

OCENA GĘSTOŚCI USYPOWEJ I ENERGOCHŁONNOŚCI PRODUKCJI PELETÓW W PELECIARCE Z DWUSTRONNĄ MATRYCĄ PŁASKĄ*

Mieczysław Szpryngiel, Artur Kraszkiewicz, Magdalena Kachel-Jakubowska
Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania w Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Ignacy Niedziółka

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań gęstości usypowej i energochłonności procesu produkcji peletów z wybranych surowców roślinnych w pelecjarce z dwustronną matrycą płaską. Do procesu zagęszczania użyto słomy zbożowej i siana łąkowego, stosując odpowiednie prędkości obrotowe matrycy tj. 230 i 290 obr·min⁻¹. Analizowano pobór mocy i nakłady energii elektrycznej podczas ich wytwarzania. Uzyskane pelety charakteryzowały się zróżnicowaną gęstością usypową i wielkością ponoszonych nakładów energetycznych. W zależności od rodzaju użytego surowca i przyjętej prędkości obrotowej matrycy gęstość usypowa peletów wahała się od 308 do 425 kg·m⁻³. Z kolei energochłonność procesu peletowania mieściła się w przedziale od 0,125 do 0,155 kWh·kg⁻¹. Korzystniejsze efekty procesu produkcji peletów uzyskano w przypadku zagęszczania rozdrobnionej słomy zbożowej, natomiast nieco mniej korzystne w przypadku siana łąkowego.

Słowa kluczowe: biomasa roślinna, pelety, gęstość usypowa, energochłonność produkcji

Wstęp

Perspektywy wyczerpania się paliw kopalnych oraz obawy o stan środowiska naturalnego przyczyniają się do większego zainteresowania odnawialnymi źródłami energii. Zapotrzebowanie na alternatywną energię jest nieuchronną konsekwencją rozwoju gospodarczego oraz chęcią ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Miejsce kopalnych paliw zajmować będą odnawialne źródła energii, spośród których największe oczekiwania stawiane są przed surowcami produkowanymi w sektorze leśnym i rolniczym. Jednak optymalne energetycznie, ekologicznie i ekonomicznie wykorzystanie biomasy warunkowane jest zarówno zastosowaną technologią i techniką jej przetwarzania, jak też jej potencjalną podażą i jakością [Denisiuk 2006; Grzybek 2004; Lisowski 2011; Niedziółka 2010].

Podstawowymi surowcami do produkcji peletów są odpady drzewne, rośliny energetyczne i poprodukcyjne odpady rolnicze. Pelety powstają poprzez prasowanie surowca pod

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

wysokim ciśnieniem, bez udziału jakichkolwiek chemicznych substancji klejących. Mają okrągły przekrój o średnicy 6-30 mm i długości 10-50 mm. Do ich produkcji praktycznie może być użyta słoma wszystkich rodzajów zbóż, a także traw łąkowych. Wzrost energetycznego wykorzystania peletów stanowi dużą szansę dla zwiększenia produkcji biomasy pochodzenia roślinnego do ich wytwarzania. Uzyskane pelety są paliwem przydatnym zarówno do stosowania w indywidualnych instalacjach grzewczych, jak i zbiorowych systemach ciepłowniczych. Doskonale nadają się zatem do wykorzystania w małych instalacjach, takich jak kotłownie lub kominki w domkach jednorodzinnych [Hejft 2011; Koper 2009; Niedziółka i in. 2010; Frączek i in. 2010; Wach 2011].

Celem pracy była ocena gęstości usypowej i energochłonności produkcji peletów ze słomy zbożowej i siana łąkowego w pelectarce z dwustronną matrycą płaską.

Materiał i metody badań

Badanymi surowcami roślinnymi była słoma zbożowa oraz siano łąkowe. Badania procesu peletowania przyjętych surowców prowadzono w laboratoriach Katedr: Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Eksploatacji Maszyn i Zarządzania w Inżynierii Rolniczej oraz Maszynoznawstwa Rolniczego UP w Lublinie. Wstępne rozdrobnienie surowców przeprowadzono przy użyciu sieczkami bębnowej i teoretycznej długości cięcia 2 cm. Następnie na rozdrabniaczu bijakowym H111 wyposażonym w sita o otworach 3 mm, otrzymano frakcję surowców wynoszącą 2-8 mm.

