

Agnieszka CELIŃSKA*

Charakterystyka różnych gatunków upraw energetycznych w aspekcie ich wykorzystania w energetyce zawodowej

STRESZCZENIE. Opracowanie nowych technologii – takich jak energetyczne wykorzystanie biomasy w procesach spalania lub współspalania z węglem czy technologii zgazowania – wymaga danych na temat właściwości biomasy. Pozyskane dane pozwalają porównywać m.in. wartość opałową poszczególnych paliw, a także możliwość negatywnego wpływu na urządzenia energetyczne poprzez zwiększanie efektu korozji, żużlowania czy wręcz braku możliwości wykorzystania określonego paliwa w danym procesie technologicznym. W artykule przedstawiono własne wyniki badań różnych gatunków upraw energetycznych w aspekcie ich wykorzystania w energetyce zawodowej. Pokazują one podobne właściwości poszczególnych próbek tj. zawartość siarki do 0,15% i chloru do 0,48%, małą gęstość nasypową na poziomie 230 kg/m³, małą zawartość popiołu na poziomie 2,7%, dużą zawartość części lotnych na poziomie 72%, wilgoć analityczną na poziomie 6,6%, średnią wartość opałową na poziomie 16,2 MJ/kg. Jednocześnie należy zwrócić uwagę na zróżnicowanie jeżeli chodzi o zawartość tlenków metali alkalicznych w popiele i co za tym idzie zróżnicowanie temperatur mięknięcia popiołów poszczególnych gatunków upraw energetycznych. Ciągły wzrost popytu związany z zaspokojeniem bieżących potrzeb energetycznych będzie w dalszym ciągu promować wykorzystanie biomasy na cele energetyczne, a tylko wnikliwe poznanie właściwości biomasy pozwoli na efektywne jej wykorzystanie.

SŁOWA KLUCZOWE: uprawy energetyczne, energetyka zawodowa

* Mgr inż. — Instytut Energetyki, Jednostka Badawczo-Rozwojowa, Warszawa;
e-mail: agnieszka.celinska@ien.com.pl

Wprowadzenie

Przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych między innymi w ramach projektu badawczego zamawianego (PBZ) pt.: „Nowoczesne technologie energetycznego wykorzystania biomasy i odpadów biodegradowalnych (BiOB) – konwersja BiOB do energetycznych paliw gazowych” finansowanego ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Projekt realizowany jest przez konsorcjum ośmiu krajowych ośrodków badawczych, koordynatorem projektu jest Instytut Energetyki. Jednym z celów projektu jest podjęcie skoordynowanych badań, które doprowadzą w Polsce do faktycznego rozwoju upraw roślin energetycznych w rzeczywistych warunkach przyrodniczych i dla konkretnych technologii ich wykorzystania do produkcji energii elektrycznej i ciepła (www.biob.pl). Przedstawione w artykule badania w zakresie analizy technicznej obejmowały następujące próbki biomasy pochodzące z polskich upraw energetycznych (między innymi z Osin i Grabowa): 16 próbek wierzby, 12 próbek miskantusa, 1 próbkę spartiny preriowej, 3 próbki mozgi trzcinowej, 2 próbki topinambura, 1 próbkę ślazuwca pensylwańskiego, 1 próbkę róży wielokwiatowej, 1 próbkę rdestu sachalińskiego, 2 próbki malwy. Wybrane próbki biomasy poddano także analizie elementarnej, analizie składu popiołu i jego temperatury mięknięcia. Wyniki porównano do właściwości przeciętnego węgla kamiennego. Wszystkie badania przeprowadzono korzystając z procedur badawczych oceny właściwości energetycznych biomasy obowiązujących w Sieci Laboratoriów Nadzorowanych LABIOMEN opracowanych w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla.

1. Biomasa a ustawodawstwo

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 14% w roku 2020. Takie przyrosty energii z odnawialnych źródeł możliwe są jedynie przy wykorzystaniu biomasy. Obecnie 4% (190 milionów ton biomasy/rok) zapotrzebowania na energię Unia Europejska zaspokaja biomasą. Do 2020 roku ma nastąpić wzrost użycia biomasy do 8% (360 milionów ton biomasy/rok) (Nowa Energia 2008). Jednocześnie zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 roku w latach 2015–2017 dla potrzeb współspalania nie będzie w ogóle można używać biomasy leśnej (Dz.U. Nr 156, poz. 969). Prognozowane zapotrzebowanie na biomasę przez energetykę zawodową w Polsce wynosi 8,3 mln ton suchej masy w 2020 roku i 10,6 mln ton suchej masy w 2030 roku.

Niewątpliwe korzyści wynikające z zastosowania biomasy na cele energetyczne to obniżenie emisji gazów cieplarnianych, a także dywersyfikacja rodzajów energii, obniżenie uzależnienia od importu energii, wzrost zatrudnienia oraz potencjalny nacisk na obniżenie cen ropy naftowej (Faber i in. 2009).

2. Energetyczne wykorzystanie biomasy

Energia zawarta w biomase może być wykorzystana do produkcji ciepła lub do produkcji ciepła i energii elektrycznej. Kogeneracja, czyli skojarzone wytwarzanie energii cieplnej i elektrycznej, charakteryzuje się mniejszym zużyciem paliwa i mniejszą emisją substancji szkodliwych w porównaniu z procesem oddzielnej produkcji elektryczności i ciepła.

