



## MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA BIOMASY NA CELE ENERGETYCZNE<sup>1</sup>

Ignacy Niedziółka<sup>a\*</sup>, Mieczysław Szpryngiel<sup>b</sup>,

<sup>a</sup>Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>b</sup>Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania Procesami Produkcyjnymi,  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

\* Adres do korespondencji: ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin, e-mail: [ignacy.niedziolka@up.lublin.pl](mailto:ignacy.niedziolka@up.lublin.pl)

### INFORMACJE O ARTYKULE

Historia artykułu:  
Wpłynął: styczeń 2014  
Zrecenzowany: luty 2014  
Zaakceptowany: marzec 2014

Słowa kluczowe:  
biomasa  
produkcja energii  
sposoby konwersji  
korzyści i zagrożenia

### STRESZCZENIE

*Stale rosnące wraz z rozwojem cywilizacyjnym zapotrzebowanie na energię, przy wyczerpywaniu się jej tradycyjnych zasobów – głównie paliw kopalnych (węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny) oraz towarzyszący ich zużyciu wzrost zanieczyszczenia środowiska naturalnego, powodują zwiększenie zainteresowania wykorzystaniem energii ze źródeł odnawialnych. W pracy przedstawiono znaczenie odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym kraju. Szczególną uwagę zwrócono na podstawowe źródło energii odnawialnej w Polsce, jakim jest biomasa. Opisano rodzaje biomasy oraz podano ogólne właściwości energetyczne i fizyczno-chemiczne podstawowych surowców roślinnych pozyskiwanych do celów energetycznych. Omówiono możliwości wykorzystania biomasy do produkcji energii elektrycznej i ciepła oraz stosowane sposoby jej konwersji na biopaliwa. Podkreślono także korzyści i zagrożenia związane z wykorzystaniem biomasy roślinnej na cele energetyczne.*

## Wstęp

Terminem biomasa określane są stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, pozyskiwane z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej i leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty oraz części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji. Zasoby biomasy do celów energetycznych, szacowane w różnych scenariuszach i dokumentach strategicznych, są najwyższe spośród wszystkich dostępnych odnawialnych źródeł energii w Polsce. Ich wykorzystanie, w porównaniu do pozostałych OZE, jest dominujące we wszystkich sektorach energetycznych kraju (Janowicz, 2006).

<sup>1</sup> Praca naukowa finansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki w latach 2011-2014 jako projekt badawczy nr N N313 757540

W ostatnich latach zasoby wydobywanych paliw kopalnych w szybkim tempie maleją. Z kolei energetyka konwencjonalna korzystająca z tych paliw w znacznym stopniu przyczynia się do zanieczyszczenia środowiska. Z tych względów nieodzownym rozwiązaniem staje się wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Stanowią one alternatywę dla tradycyjnych nieodnawialnych nośników energii. Ich zasoby uzupełniają się w naturalnych procesach, co praktycznie pozwala traktować je jako niewyczerpywalne. Ponadto pozyskiwanie energii z tych źródeł jest bardziej przyjazne środowisku naturalnemu, w porównaniu do źródeł konwencjonalnych. Wykorzystywanie OZE w znacznym stopniu zmniejsza szkodliwe oddziaływanie energetyki na środowisko naturalne, głównie poprzez ograniczenie emisji szkodliwych substancji, w tym zwłaszcza gazów cieplarnianych (Grzybek, 2003).

Biomasa roślinna jest stosunkowo trudnym w użytkowaniu paliwem wymagającym odpowiedniego przetworzenia. Przede wszystkim jest to paliwo o znaczeniu lokalnym, stanowi materiał niejednorodny, często wilgotny i o niskiej wartości energetycznej w odniesieniu do jednostki objętości. Dlatego też, w porównaniu z innymi powszechnie stosowanymi nośnikami energii, biomasa może wydawać się dość kłopotliwym surowcem energetycznym. Jednak powszechność jej występowania i ogólna dostępność powodują, że cieszy się stałym zainteresowaniem, zarówno wśród producentów rolnych, jak też potencjalnych odbiorców energii elektrycznej i ciepła, a także ekologów. Ponadto jest szansą na powstawanie i rozwój lokalnych przedsiębiorstw, które mogą wykorzystywać surowce od okolicznych producentów rolnych i przeznaczać je na cele energetyczne (Frączek (red.), 2010; Kuś i Matyka, 2008; Piotrowski i in., 2004; Terlikowski, 2012).