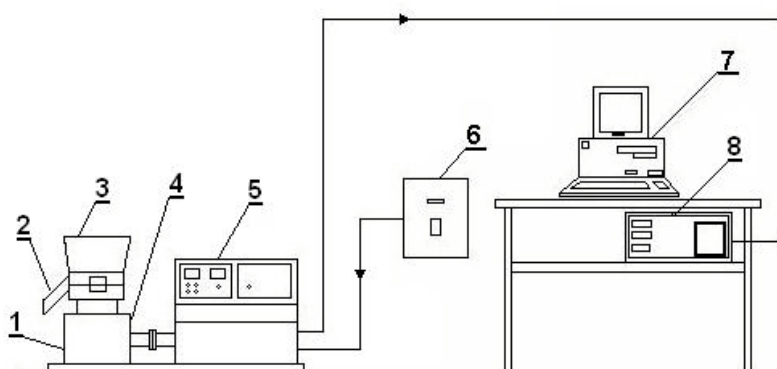
Przygotowane surowce roślinne poddane były procesowi zagęszczania w pelectarce z dwustronną matrycą płaską, o grubości 30 mm i średnicy otworów 6 mm (rys. 1). Prędkość obrotowa matrycy była regulowana przy użyciu przetwornika częstotliwości prądu i wynosiła 230 oraz 290 obr·min⁻¹, natomiast moc silnika elektrycznego – 7,5 kW.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Pelectarka z dwustronną matrycą płaską
Fig. 1. Pellet machine with two-side flat press

Pobór mocy chwilowej podczas zagęszczania biomasy rejestrowano poprzez podłączenie peletciarki do układu pomiarowego (rys. 2). W układzie tym użyto przetwornika mocy, czasu i energii elektrycznej typu Lumel PP83, współpracującego z komputerem. Przetwornik ten rejestrował dane obejmujące: pobór mocy chwilowej biegu jałowego podczas rozruchu peletciarki i pobór mocy chwilowej podczas procesu peletowania oraz czas procesu peletowania badanych surowców roślinnych. Uzyskane wyniki pomiarów zużycia energii elektrycznej przeliczano na jednostkę masy wytworzonych peletów.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Schemat stanowiska pomiarowego: 1 – przekładnia kąтова, 2 – zsyp peletów, 3 – kosz zasypowy, 4 – mechanizm zagęszczający, 5 – szafa sterująca z silnikiem, 6 – przetwornik częstotliwości prądu elektrycznego, 7 – komputer z oprogramowaniem, 8 – rejestrator energii elektrycznej

Fig. 2. The scheme of the measurement stand: 1 – angle gear, 2 – pellets spout, 3 – charging hopper, 4 – compressing mechanism, 5 – control cabinet with engine, 6 – frequency transducer of electric power, 7 – computer with software, 8 – recorder of electric energy

Wilgotność względną surowców roślinnych określono metodą suszarkową zgodnie z normą PN-EN 15414-3:2011. Próbki biomasy odważano na wadze analitycznej WPE 200 z dokładnością do $\pm 0,1$ g, a następnie suszono w suszarce typu K, w temperaturze 130°C , aż do osiągnięcia stałej masy. Pomiar wilgotności przeprowadzono w 5 powtórzeniach. Ilość wody potrzebnej do uzyskania żądanej wilgotności surowca obliczono wg wzoru (1):

$$m_w = \frac{w_a - w_z}{100 - w_a} \cdot m_n \quad [\text{g}] \quad (1)$$

gdzie:

- w_a – początkowa wilgotność badanego surowca [%],
- w_z – żądana wilgotność badanego surowca [%],
- m_n – masa naważki surowca [g].

Gęstość usypowa została wyznaczona za pomocą wagi holenderskiej o masie własnej 861 g. Określano ją przez swobodne nasypywanie peletów z leja zasypowego z wysokości 100 mm do naczynia pomiarowego o objętości 0,5 dm³. Po wypełnieniu naczynia i zgarnięciu nadmiaru produktu całość ważono na wadze WPE 200 z dokładnością do ±0,1 g. Gęstość usypową peletów obliczano wg wzoru (2):

$$\rho = \frac{m_z - m_n}{V_n} \text{ [kg}\cdot\text{m}^{-3}] \quad (2)$$

gdzie:

- m_z – masa naczynia z próbką peletów [kg],
- m_n – masa naczynia pomiarowego [kg],
- V_n – objętość naczynia pomiarowego [m³].