Technologie umożliwiające współspalanie biomasy z węglem w istniejących kotłach energetycznych są najszybszą drogą prowadzącą do wykorzystania biomasy w jednostkach wytwórczych o dużych mocach przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiej sprawności konwersji energii chemicznej zawartej w spalonym paliwie. Współspalanie biomasy i węgla wymaga optymalizacji parametrów energetycznych i emisyjnych procesu, który może być realizowany poprzez:

1. Współspalanie bezpośrednie – zachodzi w przypadku, kiedy do procesu spalania doprowadzany jest osobno strumień węgla i biomasy (biogazu) lub gotowa mieszanka węgla i biomasy.

2. Współspalanie pośrednie – zachodzi w przypadkach, gdy:

- ✧ spalanie biomasy (biogazu) zachodzi w tzw. przedpalenisku, a entalpia powstających spalin wykorzystywana jest w komorze spalania, w której zabudowane są powierzchnie ogrzewalne bądź bezpośrednio jako czynnik grzejny w wymiennikach;
- ✧ zgazowanie biomasy zachodzi w gazogeneratorze; powstający gaz jest doprowadzany do komory spalania, gdzie jest spalany w palnikach gazowych.

3. Współspalanie w układzie równoległym – każde paliwo konwencjonalne i odnawialne jest spalane w osobnej komorze spalania z zachowaniem indywidualnych wymogów. Szczególnym przypadkiem współspalania równoległego jest tzw. układ hybrydowy (Ściążko i in. 2006).

Współspalanie biomasy wiąże się z wieloma barierami technologicznymi. Parametry fizykochemiczne i energetyczne paliwa, spośród których można wyróżnić wilgoć, stanowiącą utrudnienie w procesie spalania, jest balastem stwarzającym wiele problemów przy pozyskaniu, składowaniu, transporcie, przeróbce i użytkowaniu, jest wskaźnikiem jakości paliwa, obniża wartość opałową paliwa, pogarsza dynamikę pracy młynów węglowych, wpływa na przebieg procesu spalania. Współmielenie biomasy i paliw konwencjonalnych wiąże się ze wzmożoną ochroną przeciwpożarową wynikającą ze znacznie wyższej, w porównaniu do węgla, zawartości części lotnych w połączeniu z niższą zawartością popiołu w biomase, co powoduje zwiększone ryzyko szybszego zapłonu cząstki biomasy. Wprowadzenie paliwa niskokalorycznego, jakim jest biomasa, powoduje zmianę ilości i właściwości cząstek stałych popiołu lotnego. Związki metali alkalicznych mogą przyspieszać tworzenie się osadów i korozję powierzchni ogrzewalnych kotła, powodują one zmniejszenie temperatury topnienia popiołu i zwiększenie jego lepkości, co wiąże się z nasileniem narastania osadów. Osady zmniejszają wymianę ciepła, a związana z nimi korozja może powodować uszkodzenia, prowadzące do awarii i przestojów. Wzrost chloru w paliwie

związany z wprowadzeniem biomasy powoduje wzrost zagrożenia korozją chlorową przezgrzewaczy pary lub korozję niskotlenową w komorze paleniskowej. Kolejną barierą technologiczną współspalania biomasy jest obniżenie parametrów pary, wydajności kotła i sprawności energetycznej brutto.

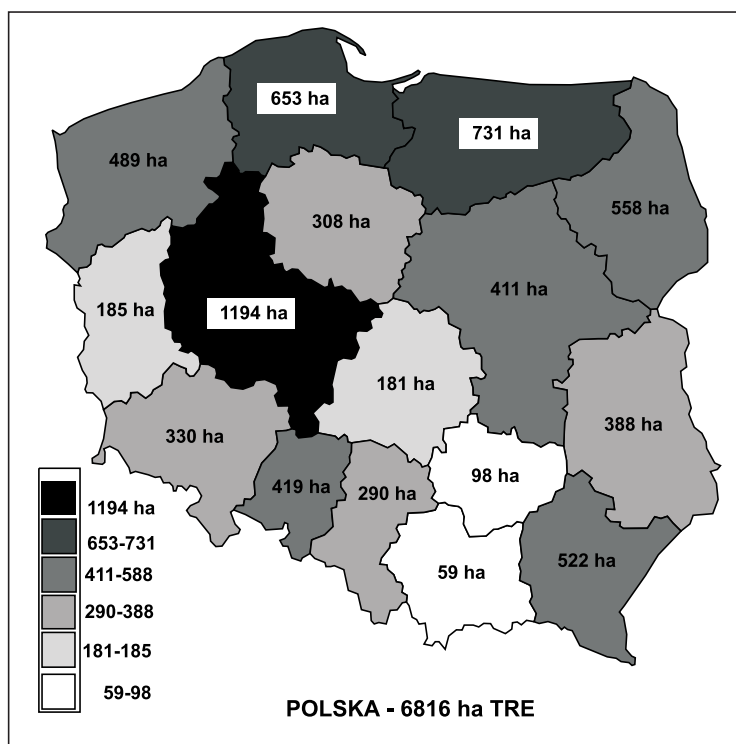
Odmienność właściwości fizykochemicznych biomasy wymaga szczególnej dbałości przy doborze i lokalizacji właściwych urządzeń i aparatury przeciwpożarowej, a także korekty obowiązujących procedur (Zuwała 2008). Obowiązujące prawo oraz korzyści finansowe wynikające z uzyskiwania certyfikatów „zielonej energii” i ograniczenia emisji CO₂, stymulują zastępowanie całości lub części paliwa kopalnego biomasą.

