

MIECZYSLAW GRZELAK<sup>1</sup>, BOGUSLAWA WALISZEWSKA<sup>2</sup>, AGNIESZKA SPEAK-DZWIGALA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Łąkarstwa

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup>Instytut Chemicznej Technologii Drewna

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## WARTOŚĆ ENERGETYCZNA PELETU Z ŁĄK NADNOTECKICH EKSTENSYWNIIE UŻYTKOWANYCH

**Streszczenie.** Badania dotyczyły wykorzystania peletu z siana jako paliwa dla elektrowni i kotłowni małej mocy. Surowcem była biomasa z łąk nadnoteckich ekstensywnie użytkowanych, w powiecie Czarnkowsko-Trzcianeckim (woj. wielkopolskie). Wartość opałowa i ciepło spalania wynika ze składu elementarnego biomasy. Z kolei jej wartość jest wynikiem wielu czynników: składu florystycznego, terminu koszenia, warunków atmosferycznych, w jakich następuje zbiór, i technologii zbioru. We wrześniu 2008 roku zlecono Instytutowi Chemicznej Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu przeprowadzenie analizy granulatu, zgodnie z procedurą przewidzianą normą PN-81/G-04513.

**Słowa kluczowe:** biomasa, ciepło spalania, wartość energetyczne, łąki ekstensywne, pelet z traw

### Wstęp

Do roku 2020 Unia Europejska przewiduje zwiększenie energii z odnawialnych źródeł do poziomu 20% oraz zwiększenie udziału biopaliw do 10% (DYREKTYWA 2001/77EC... 2001). Wszystkie kraje UE, w tym także i Polska, wprowadzają stosowne dyrektywy dotyczące stopniowego zwiększania udziału energii ze źródeł odnawialnych. W chwili obecnej zaledwie około 5% produkcji pierwotnej energii w Polsce pochodzi ze źródeł odnawialnych, a zgodnie z wytycznymi Polityki Energetycznej Polski (PEP, projekt z września 2007 r.) jej udział ma wzrosnąć do poziomu 7,5% w 2010 roku. Przewiduje się, że największy potencjał naszego kraju kryje się w produkcji biomasy na cele energetyczne (DUER 1993). Biomasa jest i w nadchodzącym ćwierćwieczu będzie najważniejszym odnawialnym źródłem energii, tym bardziej że rosnące zapotrzebowanie na energię stwarza groźbę wyeksploatowania źródeł paliw konwencjonalnych.

O przydatności biomasy do wykorzystania energetycznego decyduje m.in. jej znaczna wartość opałowa związana z kosztem uzyskania 1 GJ energii, a także cena rynkowa, zależna od koniunktury na rynkach zachodnich. W naszych warunkach jednym z najbardziej obiecujących działań jest wykorzystanie energetyczne biomasy ze słomy i traw (HARKOT i IN. 2007). W Polsce produkuje się około 25-26 mln t słomy zbożowej rocznie (FISZER 2003, KĘSKA i IN. 2005), co stanowi około 10% obecnego rocznego wydobycia węgla kamiennego w Polsce i stanowi równoważnik wartości opałowej około 14 mln t węgla (HEJFT 1994). Z 1 ha użytków rolnych zbiera się rocznie około 4,5 t słomy i 4,0-12,0 t siana, co stanowi równowartość około 2,2 t węgla kamiennego. Wartość kaloryczna słomy wynosi około 16 MJ/kg, a siana – jest tylko nieco mniejsza: 14,5 MJ/kg (DZIEWANOWSKA i DOBEK 2006). Nawet przy niewielkim plonie traw – 4-5 t/ha – można uzyskać ekwiwalent zakupu 3 t węgla kamiennego.

W niektórych gospodarstwach większość wyprodukowanej biomasy jest pozostawiana na polach i łąkach. Jedną z przyczyn jest mała gęstość objętościowa siana i słomy, co powoduje konieczność posiadania znacznej przestrzeni magazynowej do ich składowania. Sposobem zmniejszającym gęstość usypową siana i słomy jest peletowanie lub brykietowanie (GRZYBEK 2005). Już w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku w krajach Europy Zachodniej, jak również w Polsce, zainicjowano prace nad konstrukcją maszyn brykietujących, które zmniejszałyby objętość gotowego produktu 10-20 razy w porównaniu z luźnym sianem (OLEJNIK 1974, ŁABIAK i IN. 2005).

