

ANALIZA ENERGETYCZNA WYBRANYCH RODZAJÓW BIOMASY POCHODZENIA ROŚLINNEGO

Ignacy Niedziółka, Andrzej Zuchniarz

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Akademia Rolnicza w Lublinie

Streszczenie. Przedstawiono charakterystykę wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego, przeznaczonej do wykorzystania na cele energetyczne. Obejmowała ona analizę wartości opałowej, w zależności od zawartości wody, takich surowców roślinnych, jak: słoma, drewno, rośliny energetyczne oraz ziarno owsa. Wartość opałowa tych surowców kształtowała się w granicach od 5-11 MJ·kg⁻¹ dla materiałów roślinnych o wilgotności powyżej 40% do 15-20 MJ·kg⁻¹ dla materiałów suchych. Zwrócono także uwagę na aspekty ekologiczne i ekonomiczne związane z wykorzystaniem biomasy roślinnej na cele energetyczne.

Słowa kluczowe: biomasa, słoma, drewno, rośliny energetyczne, ziarno, wartość opałowa

WSTĘP

Biomasa jako odnawialne źródło energii budzi coraz większe zainteresowanie wśród potencjalnych jej odbiorców na świecie, w tym także i w Polsce. Należą do niej surowce pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, które ulegają biodegradacji i pochodzą z produkcji rolniczej, a także przemysłu rolno-spożywczego. Spośród wielu rodzajów biomasy największe znaczenie ma biomasa pochodzenia roślinnego. Może ona być używana na cele energetyczne w procesach bezpośredniego spalania surowców stałych lub przetwarzana na biopaliwa ciekłe i gazowe. Do biopaliw stałych zalicza się m.in.: słomę, drewno, rośliny energetyczne, a także ziarno. Są to surowce energetyczne pierwotne, które, poza korzyścią ekologiczną i ekonomiczną, dają szansę rozwojowi rolnictwa [Grzybek 2003].

Według danych statystycznych w Polsce corocznie uzyskuje się około 30 mln t słomy, z czego około 20 mln t zużywa się na cele rolnicze, a pozostałe 10 mln t można wykorzystać dla celów energetycznych. Potencjał energetyczny słomy w kraju jest znaczny, a pełne wykorzystanie nadwyżek produkcji słomy może pokryć aż 4% zapotrzebowania Polski na energię pierwotną. Energia chemiczna 1 kg słomy o wilgotności 15% wynosi 14,3 MJ, co odpowiada energii chemicznej zawartej w 0,81 kg drewna opałowego lub 0,41 m³ gazu ziemnego wysokometanowego. Pod względem energetycznym 1,5 t słomy równoważne jest 1 t węgla średniej jakości. W Polsce słoma może być wykorzy-

stana jako paliwo do ogrzewania mieszkań, budynków inwentarskich w gospodarstwach rolnych, jak i kotłowniach komunalnych [Szlachta 2001, Dreszer i in. 2003].

Oprócz słomy, znaczącym źródłem surowców energetycznych jest drewno i jego odpady, pochodzące z produkcji leśnej i przemysłu drzewnego. Obejmują one zrębki z szybko rosnących i wieloletnich gatunków drzew (wierzba, topola, robinia akacjowa), wióry, trociny oraz pył drzewny. Najdrobniejsze frakcje drewna są wykorzystywane zazwyczaj w formie brykietów lub peletów uzyskiwanych w procesie aglomerowania z innymi surowcami roślinnymi. Jako surowiec energetyczny można także wykorzystać drewno pochodzące z corocznych cięć sanitarnych, jak i likwidacji drzewostanu w sadach [Maciak i Lipińska 2006]. Najważniejszymi parametrami termofizycznymi różnych postaci drewna jest ich wartość opałowa, zależna od składu chemicznego i wilgotności.