Na dzień dzisiejszy w zakresie współspalania biomasy w kotłach energetycznych największe zastosowanie ma nieprzetworzona biomasa leśna w postaci trocin i zrębek. Biomasa ta jest współspalana w postaci mieszaniny węgla i biomasy. Biomasa ta charakteryzuje się stosunkowo dużą wilgotnością (35–50%) i niską wartością opałową (7–10 MJ/kg). Ze względu na możliwości techniczne istniejących instalacji młynowych kotłów energetycznych udział biomasy zazwyczaj nie przekracza 10% udziału masowego; pozwala to uzyskać strumień „zielonej energii” na poziomie do 3% ogólnej produkcji energii z kotła (Golec i in. 2008). Należy jednak zaznaczyć, że w przypadku dużych elektrowni ilość współspalanej w ten sposób biomasy sięga setek tysięcy ton rocznie, jednocześnie – zgodnie z najnowszym Rozporządzeniem Ministra Gospodarki – w latach 2015–2017 dla potrzeb współspalania nie będzie w ogóle można używać biomasy leśnej.

3. Uprawa roślin na cele energetyczne

W 2007 roku łączna deklarowana przez rolników powierzchnia upraw roślin energetycznych w Polsce wyniosła około 180 tys. ha. Największa powierzchnia upraw roślin energetycznych znajduje się w województwie zachodniopomorskim (49 847 ha), wielkopolskim (38 202 ha) i opolskim (20 395 ha). Uprawy roślin energetycznych stanowiły w 2007 r. zaledwie 1,1% powierzchni użytków rolnych w kraju. Rośliny na plantacjach trwałych uprawiane są tylko na 6816 ha, co stanowi 3,9% łącznej powierzchni upraw roślin energetycznych. Największy udział roślin z plantacji trwałych w łącznej powierzchni upraw roślin energetycznych stwierdzono w woj. podlaskim (85,3%), a następnie w woj. warmińsko-mazurskim, mazowieckim i pomorskim (odpowiednio od 20,6% do 10,9%). W wymienionych na wstępie województwach wyróżniających się znaczną powierzchnią upraw roślin energetycznych udział roślin z plantacji trwałych jest symboliczny (średnio około 2%) – w tych regionach dominuje uprawa zbóż i rzepaku na cele energetyczne. Należy pamiętać, że podstawowym źródłem biomasy rolniczej dla sektora energetycznego są rośliny uprawiane na plantacjach trwałych (wieloletnich).

W 2007 r. przeciętna deklarowana przez rolników powierzchnia trwałych plantacji roślin energetycznych w Polsce wynosiła 8,04 ha, w tym w woj. podlaskim 46,5 ha, a w woj. małopolskim tylko 1,46 ha. W tej grupie roślin dominuje wierzba energetyczna



Rys. 1. Powierzchnia trwałych plantacji roślin energetycznych w 2007 r.
źródło: (Grzybek, Muzalewski 2008)

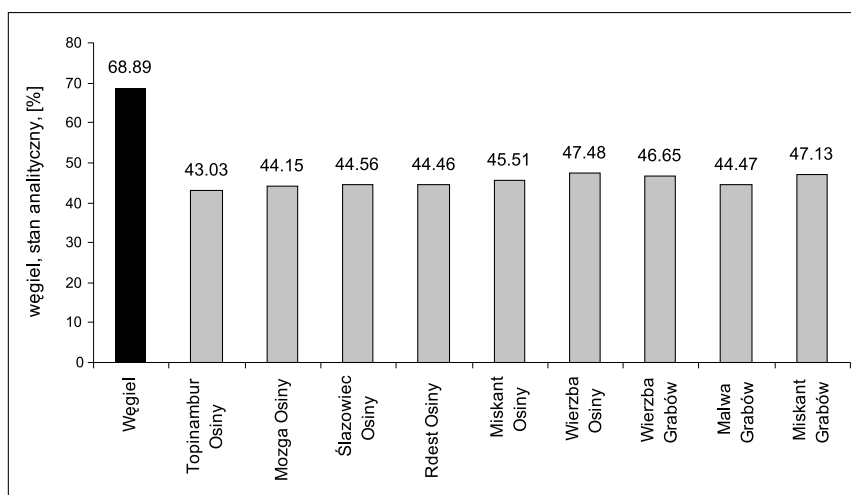
Fig. 1. Area of energy crops permanent plantation in 2007

(780 plantacji) o łącznej powierzchni 6480 ha, co stanowi 95% powierzchni trwałych plantacji roślin energetycznych. W 2007 r. największym deklarowanym arealem upraw wierzby energetycznej wyróżniało się woj. wielkopolskie (1178 ha). W 2007 r. deklarowana powierzchnia upraw miskanta i ślazuca pensylwańskiego wynosiła odpowiednio 67,8 ha i 26,1 ha. Plantacje miskanta zlokalizowane były głównie w woj. warmińsko-mazurskim, a ślazuca w woj. warmińsko-mazurskim i zachodnio-pomorskim. Jednakże tak mała powierzchnia trwałych plantacji roślin energetycznych już w chwili obecnej nie zapewnia odpowiednich dostaw surowca do wytwórców energii (Grzybek, Muzalewski 2008).