Celem pracy była analiza i ocena składu chemicznego oraz oznaczanie ciepła spalania i obliczenie wartości opałowej peletu wyprodukowanego z siana z łąk nadnoteckich ekstensywnie użytkowanych.

## Material i metody

Badania laboratoryjne prób zbiorczych peletu przeprowadzono w Instytucie Chemicznej Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Wyniki są średnią z pięciu pomiarów. Badania składu chemicznego peletów z trawy wykonano według PN-92/P-50092 dla materiału roślinnego i oznaczono:

- wilgotność – metodą suszarkowo-wagową,
- zawartość celulozy – metodą Seiferta z użyciem mieszaniny acetyloacetonu i dioksanu,
- zawartość ligniny – metodą Tappi z użyciem stężonego kwasu siarkowego,
- zawartość holocelulozy z użyciem chlorynu sodowego,
- ilość substancji rozpuszczalnych w rozpuszczalnikach organicznych – metodą Soxhleta,
- zawartość pentozanów – metodą Tollensa z użyciem floroglucyny,
- zawartość substancji mineralnych

oraz substancje rozpuszczalne w zimnej i gorącej wodzie i w 1-procentowym NaOH. Oznaczenie ciepła spalania wykonano na kalorymetrze KL-12MN według PN-81/G-04513, który przeznaczony jest do pomiaru ciepła spalania paliw stałych. Dla pełniejszej charakterystyki analizowanego surowca obliczono również jego wartość opałową, czyli ciepło spalania pomniejszone o ciepło parowania wody wydzielonej z paliwa pod-

czas spalania. Wilgotność względną próbki oznaczono metodą suszarkowo-wagową i obliczono według wzoru:

$$W_w = \frac{m_w - m_o}{m_w} \cdot 100 (\%)$$

gdzie:

- $m_w$  – masa próbki wilgotnej (g),
- $m_o$  – masa próbki po wysuszeniu (g).

Substancje mineralne oznaczono według norm DIN 51731.

## Wyniki i dyskusja

Produkcja peletów składa się z trzech zasadniczych procesów: suszenia, mielenia i prasowania. Pelety wytłacza się z rozdrobnionej suchej biomasy, w granulatorach pod dużym ciśnieniem bez substancji klejącej. Pelet z traw dla celów energetycznych musi spełniać określone wymagania technologiczne i cieplne. Najczęściej oceny jakości dokonuje się na podstawie wartości opałowej i wilgotności. Najważniejszymi parametrami termofizycznymi paliw są wartość opałowa i ciepło spalania. Parametry te zależą przede wszystkim od składu chemicznego i wilgotności materiału.

Analiza wyników badanych granulatów wykazuje (tab. 1), że zarówno granulaty oznaczone symbolem P„2”, jak i granulaty oznaczone symbolem P„4” charakteryzowały się dużą wartością opałową wynoszącą, odpowiednio, 19,54 oraz 17,88 MJ/kg, porównywalną z wartością biomasy ze słomy (HEJFT 1994) i większą od wartości zrębków z drewna (WICHOWSKI 1994). Ciepło spalania peletu z traw ma podobne wartości jak słoma i zrębki z drewna. Zdecydowanie są to jednak mniejsze wartości od węgla dobrej jakości. Zawartość substancji mineralnych w badanych granulatach była charakterystyczna dla traw i słomy i wynosiła 6,67% dla peletu P„2” oraz 6,82% dla peletu P„4”. Wilgotność początkowa próbek była zbliżona i kształtowała się na niskim poziomie wynoszącym 7,66-7,92%.