Wyniki badań i ich analiza

Początkowa wilgotność badanych surowców zawierała się w granicach od 16,1% dla słomy zbożowej do 18,3% dla siana łąkowego. Przy tej wilgotności surowców oraz krótkim czasie ich aglomeracji w matrycy dwustronnej pelecarki uzyskiwane pelety rozpadały się. W związku z tym surowce nawilżano wodą, a proces ten wykonano w mieszarce ślimakowej. Poprzez nawilżenie surowców ich wilgotność zwiększono do 25,4% dla słomy zbożowej i do 30,2% dla siana łąkowego (tab. 1). Dla tych wilgotności otrzymane pelety nie rozpadały się.

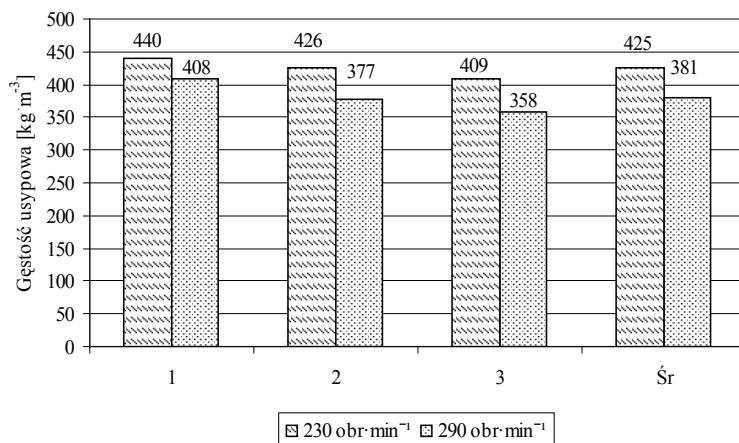
Tabela 1. Wilgotność surowców roślinnych użytych do wytwarzania peletów [%]
Table 1. Moisture of plant material used for pellets production [%]

Rodzaj surowców roślinnych	Wilgotność surowców					Średnia wilgotność	Wilgotność po nawilżeniu
	1	2	3	4	5		
Słoma zbóż	15,0	16,3	17,1	16,6	15,5	16,1	25,4
Siano łąkowe	18,2	18,5	19,1	18,4	17,3	18,3	30,2

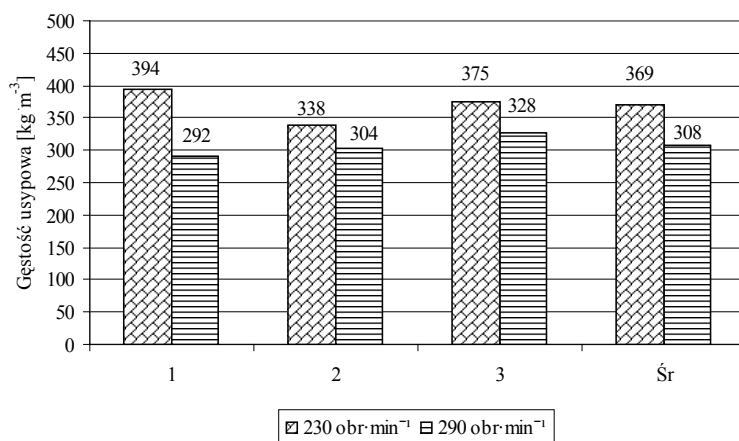
Źródło: obliczenia własne

Gęstość usypowa peletów wytworzonych przy prędkości obrotowej matrycy 230 obr·min⁻¹ była wyższa i wynosiła, od 369 kg·m⁻³ w przypadku siana łąkowego do 425 kg·m⁻³ w przypadku słomy zbożowej. Natomiast przy prędkości obrotowej matrycy 290 obr·min⁻¹, gęstość usypowa peletów była nieco niższa i zawierała się w granicach od 308 kg·m⁻³ w przypadku siana łąkowego do 381 kg·m⁻³ w przypadku słomy zbożowej (rys. 3). Analizując uzyskane wyniki badań stwierdzono, że zarówno wzrost prędkości obrotowej matrycy pelecarki, jak też rodzaj surowca miały wpływ na wielkość gęstości usypowej peletów.

a)



b)