4. Biomasa jako paliwo

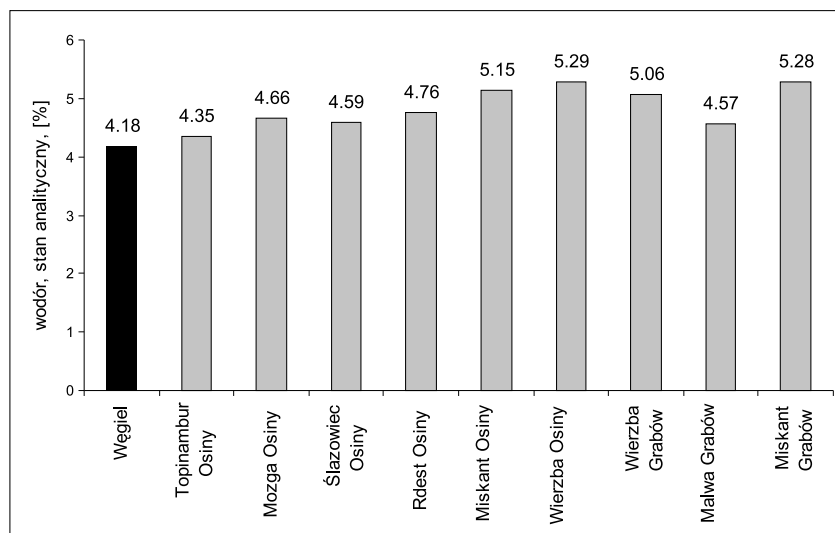
Porównując właściwości węgla kamiennego stosowanego w energetyce i biomasy należy stwierdzić, że jakościowo podstawowy skład pierwiastkowy jest taki sam (węgiel, wodór,

azot, tlen, siarka), różny natomiast jest ich udział. Biomasa zawiera średnio około 4-krotnie więcej tlenu, 2-krotnie mniej pierwiastka węgla, ale również mniej siarki i azotu (Jesionek J., Soliński I. 2004). Konsekwencją tych właściwości jest wysoka zawartość części lotnych (ok. 2,5-krotnie wyższa niż w węglu kamiennym) i wysoka reaktywność biomasy (Faber i in. 2009). Poniżej (rys. 2–5) przedstawiono wyniki analizy elementarnej wybranych paliw pozyskanych z upraw energetycznych.



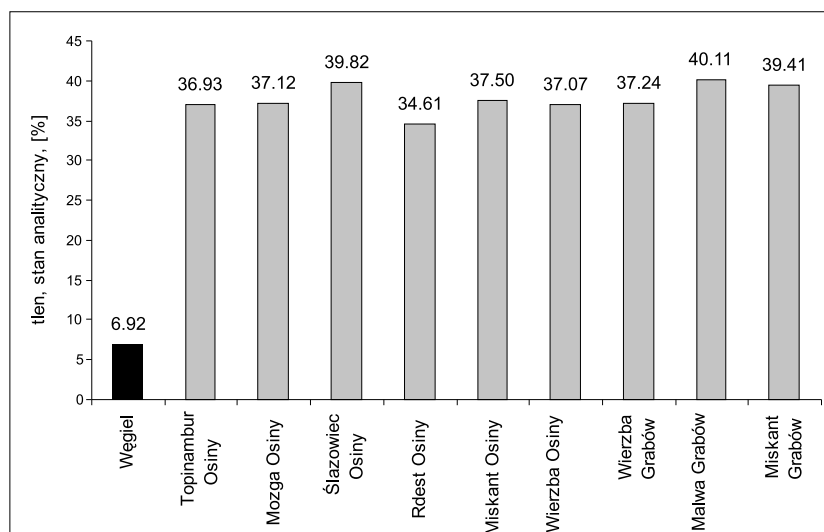
Rys. 2. Zawartość pierwiastka węgla, stan analityczny [%]

Fig. 2. Carbon contents, analytical state [%]



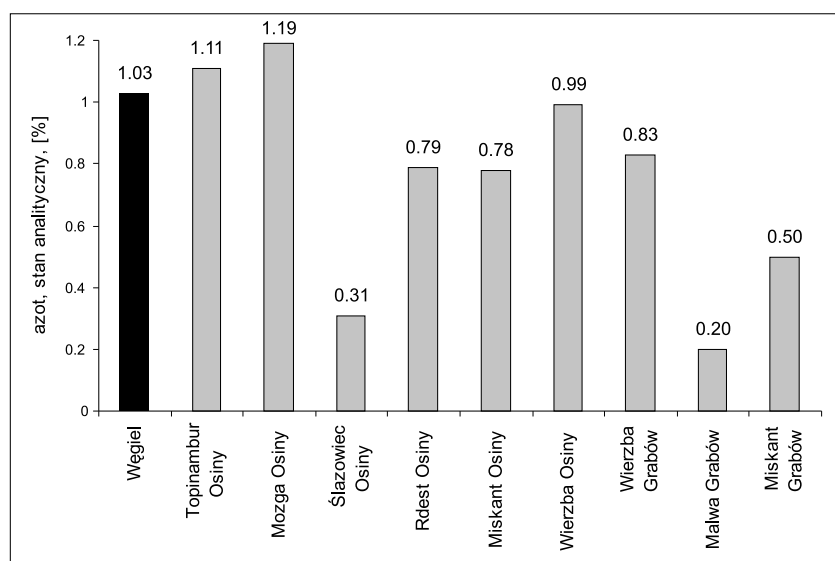
Rys. 3. Zawartość wodoru, stan analityczny [%]

Fig. 3. Hydrogen contents, analytical state [%]



Rys. 4. Zawartość tlenu, stan analityczny [%]