Biomasa roślinna w stanie nieprzetworzonym charakteryzuje się stosunkowo małą gęstością, utrudniającą jej transport, magazynowanie i wykorzystanie w praktyce. Stąd zachodzi konieczność jej zagęszczenia np. w postaci peletów lub brykietów. Wytwarza się je z suchej rozdrobnionej biomasy pod dużym ciśnieniem i w podwyższonej temperaturze, najczęściej bez dodatku lepiszcza. Podczas aglomeracji występujące siły oraz temperatura powodują zagęszczenie w małej objętości znacznej ilości surowca. Dzięki temu uzyskuje się spadek zawartości wody, zwiększenie koncentracji masy i energii oraz znacznie podnosi komfort dystrybucji i użytkowania tego biopaliwa (Hejft, 2013; Kołodziej i Matyka (red.), 2012; Szyszlak-Bargłowicz i Piekarski, 2009).

Wartość energetyczna biomasy roślinnej zależy zarówno od rodzaju, jak i stanu surowca, a przede wszystkim od jego wilgotności. Wysoka zawartość wody powoduje zmniejszenie jej wartości opałowej, a tym samym ilości ciepła uzyskiwanego podczas spalania biomasy. Największą pozycję w bilansie energii odnawialnej w Polsce stanowi energia biopaliw stałych. Udział pozostałych nośników energii odnawialnej zmienia się z wyraźną tendencją wzrostową energii biopaliw ciekłych, wiatru, biogazu i słonecznej. Udział nośników energii odnawialnej w łącznym pozyskaniu energii ze źródeł odnawialnych przedstawiono w tabeli 1 (GUS, 2013).

Najwyższy udział w łącznej produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w 2012 roku stanowiły biopaliwa stałe (56,45%). Kolejnymi nośnikami energii wykorzystywanymi do produkcji energii elektrycznej były: energia wiatru, wody oraz biogaz (rys. 1). Energia elektryczna wytworzona z biogazu pochodziła głównie z biogazu wysypiskowego (41,8%) i biogazu z oczyszczalni ścieków (34,3%). Natomiast biopaliwa ciekłe i energia słoneczna stanowiły znikomą część udziału w łącznej produkcji energii elektrycznej (GUS, 2013).

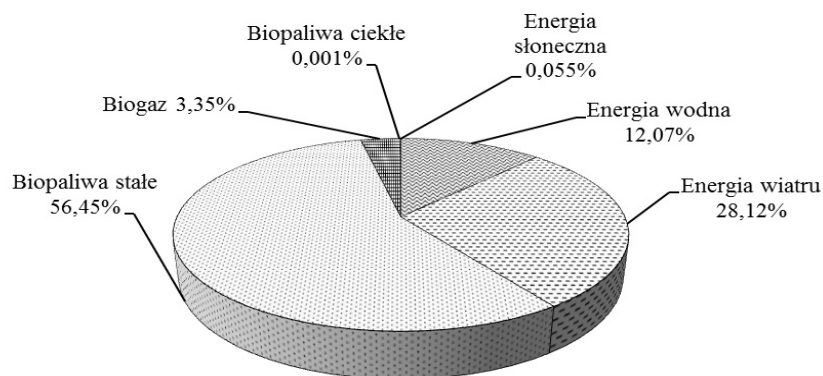
Tabela 1

*Udział poszczególnych nośników energii odnawialnej w łącznym pozyskaniu energii ze źródeł odnawialnych w 2012 r. (GUS, 2013)*

Table 1

*Participation of particular renewable energy carriers in a total extraction of energy from renewable sources in 2012 (GUS, 2013)*

Rodzaj OZE	Udział (%)
Biopaliwa stałe	82,16
Biopaliwa ciekłe	7,97
Energia wiatru	4,80
Energia wody	2,06
Biogaz	1,98
Odpady komunalne	0,38
Pompy ciepła	0,31
Energia geotermalna	0,19
Energia słoneczna	0,15



*Rysunek 1. Udział nośników energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej w 2012 r. (GUS, 2013)*

*Figure 1. Participation of renewable energy in production of electric energy in 2012 (GUS, 2013)*

## Rodzaje biomasy

Biomasa roślinna powstaje w wyniku procesów fotosyntezy, w których energia promieniowania słonecznego powoduje przekształcenie CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O w związki organiczne. Zaliczana jest do ważnych odnawialnych źródeł energii, gdyż jej zasoby odtwarzają się w krótkim czasie. Do produkcji biopaliw wykorzystuje się biomasę pozyskiwaną z różnych źródeł, do których zalicza się: leśnictwo, rolnictwo, przemysł (głównie rolno-spożywczy), gospodarkę komunalną i inne źródła. Energię zawartą w biomase można przetwarzać w inne, bardzo dogodne formy biopaliw. Głównymi składnikami energetycznymi biomasy roślinnej są: celuloza, hemicelulozy i lignina będące wielocząsteczkowymi biopolimerami. Zawartość tych składników w wybranych rodzajach biomasy zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2

