotne dla brykietów ze słomy wytworzonych przy prędkości 0,125 i 0,25 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ i brykietów z siana wytworzonych przy prędkości 0,125 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Istotnie różniła się natomiast długość brykietów w pozostałych przypadkach (rys. 4).



Rys. 4. Długość brykietów w zależności od prędkości przesuwu materiału roślinnego w komorze zagęszczającej brykietciarki

Fig. 4. Briquette length depending on the speed of plant material feed in briquetting machine compacting chamber

Podobne zależności zaobserwowano dla gęstości brykietów. Gęstość brykietów dla słomy zbóż wyniosła od około $400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy prędkości przesuwu $0,50 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ do $565 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy prędkości $0,125 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Natomiast gęstość brykietów dla siana łąkowego wyniosła od średnio $395 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy prędkości przesuwu $0,50 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ do $695 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy prędkości $0,125 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic w gęstości brykietów wytworzonych ze słomy przy prędkości $0,125$ i $0,25 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Dla brykietów z siana różnice były istotne dla wszystkich przyjętych prędkości przesuwu materiału w zespole zagęszczającym. Porównując brykiety ze słomy i siana ich gęstość nie różniła się istotnie przy prędkościach $0,25$ i $0,50 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Również nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy brykietami z siana przy prędkości przesuwu $0,25 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz ze słomy przy prędkości $0,125 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Brykiety z badanych materiałów różniły się natomiast istotnie pod względem gęstości przy najmniejszej prędkości przesuwu, tj. $0,125 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ (rys. 5).



Rys. 5. Gęstość brykietów w zależności od prędkości przesuwu materiału roślinnego w komorze zagęszczającej brykietarki

Fig. 5. Briquette density depending on the speed of plant material feed in briquetting machine compacting chamber

Podsumowanie i wnioski

Analizując wpływ prędkości przesuwu materiału roślinnego w komorze zagęszczającej brykietarki ślimakowej JW-08 na wymiary zewnętrzne brykietu można zauważyć niewielkie różnice w wielkości średnicy zewnętrznej brykietów (około 2 mm) oraz średnicy wewnętrznej (około 5 mm). Pomimo wykazywanych istotnych statystycznie różnic w ich średnicach, można przyjąć, że nie mają one większego wpływu na jakość produktu dla obydwu badanych materiałów roślinnych.

Stosowanie małych prędkości przesuwu surowców roślinnych (słomy zbóż i siana łąkowego) w ślimakowym zespole brykietującym powodowało, że badany materiał przez dłuższy czas przebywał w podgrzewanej komorze zagęszczania (temperatura wynosiła około 200°C). Przyczyniało się do spadku wydajności i wzrostu gęstości wytworzonego aglomeratu.

Dalsze zmniejszanie prędkości przesuwu materiału znacznie obniżało wydajność procesu brykietowania oraz stwarzało ryzyko wystąpienia zapłonu, w przypadku przyjętej wysokiej temperatury komory zagęszczania. Spowodowane to było tarcie końcowej prowadnicy ślimaka o zagęszczany materiał, w obrębie wewnętrznej średnicy brykietu przemieszczającego się w zespole roboczym brykietarki.

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Niewielkie różnice w wielkościach średnicy zewnętrznej i wewnętrznej brykietów nie miały większego wpływu na ich jakość, dla przyjętych prędkości przesuwu materiału roślinnego w komorze zagęszczającej brykietciarki.
2. Istotny wpływ na jakość brykietów miała ich długość, która wahała się od około 40 do ponad 70 mm oraz gęstość brykietów. Zarówno najmniejszą, jak i największą gęstością charakteryzowały się brykiety wytworzone z siana łąkowego (ok. $395 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy prędkości przesuwu $0,50 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz prawie $700 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy prędkości $0,125 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$).
3. W badanym typie brykietciarki wytworzenie brykietów dobrej jakości, tj. o gęstości powyżej $650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ i długości około 70 mm jest możliwe przy stosunkowo niskiej wydajności zespołu brykietującego wynoszącej około $17,5 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$.
4. W celu właściwego doboru parametrów urządzeń brykietujących dla różnych surowców roślinnych przeznaczonych do produkcji brykietów, w zależności od ich właściwości fizycznych, istnieje potrzeba prowadzenia dalszych badań eksploatacyjnych.

Bibliografia

- Demianiuk L.** 2002. Badanie przydatności ślimakowych układów roboczych do brykietowania odpadowych materiałów roślinnych. Recyklacja odpadu VI. Koszyce. s. 313-320.
- Fiszer A.** 2008. Badania porównawcze współczynnika trwałości brykietów ze słomy. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. Vol 53(3). s. 69-71.
- Hejft R.** 2002. Ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych. Białystok. ISBN 83-7204-251-9.
- Niedziółka I., Szymanek M., Zuchniarz A.** 2008. Ocena trwałości brykietów wytworzonych z masy roślinnej kukurydzy pastewnej. Inżynieria Rolnicza. Nr 9(107). Kraków. s. 235-240.
- Plíštil D., Brožek M., Maláček J., Roy A., Hulta P.** 2005. Mechanical characteristics of standard fuel briquettes on biomass basis. Research in Agric. Engng. Nr 51. s. 66-72.
- DIN 51731.** Solid fuels testing, natura wood Pressem pieces, demands and testing.
- Önorm M 7135.** Presslinge aus naturbelassenen Holz oder naturbelassener Rindle Pellets und Briketts Anforderungen und Priifbestmmungen.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2008-2010 jako projekt badawczy nr N N313 315734

THE IMPACT OF BRIQUETTING MACHINE WORKING PARAMETERS ON GEOMETRICAL FEATURES AND DENSITY OF BRIQUETTES MADE OF CORN STRAW AND HAY

Abstract. The paper presents research results concerning the impact of assumed working parameters of worm type briquetting machine on geometrical features and density of briquettes made of corn straw and meadow hay. The following parameters were compared: briquette basic dimensions (outside and inside diameter and length), and their density depending on assumed speed of plant material feed in briquetting machine compacting chamber, that is 0.125; 0.25 and 0.5 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Obtained briquettes were characterised by similar dimensions, that is 85-87 mm for outside diameter and 28-33 mm for inside diameter. Briquette length for both plant materials was ranging from 40 to 70 mm. Briquette density for corn straw was ranging from approximately 400 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ at the output of 70 $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ to 565 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ at the output of 17.5 $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$, and for meadow hay from approximately 395 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ at the output of 70 $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ to almost 700 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ at the output of 17.5 $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$.

Key words: plant biomass, briquetting, output, briquette quality

Adres do korespondencji:

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