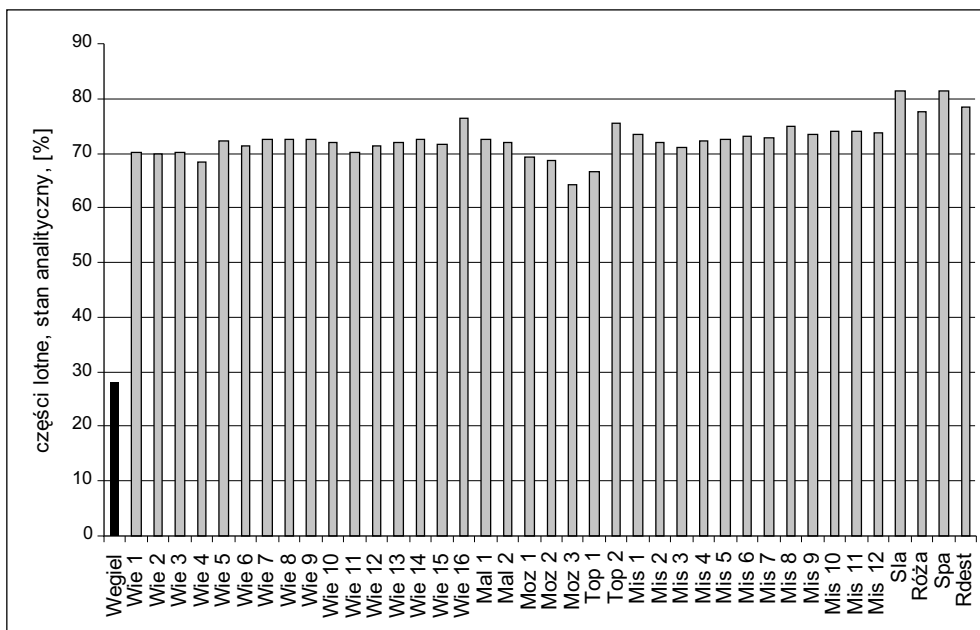
Fig. 4. Oxygen contents, analytical state [%]



Rys. 5. Zawartość azotu, stan analityczny [%]

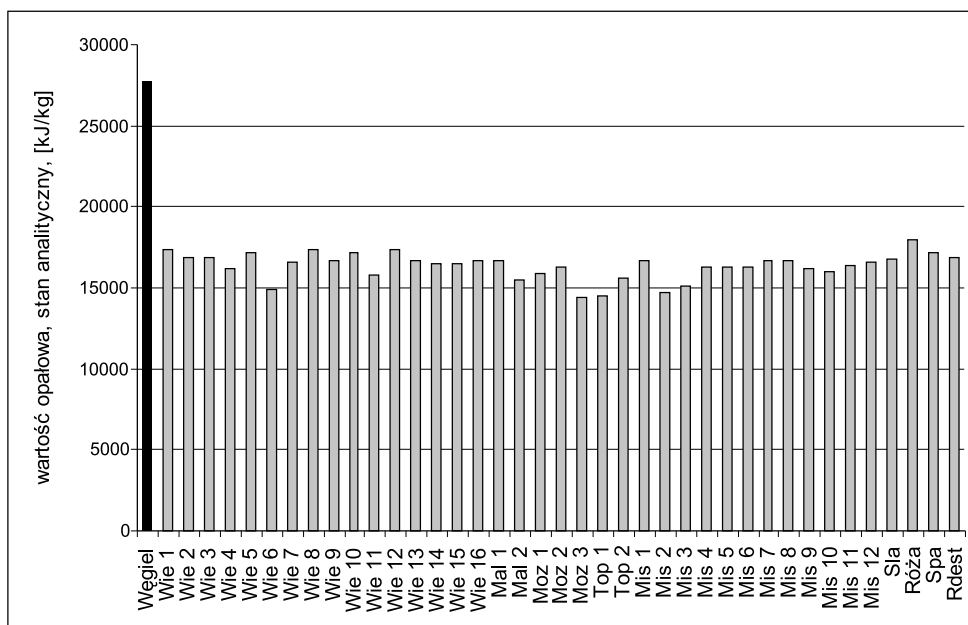
Fig. 5. Nitrogen contents, analytical state [%]

Wysoka i zmienna (35–60%) zawartość wilgoci jest niekorzystną cechą biomasy. Konsekwencją tych właściwości jest również niższa wartość opałowa (zwłaszcza w stanie roboczym). Niska wartość opałowa (rys. 6, 7) w przeliczeniu na jednostkę objętości skutkuje koniecznością operowania kilkakrotnie większymi objętościowo ilościami biomasy w celu dostarczenia takiej samej ilości energii jak z węgla. Znacznie niższa gęstość



Rys. 6. Zawartość części lotnych, stan analityczny (64,16% – mozga 3–81,47% – ślazowiec) [%]

Fig. 6. Volatile matter, analytical state [%]

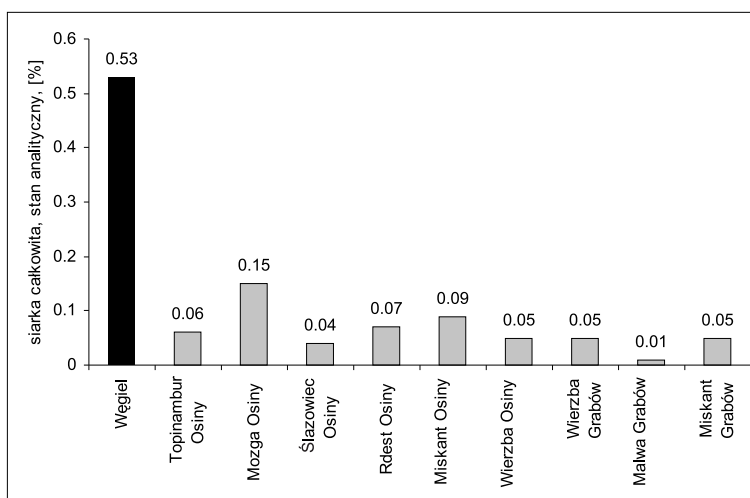


Rys. 7. Wartość opałowa, stan analityczny (14 457 kJ/kg – mozga 3–17 921 kJ/kg – róża) [kJ/kg]