Rośliny energetyczne charakteryzują się dużym przyrostem rocznym, wysoką wartością opałową, znaczną odpornością na choroby i szkodniki oraz stosunkowo niewielkimi wymaganiami glebowymi. Ich uprawa jest najlepszym sposobem wykorzystania i rekultywacji terenów zdegradowanych rolniczo. Niezwykle istotną sprawą jest również możliwość mechanizacji prac agrotechnicznych związanych z zakładaniem plantacji oraz zbiorem plonu. Uprawa roślin energetycznych jest przyjazna środowisku i może być średnio użytkowana przez 15–20 lat. Należą do nich m.in.: wierzba wiciowa, ślazo-wiec pensylwański, słonecznik bulwiasty, róża wielokwiatowa i trawy wieloletnie [Kościak 2003].

Na świecie, a ostatnio i w Polsce do celów energetycznych wykorzystuje się ziarno zbóż, w tym głównie owsa i kukurydzy. Ziarno, ze względu na niewielkie rozmiary, łatwiej jest transportować i magazynować niż słomę i drewno. Ponadto cechą tą daje duże możliwości techniczne pełnej automatyzacji procesu zadawania paliwa do kotła. Proces spalania ziarna realizowany jest w specjalnych palnikach, wymagających dostarczenia odpowiedniej ilości powietrza oraz utrzymywania odmiennych temperatur spalania niż powszechnie stosowane dla biomasy [Janowicz 2006].

W najbliższym czasie biomasa pochodzenia roślinnego będzie stanowiła główne źródło wytwarzania biopaliw wykorzystywanych w transporcie samochodowym, produkcji energii elektrycznej i ogrzewnictwie. Konieczność stosowania biomasy do celów energetycznych może przynieść szereg korzyści związanych z obniżeniem emisji gazów cieplarnianych, wzrostem zatrudnienia na obszarach wiejskich oraz poprawą efektywności produkcji rolniczej w gospodarstwach rodzinnych. Może także wpłynąć na zahamowanie wzrostu cen ropy naftowej w wyniku mniejszego zapotrzebowania na jej produkty.

WILGOTNOŚĆ BIOMASY A WARTOŚĆ OPAŁOWA

Wartość energetyczna to jeden z podstawowych parametrów termofizycznych biopaliw stałych. Waha się od $6\text{--}8\text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla biomasy o wilgotności 50–60% do $15\text{--}17\text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla biomasy podsuszanej, której wilgotność wynosi 10–20%, aż do $19\text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla biomasy całkowicie wysuszonej. Jednak jest ona niższa od wartości opałowej węgla i znacznie niższa od wartości opałowej gazu ziemnego. Wartość opałowa wszystkich rodzajów biomasy zależy ściśle od jej wilgotności (tab. 1). Zwiększanie się tego parametru powoduje zmniejszanie się wartości opałowej biomasy. W związku z tym istnieje konieczność dosuszania niektórych rodzajów biomasy, aby uzyskać pożąda-

ne parametry spalania oraz określoną wartość energetyczną paliwa [Grzybek 2003, Kościć 2003].

Tabela 1. Wartość opałowa wybranych rodzajów biomasy w zależności od wilgotności

Table 1. Fuel value of selected biomass samples dependent on moisture content

Rodzaj biomasy	Wilgotność biomasy %	Wartość opałowa w stanie świeżym MJ·kg ⁻¹	Wartość opałowa w stanie suchym MJ·kg ⁻¹
Słoma pszenna	15–20	12,9–14,1	17,3
Słoma jęczmienna	15–22	12,0–13,9	16,1
Słoma rzepakowa	30–40	10,3–12,5	15,0
Słoma kukurydziana	45–60	5,3–8,2	16,8
Pył drzewny	3,8–6,4	15,2–19,1	15,2–20,1
Trociny	39,1–47,3	5,3	19,3
Zrębki wierzby	40–55	8,7–11,6	16,5
Pelety	3,6–12	16,5–17,3	17,8–19,6
Brykiety ze słomy	9,7	15,2	17,1
Brykiety drzewne	3,8–14,1	15,2–19,7	16,9–20,4

