

Mariusz Stolarski, Stefan Szczukowski, Józef Tworkowski
Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH BIOPALIW Z BIOMASY STAŁEJ

Streszczenie

Badaniom poddano "świeże" zrębki i pelet wytworzony z jednorocznych pędów wierzby krzewiastej odmiany Start oraz pelet z biomasy ślazuwca pensylwańskiego. Ponadto, w celu porównania parametrów energetycznych, badaniom poddano: pelet wyprodukowany z trocin bukowych, dębowych, sosnowych, z pozostałości słonecznikowych i jabłkowych oraz brykiet z mieszaniny trocin iglastych i liściastych w proporcji (1:1). Parametry wyprodukowanego paliwa z roślin energetycznych oraz pozostałości z przemysłu rolno-spożywczego były zróżnicowane i z reguły gorsze niż peletu z czystych trocin zarówno z drzew iglastych, jak i liściastych. Zawartość popiołu w badanych paliwach wynosiła średnio 1,76%. Najniższa była ona w pelecie z trocin dębowych (0,4%), a najwyższa w pelecie z pozostałości słonecznikowych (3,5%). Wartość opałowa uwzględniająca wilgotność danego paliwa oraz zawartość w nim popiołu była najniższą w świeżych zrębkach wierzby (7,67 MJ/kg). Istotnie najwyższą wartością tej cechy charakteryzował się pelet z trocin dębowych (18,03 MJ/kg). Zawartość siarki w pelecie z odpadów słonecznikowych była prawie 3-krotnie wyższa niż w biomacie roślin energetycznych i 20-krotnie wyższa niż z czystych trocinach.

Słowa kluczowe: biomasa, wierzba, ślazuwiec pensylwański, zrębki, pelet, zawartość popiołu, wartość opałowa, zawartość siarki

Wstęp

Biomasa do celów energetycznych może być wykorzystywana w postaci stałej, płynnej bądź gazowej. Biomase stałą obecnie pozyskuje się z odpadów leśnych rolniczych, przemysłu drzewnego, zieleni miejskiej oraz niewielkie ilości z segregowanych organicznych odpadów komunalnych. W przyszłości uzupełnieniem bilansu podaży biomasy na rynku energetycznym może być jej pozyskiwanie z plantacji wieloletnich roślin: rodzimych gatunków wierzby krzewiastej (*Salix* spp.) oraz aklimatyzowanego w Polsce ślazuwca (*Sida hermaphrodita* R.) [Grzybek 2003, 2004, 2006; Szczukowski i in. 2004; 2005]. W ostatnich latach zapotrzebowanie na pelet (granulat) z lignocelulozowej

biomasy bardzo szybko wzrasta w Europie i Stanach Zjednoczonych [Ljungblom 2006]. Paliwo to charakteryzuje się ustabilizowanymi parametrami, co czyni je łatwym i wygodnym dla użytkownika. Głównym surowcem do produkcji peletu są trociny i wióry z przemysłu drzewnego. Przy tak dynamicznie rozwijającym się rynku brakuje surowca, a ceny trocin znacząco rosną.

Na rynku austriackim ceny trocin wzrosły w ciągu dwóch lat z 4 do 15 Euro za 1 m³, co wiązało się ze wzrostem ceny peletu z około 160 Euro/tonę (2005 r.) do ponad 260 Euro/tonę w roku 2006 [Rakos 2006].

Analogicznie wysokie ceny peletu odnotowano w Szwecji. W Polsce producenci eksportujący pelet uzyskiwali cenę około 160 Euro/tonę. W tej sytuacji przy braku surowca drzewnego do produkcji peletu i jego bardzo atrakcyjnej cenie wykorzystanie biomasy roślin energetycznych i pozostałości z przemysłu rolno-spożywczego może być w pełni uzasadnione.

Celem badań było określenie w uzyskanych biopaliwach: gęstości nasypowej, wilgotności, zawartości popiołu, ciepła spalania, wartości opałowej oraz składu elementarnego (węgla wodoru i siarki).

Metodyka badań

Podstawą badań była biomasa roślin energetycznych (wierzby krzewiastej oraz ślazuwca pensylwańskiego) pozyskana z doświadczeń polowych prowadzonych w Stacji Dydaktyczno-Doświadczalnej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Badaniom poddano "świeże" zrębki i pelet wytworzony z jednorocznych pędów wierzby krzewiastej odmiany Start oraz pelet z biomasy ślazuwca pensylwańskiego. Ponadto pelet wyprodukowany z trocin bukowych, dębowych, sosnowych, z pozostałości słonecznikowych i jabłkowych oraz brykiet z mieszaniny trocin iglastych i liściastych w proporcji (1:1). Pelet wyprodukowano w granulatorze przy użyciu matrycy o średnicy otworów 6 mm. Brykiet wytworzony w brykieciarce hydraulicznej miał kształt walca o średnicy 50 mm.