Fig. 7. Heating value, analytical state [kJ/kg]

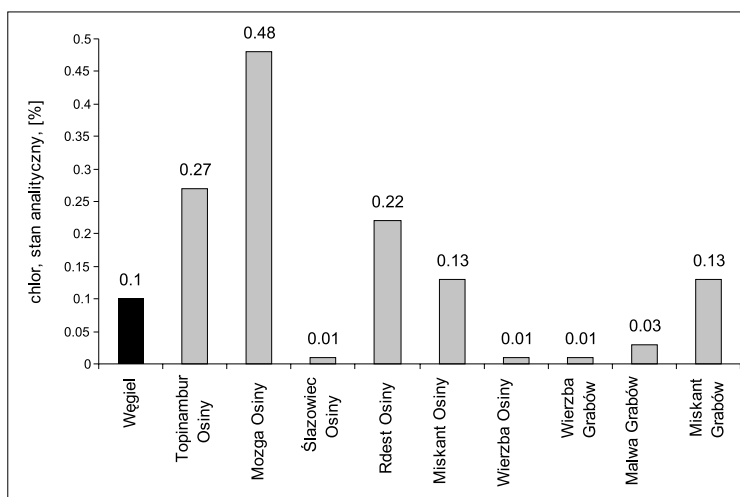
nasykowa biomasy skutkuje droższym transportem oraz większymi powierzchniami sła-dowisk.

W porównaniu z węglem, biomasa charakteryzuje się dużo wyższą zawartością zwią-zków alkalicznych (potasu, wapnia i fosforu), zmienną i niekiedy wysoką zawartością chloru, co może prowadzić do wzmożonej korozji oraz narastania agresywnych osadów w kotle podczas jej bezpośredniego spalania. Z kolei wyższa zasadowość popiołu ze spalania biomasy powoduje zmniejszenie emisji dwutlenku siarki, zawarte w popiele związki wapnia działają jak adsorbent tlenków siarki powstających w czasie spalania (rys. 8, 9). Większości



Rys. 8. Zawartość siarki całkowitej, stan analityczny [%]

Fig. 8. Total sulfur contents, analytical state [%]

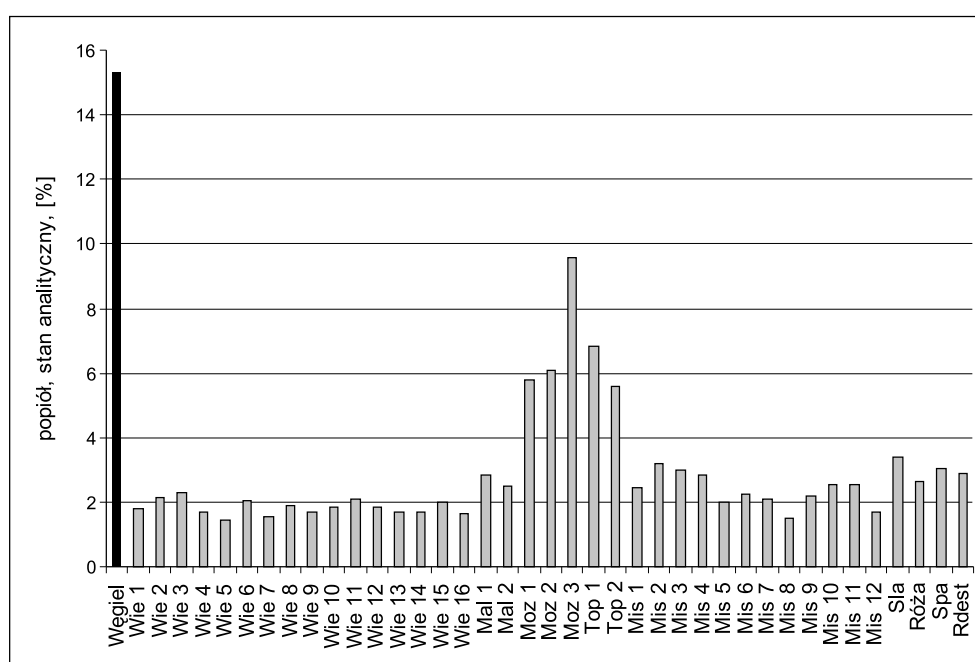


Rys. 9. Zawartość chloru, stan analityczny [%]

Fig. 9. Chlorine contents, analytical state [%]

problemów występujących w trakcie spalania biomasy można uniknąć stosując technologie współspalania biomasy z węglem. Zaletą biomasy (zwłaszcza drzewnej) są znacznie niższe, w porównaniu z węglem, zawartości popiołu i siarki.

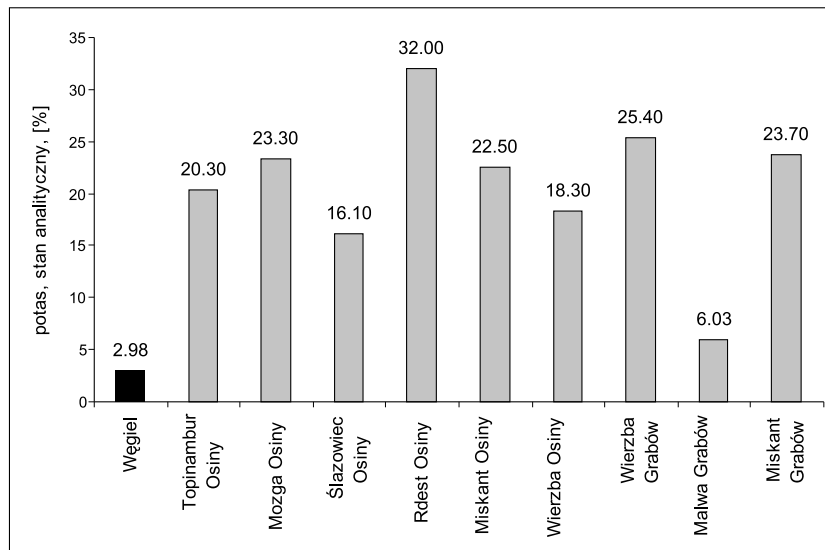
Popioły z węgla kamiennego w dużej mierze składają się z: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , natomiast popioły z biomasy zawierają: SiO_2 , CaO , i K_2O (rys. 11–13). Popiół jest często wykorzystywany do produkcji materiałów budowlanych, a współspalanie biomasy w kotłach opalanych dotychczas węglem wymaga znajomości wpływu udziału biomasy na jakość powstających popiołów (rys. 10). Poprzez odpowiedni dobór węgla i biomasy, uwzględniając ich właściwości i skład chemiczny, można kształtować właściwości popiołów powstających podczas spalania.