Wartość opałowa słomy jako paliwa energetycznego uzależniona jest od jej gatunku, wilgotności oraz techniki przechowywania. Bardziej wskazane jest użycie tzw. słomy szarej, czyli pozostawionej przez pewien czas po ścięciu na działanie warunków atmosferycznych, a następnie wysuszonej. Taki produkt charakteryzuje się nieco lepszymi właściwościami energetycznymi oraz mniejszą emisją związków siarki i chloru od słomy żółtej, czyli świeżo ściętej (tab. 2). Zbyt wilgotna słoma ma nie tylko mniejszą wartość energetyczną, lecz powoduje także większą emisję zanieczyszczeń podczas spalania. Dlatego ustala się normy, określające maksymalną dopuszczalną wilgotność słomy. Choć normy te są różne dla różnych urządzeń, najczęściej przyjmuje się, że wilgotność słomy powinna utrzymywać się w granicach 18–25% [Kościć 2003].

Tabela 2. Porównanie właściwości słomy żółtej i szarej [Dreszer i in. 2003]

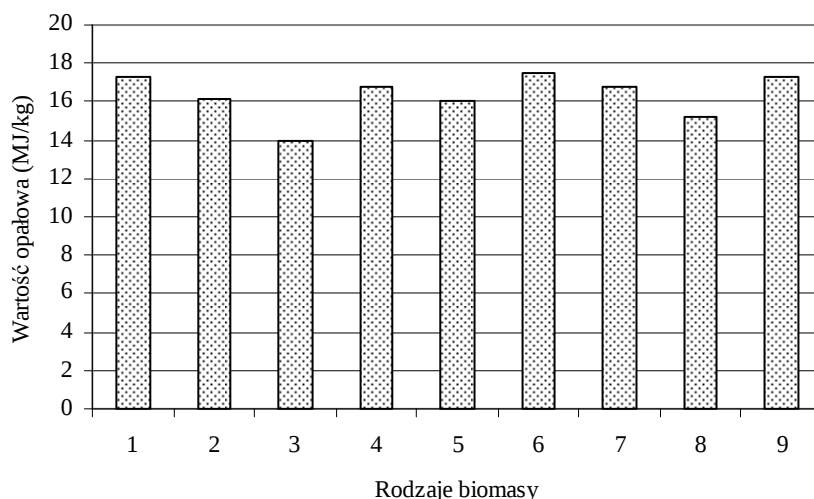
Table 2. Comparison of the properties of yellow and grey straw

Rodzaj słomy	Wilgotność %	Wartość energetyczna MJ·kg ⁻¹	Gęstość kg·m ⁻³	Zawartość popiołu % s.m.
Słoma żółta	10-20	14,3	90-165	4,0
Słoma szara	10-20	15,2	90-165	3,0

SPALANIE BIOMASY

W traktacie akcesyjnym o przystąpieniu do Unii Europejskiej Polska zadeklarowała wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w produkcji energii elektrycznej do 7,5% w roku 2010 i do 14% w roku 2020. Ponieważ hydrogeologiczne uwarunkowania Polski nie pozwalają uzyskać tak znacznego udziału odnawialnych źródeł z energetyki wodnej, wiatrowej lub geotermalnej, największym zainteresowaniem cieszy się biomasa (rys. 1).

Niezbędna staje się więc ocena właściwości energetycznych pozyskiwanej biomasy z uwzględnieniem jej właściwości chemicznych oraz możliwości jej wykorzystania [Grzybek 2003].