W laboratorium określono gęstość nasypową biopaliw, ich wilgotność określono metodą suszarkowo-wagową. Rozdrobnioną biomasę suszono do uzyskania stałej wagi w temperaturze 105°C. Zawartość popiołu oznaczono metodą wagową, w tym celu biomasę wyprażano w piecu muflowym w temperaturze 550°C. Ciepło spalania wraz z wyznaczeniem wartości opałowej (wg PN-81/G-04513 zgodna z DIN 51731) przeprowadzono w kalorymetrze IKA C2000 zgodnie z metodą izoperioboliczną. Zawartość węgla, wodoru i siarki w biopaliwach oznaczono w automatycznym analizatorze ELTRA CHS 500. Wyniki badań opracowano statystycznie przy użyciu programu komputerowego Statistica PL. Dla badanych cech obliczono średnie arytmetyczne oraz wyznaczono wartości NIR przy poziomie istotności $p = 0,05$ za pomocą testu istotności Duncana.

Wyniki badań i ich omówienie

Pelet wytworzony z trocin sosnowych (667,6 kg/mp) charakteryzował się istotnie najwyższą gęstością nasypową (tab. 1). Brykiet miał ponad 2-krotnie niższą wartość tej cechy. Gęstość świeżych zrębków wierzbowych wynosiła 393,5 kg/mp, przy wilgotności 53%. Wilgotność pozostałych paliw (peletu i brykietu) była kilkukrotnie niższa niż świeżych zrębków, ponieważ jest to uwarunkowane procesem produkcji tych paliw.

Zawartość popiołu w badanych paliwach wynosiła średnio 1,76% (tab. 1). Najniższa była ona w pelecie z trocin dębowych (0,4%). W brykiecie oraz pozostałych rodzajach peletu z trocin wartość tej cechy kształtowała się na zbliżonym poziomie. Wyższą wartość tej cechy stwierdzono w zrębkach wierzbowych oraz w pelecie z wierzby i ślazuca, jak również w pelecie z pozostałości jabłkowych. Pelet z pozostałości słonecznikowych zawierał najwięcej popiołu, prawie 3,5%. Norma DIN 51731 dopuszcza 1,5% zawartości popiołu w pelecie, dlatego tylko pelet z trocin korowanego drewna spełniał wymagania normy.

Tabela 1. Gęstość nasypowa, wilgotność oraz zawartość popiołu w biopaliwach
Table 1. Bulk density, moisture and ash contents of the biofuels

Biopaliwo	Gęstość nasypowa d' (kg/mp)	Wilgotność W'_t (%)	Zawartość popiołu A^d (%)
Zrębki wierzbowe - „świeże”	393,5	53,11	2,04
Pelet z wierzby	592,3	8,78	2,15
Pelet z ślazuca	492,4	8,61	2,71
Pelet z trocin sosnowych	667,6	9,61	1,29
Pelet z trocin bukowych	598,4	7,04	0,80
Pelet z trocin dębowych	608,7	7,95	0,40
Pelet z pozostałości jabłkowych	629,0	12,01	2,17
Pelet z pozostałości słonecznikowych	477,6	12,04	3,47
Brykiet z mieszaniny trocin	295,1	7,91	0,61
Średnio	497,1	13,92	1,76
NIR _{0,05}	71,32	0,17	1,13

Źródło: badania własne

Ciepło spalania oznaczone w pelecie wyprodukowanym z pozostałości słonecznikowych oraz w pelecie z trocin sosnowych było wysokie, odpowiednio 20,08 i 20,06 MJ/kg (tab. 2). Najniższą wartość tej cechy oznaczono w brykiecie 19,12 MJ/kg. Wartość opałowa, uwzględniająca wilgotność danego paliwa oraz zawartość w nim popiołu, była istotnie najniższa w przypadku świeżych zrębków wierzby (7,67 MJ/kg). Istotnie najwyższą wartością opa-

łową charakteryzował się pelet wyprodukowany z trocin dębowych (18,03 MJ/kg). Wartość opałowa peletu z wierzby i ślazuca była zbliżona i wynosiła około 17 MJ/kg. Natomiast w pelecie z pozostałości jabłkowych oznaczono 16,5 MJ/kg.