Tabela 1. Podstawowe parametry peletu z traw, słomy oraz innych paliw  
Table 1. Basic parameters of pellets obtained from grasses, straw and other fuels

Parametr	Pelet z traw (Instytut Chemicznej Technologii Drewna UP)		Słoma (HEJFT 1994)	Zrębki z drewna (WICHOWSKI 1994)	Węgiel (WICHOWSKI 1994)
	P„2”	P„4”			
Wartość opałowa (MJ/kg)	19,54	17,88	18,09	16,4	25
Ciepło spalania (MJ/kg)	19,96	18,30	19,82	19,4	32
Popiół (% s.m.)	6,67	6,82	7,91	0,6-1,5	12
Wilgotność (% s.m.)	7,93	7,66	10,5	40	12

Badane granulaty z trawy charakteryzowały się jednakową zawartością celulozy – na poziomie około 33% – oraz holocelulozy – w ilości około 52% (tab. 2). Są to ilości nieco mniejsze niż podaje HELIŃSKA-RACZKOWSKA (1999). Pelet oznaczony symbolem P<sub>„2”</sub> zawierał blisko 3% więcej ligniny niż oznaczony symbolem P<sub>„4”</sub>. Ilość ligniny w granulatach wynosiła, odpowiednio, 22,16% i 19,33%. Granulat „4” w porównaniu z granulem „2” wykazywał ponad 4,5% więcej substancji ekstrakcyjnych ekstrahowanych rozpuszczalnikami organicznymi. Ich ilość wynosiła, odpowiednio, 13,36% i 8,77%.

Tabela 2. Zawartość podstawowych składników w granulacie z trawy (%)  
Table 2. Content of principal constituents in grass pellets (%)

Próbka	Celuloza	Lignina	Substancje ekstrakcyjne	Holoceluloza
Pelet „2”	32,75	22,16	8,77	52,04
Pelet „4”	32,80	19,33	13,36	52,49

Zawartość pentozanów w obu badanych próbach granulatów była zbliżona i wynosiła 23,31% w granulacie oznaczonym symbolem P<sub>„2”</sub> oraz 22,57% w granulacie P<sub>„4”</sub> i była charakterystyczna dla tego rodzaju roślin (tab. 3). W granulacie P<sub>„2”</sub> stwierdzono 13,83% substancji rozpuszczalnych w zimnej wodzie, a w granulacie P<sub>„4”</sub> ilość tych związków była o 7,5% większa i wynosiła 20,32%. Blisko 6-procentowe różnice stwierdzono w zawartości substancji rozpuszczalnych w gorącej wodzie: pelet P<sub>„2”</sub> zawierał 17,80% tych związków, a pelet P<sub>„4”</sub> – 23,74%. Różnica w zawartości substancji rozpuszczalnych w alkaliach wynosiła niewiele ponad 3%: było to 48,47% w przypadku granulatu P<sub>„2”</sub> oraz 45,32% w przypadku granulatu P<sub>„4”</sub>.

Tabela 3. Zawartość substancji rozpuszczalnych w granulacie z trawy (%)  
Table 3. Content of soluble substances in grass pellets (%)

Próbka	Pentozany	Substancje rozpuszczalne w:		
		zimnej wodzie	gorącej wodzie	1-procentowym NaOH
Pelet „2”	23,31	13,83	17,80	48,47
Pelet „4”	22,57	20,32	23,74	45,32

## Wnioski

1. Pelet z biomasy z traw charakteryzuje się dobrymi parametrami, porównywalnymi ze słomą i zrębkami drzewnymi. Zwiększona zawartość substancji mineralnych nie powinna stwarzać problemów przy spalaniu w obniżonej temperaturze.

2. Produkcja granulatu (peletu) przyczynia się do zagospodarowania gorszej jakości siana z łąk nadnoteckich ekstensywnie użytkowanych, dając rolnikom dodatkowy dochód.

3. Paliwo energetyczne w postaci peletu to cenne naturalne źródło energii, odnawialny produkt handlowy, którego zastosowanie przyczynia się do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>.