Rys. 1. Porównanie wartości opałowej różnych rodzajów biomasy: 1 – słoma pszenna, 2 – słoma jęczmienna, 3 – słoma rzepakowa, 4 – słoma kukurydziana, 5 – zrębki, 6 – pelety, 7 – brykiety drzewne, 8 – brykiety ze słomy, 9 – ziarno owsa oplewione

Fig. 1. Comparison of fuel value of different kinds of biomass: 1 – wheat straw, 2 – barley straw, 3 – rape straw, 4 – maize straw, 5 – felling, 6 – pellets, 7 – wood briquettes, 8 – straw briquettes, 9 – oat grains without husks

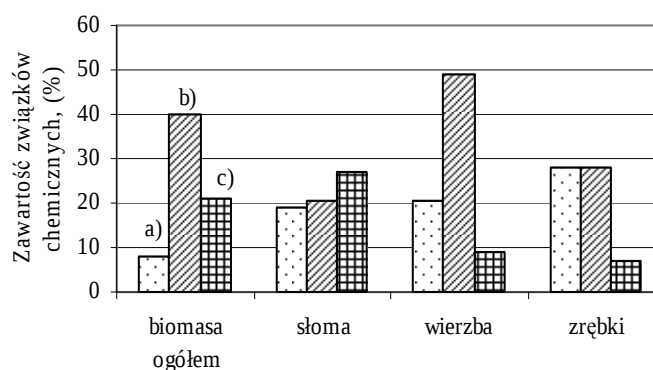
Dla potrzeb klientów indywidualnych i małych instalacji grzewczych biomasa przetwarzana jest do postaci brykietów lub peletów. Brykiety z reguły nie zawierają żadnych substancji wiążących – powstają w wyniku sprasowania trocin lub zrębków pod wysokim ciśnieniem. Brykiety i pelety najczęściej produkuje się ze zrębków wierzby energetycznej. Rośliny te rosną szybko i dają plony nawet przez 30 lat. Szacuje się, że z każdego hektara można uzyskać od 25 do 45 t zrębków. Przed prasowaniem zrębki poddawane są suszeniu do zawartości wilgoci około 15%. Odpady drzewne prasowane są w ścisłe, niewielkie rolki, niezawierające żadnych dodatków ze względu na swe naturalne właściwości [Kowalik 2003].

Również słoma w postaci brykietów jest bardzo atrakcyjnym produktem wykorzystywanym do celów grzewczych. Jej wartość energetyczna nie odbiega znacznie od wartości opałowej zrębków drewna czy wierzby energetycznej.

Spalanie biomasy w tradycyjnych kotłach c.o. wymaga zmniejszenia jej wilgotności poniżej 15%. Duża zawartość wilgoci w biomase ma również wpływ na koszty jej pozyskiwania. Często biomasę dowozi się do miejsca spalania z dalszych regionów kraju i zawartość wody, a tym samym wyższy ciężar biomasy, wpływa na wyższe koszty

transportu. Wykorzystanie odpadów drzewnych do celów energetycznych, podobnie jak słomy, jest więc opłacalne tylko przy niewielkiej odległości transportu surowca.

Podczas spalania czystej biomasy powstają małe ilości popiołu (0,5–12,5%), który nie zawiera szkodliwych substancji i może być wykorzystany jako nawóz mineralny (rys. 2). Wyższe zawartości popiołu świadczą o zanieczyszczeniu surowca [Zwierchowski 2006].



Rys. 2. Udział związków chemicznych w popiołach różnych rodzajów biomasy: a) zawartość SiO₂, b) zawartość CaO, c) zawartość K₂O

Fig. 2. Chemical compounds contents in ashes of different biomass kinds: a) SiO₂ content, b) CaO content, c) K₂O content