Rys. 10. Zawartość popiołu, stan analityczny (1,4% – wierzba 5–9,6% – mozga 3) [%]

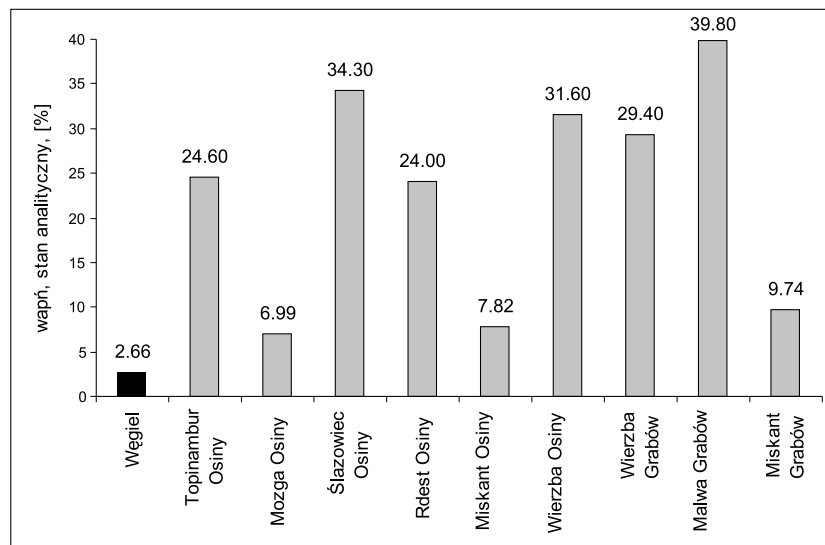
Fig. 10. Ash contents, analytical state [%]

Zawartość popiołu w biomase jest znacznie mniejsza od zawartości popiołu w większości węgli, natomiast skład chemiczny i mineralny popiołów jest znacząco różny. Popioły ze spalania biomasy cechują się niższymi temperaturami mięknięcia (zwykle od 750 do 1000°C), podczas gdy dla popiołów z większości węgla wynosi około 1000°C i więcej (rys. 14). Zmianę temperatury mięknięcia popiołu można odnotować nawet przy stosunkowo niewielkich udziałach masowych współspalanej biomasy. Zwiększeniu ulega wówczas prędkość narastania osadów na powierzchniach ogrzewalnych kotłów zarówno z powodu niższej temperatury mięknięcia popiołu spalanej mieszanki węgla-biomasa, jak i w wyniku przesunięcia składu chemicznego w kierunku związków o większej skłonności do osadzania się na powierzchniach ogrzewalnych (Ściążko i in. 2006).



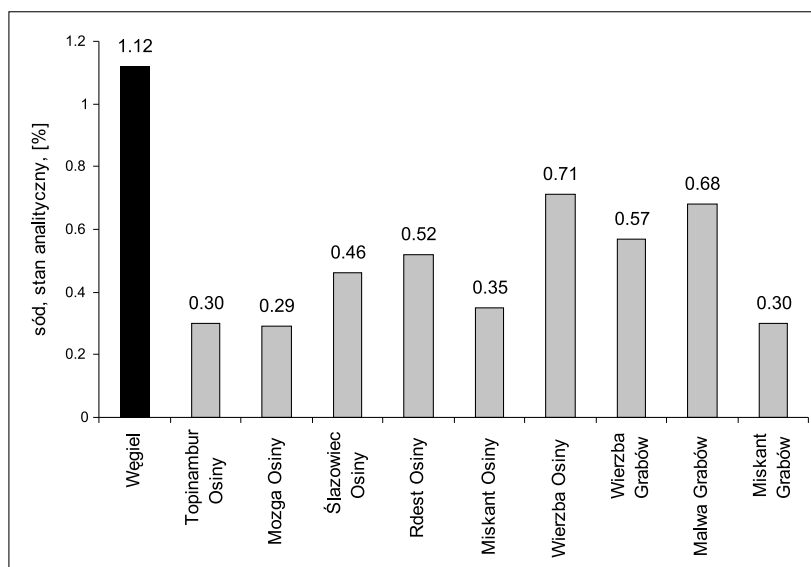
Rys. 11. Zawartość potasu jako K₂O, stan analityczny [%]

Fig. 11. Potassium as K₂O contents, analytical state [%]