## Literatura

- CIECHANOWICZ W., SZCZUKOWSKI S., 2007. Paliwa i generatory energii wspólnot wodorowych. WIT, Warszawa.
- DOMAŃSKI M., DZURENDA L., JABŁOŃSKI M., OSIPIUK J., 2007. Drewno jako materiał energetyczny. Wyd. SGGW, Warszawa.
- DUER I., 1993. Możliwości pozyskiwania energii z biomasy roślinnej. *Fragm. Agron.* 2: 87-93.
- DYREKTYWA 2001/77/EC Parlamentu Europejskiego i Rady z 27 września 2001 roku w sprawie promocji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych na wewnętrznym rynku energii elektrycznej. 2002. Fakty Dok. 1.
- DZIEWANOWSKA M., DOBEK T., 2006. Wartości cieplne liści wybranych gatunków drzew zbieranych na terenach zabudowanych. *Acta Agrophys.* 8, 3: 551-558.
- FISZER A., 2003. Próba zastosowania lepszczu skrobiowego do formowania brykietów ze słomy przeznaczonych do bezpośredniego spalania. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 48, 2: 52-54.
- GRZYBEK A., 2005. Wykorzystanie pelet jako paliwa. *Czysta Energ.* 6: 32.
- HARKOT W., WARDA M., SAWICKI J., LIPIŃSKA T., WULUPEK T., CZARNECKI Z., KULIK M., 2007. Możliwości wykorzystania runi łąkowej do celów energetycznych. *Łąk. Pol.* 10: 59-67.
- HEJFT R., 1994. Słoma jako surowiec energetyczny. *Probl. Inż. Roln.* 2: 65-71.
- HELIŃSKA-RACZKOWSKA L., 1999. Leksykon nauki o drewnie. Wyd. AR, Poznań.
- KĘSKA W., KOŚMICKI Z., MIELEC K., 2005. Matematyczne modelowanie brykietowania słomy metoda zwijania. W: VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii rolniczej”. Wrocław-Polanica Zdrój 21-24 VI 2005. 275-278.
- ŁABIAK M., FISZER A., ŚWIGOŃ J., 2005. Brykietowanie słomy – ocena wybranych parametrów fizykochemicznych. W: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia. T. 2. Red. Z. Zbytek. Wyd. PIMR, Poznań: 51-55.
- OLEJNIK A., 1974. Brykietowanie siana metodą zwijania. Teoria i konstrukcja. Wyd. PIMR, Poznań.
- PROSIŃSKI S., 1984. Chemia drewna. PWRiL, Warszawa.
- WICHOWSKI R., 1994. Wykorzystanie słomy jako źródła energii odnawialnej w rolnictwie na przykładzie Danii. W: Seminarium krajowe. Wykorzystanie energii odnawialnej w rolnictwie. IBMER, Poznań.

## ENERGY VALUE OF PELLETS FROM THE EXTENSIVELY UTILIZED NOTEĆ RIVER MEADOWS

**Summary.** Investigations of the chemical composition of grass pellets obtained from the extensively utilized Noteć River meadows were carried out in 2008 at the Institute of Chemical Wood Technology at Poznań University of Life Sciences in accordance with the PN-92/P-50092 standard. The studies aimed to assess the chemical composition and possibilities of utilization of

pellets in a power plant or boiler room of small power. The performed experiments revealed that pellets obtained from grass biomass were characterised by good parameters, comparable with pellets from straw and wood chips. Their average calorific value was determined to be at the level of 18.71 MJ/kg, heat of combustion – at 19.13 MJ/kg, ash content – 6.75% and moisture content – 7.66-7.92%. Grass pellets provide a valuable source of renewable energy and their application as fuel can, on the one hand, contribute to limiting CO<sub>2</sub> emissions and, on the other, give farmers additional income and help them dispose of worse quality of hay. Such utilization is in agreement with the recommendations of the Polish, as well as EU Energy Policies which predict a 20% increase of renewable energy sources, as well as a 10% increase in the utilization of biofuels by 2020 (2001 Directive).

**Key words:** biomass, heat of combustion, energetic value, extensive meadows, material from grasses

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Mieczysław Grzelak, Katedra Łąkarstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 38/42, 60-627 Poznań, Poland, e-mail: grzelak@up.poznan.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*17.12.2009*

*Do cytowania – For citation:*

*Grzelak M., Waliszewska B., Speak-Dźwigala A., 2010. Wartość energetyczna peletu z łąk nadnoteckich ekstensywnie użytkowanych. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 1, #11.*