Źródło: opracowanie własne

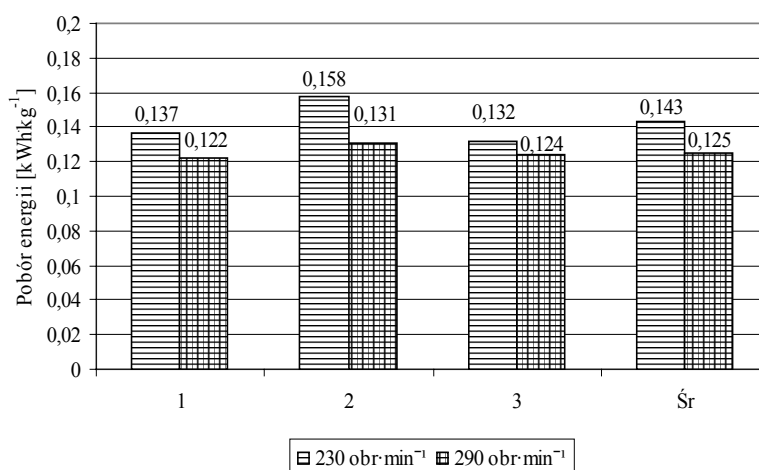
Rys. 3. Średnia gęstość usypowa peletów wytworzonych ze słomy zbożowej (a) i siana łąkowego (b) dla przyjętych obrotów matrycy

Fig. 3. Average bulk density of pellets produced of wheat straw (a) and meadow hay (b) for accepted press rotations

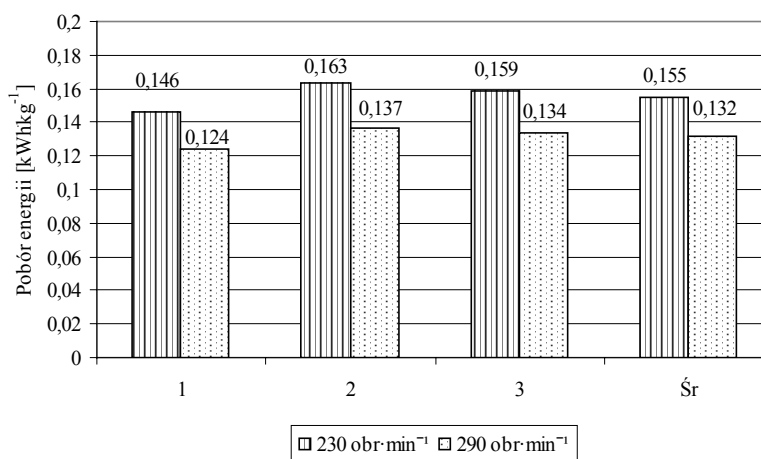
Wartości pobieranej mocy oraz energii elektrycznej przez urządzenie zagęszczające zależały zarówno od prędkości obrotowej matrycy, jak też aglomerowanego surowca roślinnego. Średni pobór energii elektrycznej pelecarki w przypadku zagęszczania słomy zbóż, przy prędkości obrotowej matrycy 230 obr·min⁻¹ wynosił 0,143 kWh·kg⁻¹, a przy

prędkości matrycy 290 obr·min⁻¹ uzyskała wartość 0,125 kWh·kg⁻¹ (rys. 4a). Natomiast średni pobór energii elektrycznej peletarki w przypadku aglomeracji siana łąkowego, przy prędkości obrotowej matrycy 230 obr·min⁻¹ wynosił 0,155 kWh·kg⁻¹, zaś przy prędkości matrycy 290 obr·min⁻¹ osiągnął wartość 0,132 kWh·kg⁻¹ (rys. 4b).

a)



b)



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Średnie wartości poboru energii elektrycznej podczas procesu peletowania słomy zbożowej (a) i siana łąkowego (b) dla przyjętych obrotów matrycy

Fig. 4. Average values of electric energy consumption during the process of pelleting wheat straw (a) and meadow hay (b) for the accepted press rotations

Z analizy uzyskanych danych wynika, że ze wzrostem prędkości obrotowej matrycy zagęszczającej pelecarki z 230 do 290 obr·min⁻¹ następował spadek gęstości usypowej wytworzonych peletów. W przypadku słomy zbożowej spadek ten wyniósł około 10,4%, natomiast w przypadku siana łąkowego około 16,5%. Z kolei porównując energochłonność procesu zagęszczania badanych surowców roślinnych stwierdzono, że zwiększenie prędkości obrotowej matrycy zagęszczającej z 230 do 290 obr·min⁻¹ spowodowało spadek poboru energii elektrycznej o około 12,5% w przypadku peletów ze słomy zbożowej i o około 15% w przypadku peletów z siana łąkowego.