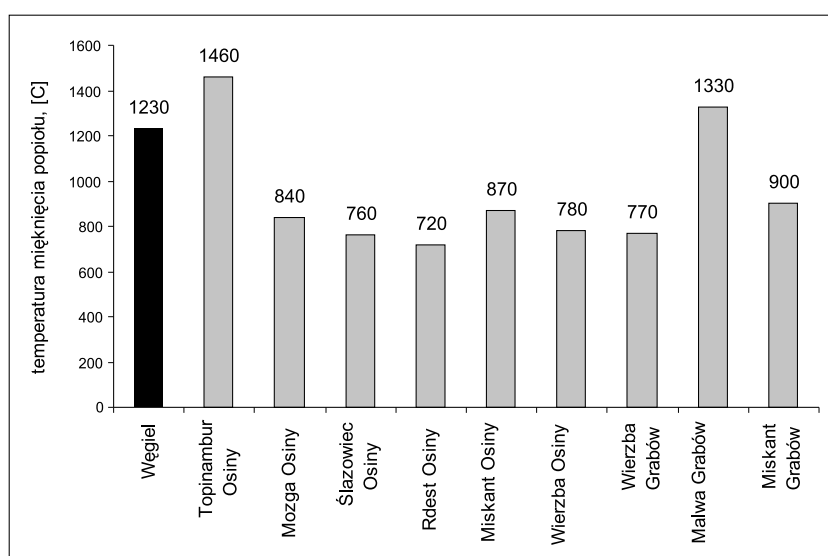
Rys. 12. Zawartość wapnia jako CaO, stan analityczny [%]

Fig. 12. Calcium as CaO contents, analytical state [%]



Rys. 13. Zawartość sodu jako Na₂O, stan analityczny [%]

Fig. 13. Sodium as Na₂O contents, analytical state [%]



Rys. 14. Temperatura mięknięcia popiołu, atmosfera pół-redukcyjna [°C]

Fig. 14. Softening temperature of ash, semi-reducing atmosphere [°C]

Wnioski

Właściwości fizykochemiczne biomasy powodują, że jest ona paliwem trudnym technologicznie, znacznie różniącym się od węgla spalanego w kotłach energetycznych. Biomasa przede wszystkim charakteryzuje się wyższą zawartością wilgoci, co wpływa negatywnie na efektywność procesu spalania, niższą wartością opałową surowej biomasy, wyższą zawartością części lotnych zmieniającą warunki zapłonu i spalania. Jednocześnie charakteryzuje się składem chemicznym jakościowo zbliżonym do węgla, a różnym składem ilościowym.

Odmienne właściwości fizykochemiczne biomasy w porównaniu do paliw konwencjonalnych wymagają doboru przemyślanych i właściwych urządzeń i aparatury, a także korekty stosowanych procedur. Działania na rzecz wdrażania technologii spalania lub współspalania biomasy stanowią bodziec do rozwoju nowoczesnych technologii.

Literatura

- [1] Dz.U. Nr 156, poz. 969, Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 r.
- [2] FABER A., KUŚ J., MATYKA M., 2009 – Poradnik „Uprawa roślin na potrzeby energetyki”. Warszawa.
- [3] GOLEC T., ŚWIĄTKOWSKI B., OSTAP M., 2008 – Materiały z warsztatów EC BREC/IPiEO nt. wykorzystania znormalizowanych metod analitycznych do oznaczania właściwości biopaliw stałych. 15.10.2008 r., „Współspalanie biomasy z węglem”.
- [4] GRZYBEK A., MUZALEWSKI A., 2006 – Sprawozdanie merytoryczne z wykonania zadania nr VIII.2.1/1 pt: „Identyfikacja i wybór plantacji oraz wytwórców i dostawców biomasy” w ramach Projektu Badawczego Zamawianego nr PBZ-MNiSW – 1, 3.
- [5] Nowa Energia 2008, Materiały z konferencji „Ciepło z biomasy w praktyce 2008”. 05.03.2008 r. Kielce, Targi Energii Odnawialnej ENEX.
- [6] JESIONEK J., SOLIŃSKI I., 2004 – Biomasa – ekologiczne i odnawialne paliwo XXI wieku. Polityka Energetyczna t. 4, z. 1.
- [7] ŚCIAŻKO M., ZUWAŁA J., PRNOBIS M., 2006 – Zalety i wady współspalania biomasy w kotłach energetycznych na tle doświadczeń eksploatacyjnych pierwszego roku współspalania biomasy na skalę przemysłową. Energetyka, s. 207–220.
- [8] Witryna internetowa projektu BiOB: www.biob.pl
- [9] ZUWAŁA J., 2008 – Materiały z Międzynarodowych Targów Poznańskich, „Kogeneracja i współspalanie – kierunki rozwoju energetyki”. „Bariery technologiczne współspalanie biomasy w energetyce na podstawie doświadczeń IChPW”. Poznań.

Agnieszka CELIŃSKA

Characteristics of various energy crops in aspect of use in power industry

Abstract

Study of new technologies such as energy use of biomass in process of firing and co-firing with coal, or gasification technologies require information of biomass properties. It allows to compare for example heating value of fuels and possibility of negative influence on energy equipment, increasing corrosion effect, slugging and fouling or even deficiency in use of definite biomass fuel in technology process. The article shows author's own research of various energy crops in aspect of use in power industry. The research indicates similar properties of biomass samples like total sulfur contents to 0.15% and chlorine to 0.48%, low density at the level of 230 kg/m^3 , low ash contests at the level of 2.7%, high volatile matter contests at the level of 72%, analytical moisture at the level of 6.6%, medium heating value at the level of 16.2 MJ/kg. As well we should take notice of biomass samples alkaline metallic oxides variety in ash which leads to variation of softening temperatures of ash. Constant increase of demand for energy will permanently promote biomass exploitation for energetic use and only precisely recognition of biomass properties permit effective use.

KEY WORDS: energy crops, power industry