Tabela 2. Ciepło spalania oraz wartość opałowa biopaliw
Table 2. Combustion heat and heating value of studied biofuels

Biopaliwo	Ciepło spalania Q_s^a (MJ/kg)	Wartość opałowa Q_i^r (MJ/kg)
Zrębki wierzbowe - „świeże”	19,52	7,67
Pelet z wierzby	19,38	17,09
Pelet z ślazuca	19,24	16,90
Pelet z trocin sosnowych	20,06	17,67
Pelet z trocin bukowych	19,50	17,81
Pelet z trocin dębowych	19,87	18,03
Pelet z pozostałości jabłkowych	19,55	16,53
Pelet z pozostałości słonecznikowych	20,08	16,76
Brykiet z mieszaniny trocin	19,12	17,31
Średnio	19,63	16,28
NIR _{0,05}	0,06	0,45

Źródło: badania własne

Tabela 3. Skład elementarny biopaliw (% s.m.)
Table 3. Elementary composition of the biofuels (% DM)

Biopaliwo	Węgiel (C)	Wodór (H)	Siarka (S)
Zrębki wierzbowe - „świeże”	54,31	6,25	0,032
Pelet z wierzby	55,87	6,36	0,027
Pelet z ślazuca	55,15	6,31	0,031
Pelet z trocin sosnowych	55,87	6,41	0,011
Pelet z trocin bukowych	56,84	6,52	0,009
Pelet z trocin dębowych	56,88	6,39	0,008
Pelet z pozostałości jabłkowych	52,87	6,52	0,109
Pelet z pozostałości słonecznikowych	55,13	6,05	0,164
Brykiet z mieszaniny trocin	55,08	6,33	0,007
Średnio	55,23	6,35	0,043
NIR _{0,05}	1,37	0,16	0,008

Źródło: badania własne

Zawartość węgla w badanych biopaliwach była wysoka i wynosiła średnio 55,23% (tab. 3). Najwyższą wartość tej cechy oznaczono w pelecie z trocin dębowych 56,88%, natomiast najniższą w świeżych zrębkach wierzbowych 54,31%. Zawartość wodoru była najwyższa w pelecie z trocin bukowych. Wartość tej cechy była nieznacznie, choć istotnie, zróżnicowana w pozostałych rodzajach biopaliw. Najniższą zawartość siarki oznaczono w paliwach wytworzonych z trocin. Istotnie wyższe wartości tej cechy stwierdzono w pelecie z wierzby i ślazuca, odpowiednio: 0,027% i 0,031%. Natomiast pelet z pozostałości jabłkowych i słonecznikowych zawierał znacznie więcej siarki, odpowiednio 0,109% i 0,164%. W innych badaniach własnych zawartość węgla w jednorocznych pędach wierzbowych wynosiła 48,41%, wodoru 6,87%, a siarki 0,043% [Stolarski i in. 2005 b]. Natomiast zawartości siarki w pelecie z ślazuca oznaczona w cytowanej pracy [Stolarski i in. 2005a] była zbliżona do uzyskanych wyników.

Wnioski

1. Parametry wyprodukowanego biopaliwa z roślin energetycznych oraz pozostałości z przemysłu rolno-spożywczego były zróżnicowane i z reguły gorsze niż peletu z trocin uzyskanych z drewna korowanego.
2. Zawartość popiołu najniższa była w pelecie z trocin dębowych (0,4%), a najwyższa z pozostałości słonecznikowych (3,5%).
3. Pelet wyprodukowany z odpadów słonecznikowych zawierał prawie 3.krotnie więcej siarki niż z biomasy roślin energetycznych i 20.krotnie więcej niż z trocin.
4. Aktualnie przy braku surowca drzewnego do produkcji peletu i jego atrakcyjnej cenie wykorzystanie alternatywnej biomasy roślin energetycznych i pozostałości przemysłu rolno-spożywczego może być uzasadnione.

Bibliografia

- Grzybek A. 2003. Kierunki zagospodarowania biomasy na cele energetyczne. *Wiś Jutra*, 9: 10-11
- Grzybek A. 2004. Potencjał biomasy możliwej do wykorzystania na produkcję peletu. *Czysta Energia*, 6: 24-25
- Grzybek A. 2006. Zasoby krajowe biopaliw stałych i możliwości ich wykorzystania w aspekcie technicznym i organizacyjnym. *Energetyka*, IX: 8-11
- Ljungblom L. 2006. Pellets hotter than ever. *Bioenergy International*. 23: 9
- Rakos Ch. 2006 Pellet prices. *Bioenergy International*. 23: 11
- Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J., Kwiatkowski J., Grzelczyk M. 2005a. Charakterystyka zrębków oraz peletów (granulatów) z biomasy wierzby i ślazuca jako paliwa. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 1(47): 13-22

Stolarski M., Wróblewska H., Cichy W., Szczukowski S., Tworkowski J. 2005
b. Skład chemiczny oraz wartość opałowa drewna wierzby krzewiastej pozyskanego z gruntów ornych. *Drewno*, 48, 174: 5-16

Szczukowski S., Stolarski M., Tworkowski J., Przyborowski J., Klasa A. 2005.
Productivity of willow coppice plants grown in short rotations. *Plant Soil Environment*, 51(9): 423-430

Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M. 2004. *Wierzba energetyczna*. Plantpress Kraków, s. 46