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wykorzystanie biomasy w Polsce będzie rosło ze względu na przyjętą przez Unię Europejską dyrektywę o udziale energii odnawialnej w ogólnej produkcji energii we wszystkich państwach członkowskich (dla Polski 7,5% w 2010 r.) [Wojciechowska 2006]. Aby temu sprostać, trzeba zagospodarować biomasę w różnej postaci: od nadwyżek słomy przy produkcji zbóż, po uprawy energetycznych gatunków roślin (np. wierzba). Na podstawie dokonanego przeglądu literatury [Dreszer i in. 2003, Grzybek 2003, Rogulska i Jaworski 2005] oraz badań własnych [Niedziółka i in. 2006a, 2006b] można sformułować następujące wnioski:

1. Biomasa poprzez swoje właściwości energetyczne jest alternatywnym źródłem energii, które z powodzeniem może zastąpić dotychczasowe technologie ciepłownicze, oparte na tradycyjnych paliwach kopalnych (np. węgiel).
2. Słoma może stanowić poważne źródło ekologicznej energii pod warunkiem, że jej wilgotność nie przekroczy 25% i będą stosowane właściwe kotły do spalania. Najlepiej, aby była to słoma szara.
3. Technologie spalania biomasy są trudne do zastosowania w tradycyjnych instalacjach ciepłowniczych zasilanych węglem.
4. Biomasa o dużej wilgotności w czasie zbioru wymaga poprawy walorów energetycznych poprzez zmniejszenie zawartości wody, co zwiększa koszty jej zastosowania.

Po spaleniu biomasy zanieczyszczonej glebą pozostaje więcej popiołu, ale można go wykorzystać jako nawóz mineralny.

PIŚMIENNICTWO

- Dreszer K., Michałek R., Roszkowski A. 2003: Energia odnawialna – możliwości jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie. Wyd. PTIR, Kraków – Lublin – Warszawa.
- Grzybek A. 2003. Kierunki zagospodarowania biomasy na cele energetyczne. *Wiś Jutra*, 9(62), 10–11.
- Janowicz L. 2006: Ciepło z ziarna. *Agroenergetyka*, 1(15), 38–41.
- Kościk B. 2003: Rośliny energetyczne. Wyd. AR Lublin.
- Kowalik P. 2003: Perspektywy peletyzacji biomasy w Polsce. *Gospodarka Paliwami i Energią*, 5/6.
- Maciak A., Lipińska G. 2006: Drewno z sadów – możliwości energetycznego wykorzystania. *Czysta Energia*, 2, 13.
- Niedziółka I., Szymanek M., Zuchniarz A. 2006a: An energetic evaluation of post-harvest maize for heating purposes. *Teka Komisji Motor. i Energ. Rol.*, (w druku).
- Niedziółka I., Szymanek M., Zuchniarz A. 2006b: Możliwości wykorzystania masy poźniwej kukurydzy jako odnawialnego źródła energii. *Inż. Rol.*, (w druku).
- Rogulska M., Jaworski Ł. 2005: Potrzebne plantacje. *Agroenergetyka*, 4(14), 17–20.
- Szlachta J. 2001: Wykorzystanie słomy do ogrzewania budynków mieszkalnych i szklarni. www.ppr.pl
- Wojciechowska U. 2006: Unijny plan działania w sprawie biomasy. *Czysta Energia*, 1, 16–18.
- Zwierzchowski R. 2006: Zasilana biomasą modułowa elektrociepłownia małej mocy. *Czysta Energia*, 1, 28–29.

AN ENERGETIC ANALYSIS OF SELECTED PLANT BIOMASS SAMPLES

Summary. A characteristics of selected plant biomass samples for energetic purposes was presented. It included an analysis of the dependent on water content fuel value of such plant raw materials as straw, wood, energetic plants, and oat grains. The fuel value of these materials ranged from 5-11 MJ·kg⁻¹ for plant materials with moisture content exceeding 40% to 15-20 MJ·kg⁻¹ for dry materials. The ecological and economic aspects connected with plant biomass use for energetic purposes were also highlighted.

Key words: biomass, straw, wood, energetic plants, grains, fuel value

Recenzent: prof. dr hab. inż. Kazimierz A. Dreszer