Wnioski

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

1. Gęstość usypowa wytworzonych peletów zależała zarówno od rodzaju użytego surowca, jak też prędkości obrotowej matrycy zagęszczającej pelecarki. Nieco większą gęstością charakteryzowały się pelety uzyskane ze słomy zbóż (od 381 do 425 kg·m⁻³), zaś mniejszą gęstością pelety z siana (od 308 do 369 kg·m⁻³).
2. Pobór mocy chwilowej podczas procesu peletowania był zróżnicowany i zależał także od rodzaju użytego surowca oraz przyjętej prędkości obrotowej matrycy zagęszczającej pelecarki. Wzrost poboru mocy ze zwiększaniem prędkości obrotowych matrycy wynosił od około 51% w przypadku peletowania siana do 65% w przypadku aglomeracji słomy.
3. Energochłonność procesu peletowania surowców roślinnych w odniesieniu do jednostki uzyskanego aglomeratu malała ze wzrostem prędkości obrotowej matrycy zagęszczającej. Spadek poboru energii elektrycznej ze wzrostem prędkości z 230 do 290 obr·min⁻¹ wynosił około 12,5% w przypadku peletowania słomy i około 15% w przypadku siana.
4. Oceniana pelecarka z dwustronną matrycą płaską ze względu na dużą prędkość obrotową matrycy i krótki czas procesu zagęszczania materiału w jej otworach wymaga stosowania surowców roślinnych o wyższej wilgotności wynoszącej powyżej 25%. W tej sytuacji wytwarzane pelety posiadały podwyższoną zawartość wilgoci (ok. 21%) i wymagały dosuszenia przed ich składowaniem.

Bibliografia

- Denisiuk W.** 2006. Produkcja roślinna jako źródło surowców energetycznych. *Inżynieria Rolnicza*, Nr 5(80). s. 123-132.
- Frączek J. i in.** 2010. Przetwarzanie biomasy na cele energetyczne. Wyd. PTIR Kraków. ISBN 978-83-917053-9-1.
- Grzybek A.** 2004. Potencjał biomasy możliwej do wykorzystania na produkcję pellet. *Czysta Energia*. Nr 6. s. 24-25.
- Hejft R.** 2011. Energochłonność procesu peletowania i brykietowania. *Czysta Energia*. Nr 6. s. 40-41.
- Koper K.** 2009. Pelety – paliwo z przyszłością. *Murator*. Nr 4. s. 12-15.
- Lisowski A.** 2011. Biomasa jako źródło energii odnawialnej. Rozdz. w monografii pt. Współczesna inżynieria rolnicza – badania i zastosowania. Wyd. PTIR Kraków. ISBN 978-83-930818-1-3.

Niedziółka I. 2010. Możliwości wykorzystania biomasy roślinnej do produkcji brykietów i peletów. *Wieś Jutra*. Nr 8/9. s. 18-20.

Niedziółka I., Sobczak P., Zawiślak K. 2010. Analiza wykorzystania wybranych surowców roślinnych do produkcji biopaliw stałych. *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*. Nr 11. s. 79-86.

Wach E. 2011. Aktualności z rynku pelet w Polsce i Europie. *Czysta Energia*. Nr r 6. s. 42-44.

ASSESSMENTS OF BULK DENSITY AND ENERGY CONSUMPTION OF PELLETS PRODUCTION IN A PELLET MACHINE WITH TWO-SIDE FLAT PRESS

Abstract. The study presents results of the research on bulk density and energy consumption of production process of pellets of the selected plant materials in a pellet machine with two-side flat press. Wheat straw and meadow hay were used for the process of compression, with application of suitable rotational velocities of the press that is 230 i 290 rotations \cdot min⁻¹. Power consumption and electric energy input were analysed during the process of their production. The obtained pellets were characterised by various bulk density and the size of incurred energy inputs. Briquetting efficiency was between 308 do 425 kg \cdot h⁻³ depending on the material used and rotational velocity applied in the compression chamber. While, energy consumption of pelleting process was between 0.125 do 0.155 kWh \cdot kg⁻¹. More advantageous effects of production process were obtained in case of compression of fragmented wheat straw, whereas less advantageous in case of meadow hay.

Key words: plant biomass, pellets, bulk density, and energy consumption of production

Adres do korespondencji:

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