*Udział polimerów w wybranych rodzajach biomasy roślinnej (Klimiuk i in., 2012)*

Table 2

*Composition of polymers in the selected types of plant biomass (Klimiuk et al., 2012)*

Rodzaj biomasy	Celuloza (%)	Hemicelulozy (%)	Lignina (%)
Słoma pszenna	38,0	30,0	16,5
Słoma żytnia	28,8	27,6	2,8
Słoma kukurydziana	12,4	30,8	1,4
Trawy	39,7	16,9	17,6
Uprawy energetyczne	45,0	30,0	15,0
Drewno miękkie	35-40	25-30	27-30
Odpady drzewne	50,0	23,0	22,0
Odpady komunalne	45,0	9,0	10,0

Biopaliwa stałe obejmują organiczne, niekopalne substancje o pochodzeniu biologicznym, które mogą być wykorzystane jako paliwa do produkcji ciepła lub wytwarzania energii elektrycznej. Podstawowym biopaliwem stałym jest drewno opałowe występujące w różnych postaciach oraz brykiety, pelety wytwarzane z odpadowych surowców roślinnych, a także odpady z przemysłu drzewnego i papierniczego. Odrębną grupę stanowią paliwa pochodzące z plantacji przeznaczonych na cele energetyczne (drzewa szybko rosnące, byliny dwuliścienne, trawy wieloletnie, zboża uprawiane w celach energetycznych) oraz pozostałości organiczne z rolnictwa i ogrodnictwa (Denisiuk, 2006; Kościuk, 2007; Kołodziej i Matyka (red.), 2012).

Ze względu na źródła pochodzenia wyróżnia się następujące rodzaje biomasy:

1. Biomasa pochodzenia drzewnego (dendromasa):
  - biomasa z krzewów,
  - biomasa z drzew szybko rosnących liściastych i iglastych,
  - odpady i pozostałości pochodzące z przemysłu przetwarzającego biomasę drzewną.
2. Biomasa pochodzenia rolniczego (agromasa):
  - biomasa z odpadów i pozostałości produkcji roślinnej,
  - biomasa z upraw roślin energetycznych,

- biomasa z odpadów produkcji rolno-spożywczej,
  - biomasa pochodząca z pozostałych odpadów biodegradowalnych.
3. Biomasa pochodzenia zwierzęcego (zoomasa):
- odchody zwierzęce stałe i płynne (obornik, gnojowica),
  - odpady uboczne z uboju zwierząt (np. treści żołądkowe),
  - produkty z przetwórstwa zwierzęcego (np. tłuszcze).

Podstawowym źródłem biomasy pozyskiwanej z produkcji roślinnej jest słoma zbóż i innych roślin uprawnych. Ważną rolę wśród potencjalnych zasobów biomasy odgrywają także uprawy energetyczne, do których zalicza się: krzewy i drzewa szybko rosnące (wierzba energetyczna, róża wielokwiatowa, robinia akacjowa, topola, klon jesionolistny), byliny trwałe (ślazowiec pensylwański, topinambur, rożnik przerośnięty, rdestowiec sachaliński), trawy wieloletnie (mozga trzcinowata, miskant olbrzymi i cukrowy, palczatka Gerarda, spartina preriowa, proso różgowate) rośliny jednoroczne (kukurydza energetyczna, burak energetyczny, rzepak energetyczny, żyto energetyczne) i inne (Majtkowski, 2007; Stolarski i in., 2008; Terlikowski, 2012).

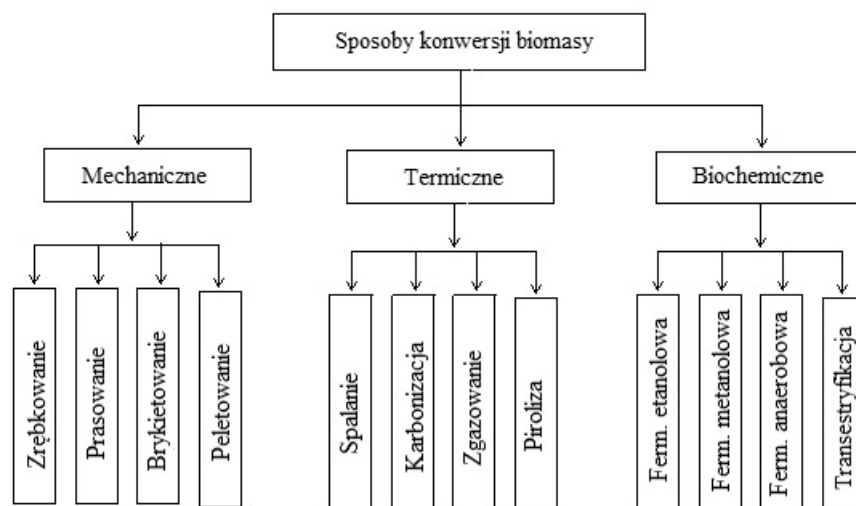
### Sposoby konwersji biomasy

Biomasa roślinna pozyskiwana w zmiennych warunkach atmosferycznych ma zwykle podwyższoną wilgotność i wymaga dosuszania. Proces suszenia biomasy przeprowadzany jest przed jej składowaniem w celu pozbycia się wody zawartej w materiale oraz uniknięcia problemów związanych z:

- rozpadem materiału roślinnego (utrata suchej masy i energii),
- procesami pleśnienia powodującymi zagrożenie dla zdrowia ludzi i otoczenia,
- zagrożeniem wynikającym z samozapłonu (samozagrzewanie się),
- procesami mikrobiologicznymi powodującymi emisję gazów cieplarnianych,
- obniżeniem wartości opałowej.

Powszechnie stosowanym sposobem mechanicznego przetwarzania biomasy jest jej rozdrabnianie (cięcie, zrębkowanie) oraz prasowanie, brykietowanie lub peletowanie (rys. 2).

Rozdrabnianie stosuje się zazwyczaj przed transportem biomasy, aby zwiększyć jej gęstość nasypową oraz obniżyć koszty transportu. Z kolei prasowanie, brykietowanie i peletowanie biomasy jest procesem zagęszczania paliwa celem poprawy jego właściwości fizycznych i energetycznych. Zagęszczeniu poddawana jest najczęściej biomasa typu stałego, a mianowicie: trociny, wióry, słoma, siano, łuski itp. Ten rodzaj konwersji biomasy zwiększa jej gęstość energetyczną, określaną jako stosunek wartości opałowej do jednostkowej objętości ( $\text{GJ}\cdot\text{m}^{-3}$ ), obniża zawartość wilgoci, a także powoduje ujednoczenie rozmiarów i kształtów uzyskiwanych biopaliw, dzięki czemu mogą być one wykorzystywane zarówno w energetyce zawodowej, jak i rozproszonej. W tabeli 3 przedstawiono wybrane właściwości energetyczne i fizyczno-chemiczne biopaliw stałych wytworzonych z wybranych rodzajów słomy.



Rysunek 2. Sposoby konwersji biomasy roślinnej na biopaliwa  
 Figure 2. Methods of plant biomass conversion into biofuels

Tabela 3

Właściwości energetyczne i fizyczno-chemiczne biopaliw stałych produkowanych ze słomy  
 (Lewandowski i Ryms, 2013)

Table 3

Energy and physico-chemical properties of solid biofuels produced from straw  
 (Lewandowski i Ryms, 2013)

Wyszczególnienie	Jednostka miary	Brykiety		Pelety	
		Słoma pszenna	Słoma rzepakowa	Słoma pszenna	Słoma żytnia
Wartość opałowa	(MJ·kg <sup>-1</sup> )	15,2	20,1	18,2	19,2
Wilgotność	(% wag.)	15,1	9,6	8,3	6,6
Gęstość nasypowa	(kg·m <sup>-3</sup> )	320	310	540	580
Średnica	(mm)	50	50	9	9
Zawartość chloru (Cl)	(% wag.)	0,047	0,013	0,270	0,263
Zawartość siarki (S)	(% wag.)	0,160	0,592	0,130	0,390
Zawartość węgla (C)	(% wag.)	45,5	50,0	45,5	40,1

Do termicznych sposobów konwersji biomasy, oprócz spalania, należy zaliczyć karbonizację, zgazowanie i pirolizę. Biomasa jako paliwo wykorzystywane w energetyce można spalać w różnorodny sposób. Najczęstszym sposobem jest jej bezpośrednie spalanie w specjalnych kotłach ze złożem fluidalnym, które charakteryzują się bardzo dużą sprawnością podczas procesu spalania oraz stabilnymi warunkami pracy. Drugim sposobem spalania

biomasy jest jej współspalanie z węglem w kotłach energetycznych zaprojektowanych do spalania węgla kamiennego bądź brunatnego.

Bezpośrednie współspalanie biomasy realizowane jest w komorze paleniskowej, do której strumienie biomasy i węgla są dostarczane oddzielnie lub w postaci wcześniej przygotowanej mieszanki biomasy i węgla. Współspalanie pośrednie realizowane jest w momencie, gdy przeprowadzone jest zgazowanie biomasy w specjalnym gazogeneratorze, a powstający gaz transportowany jest do komory paleniskowej, gdzie w specjalnych palnikach gazowych ulega spalaniu. Natomiast współspalanie w układzie równoległym, w którym zarówno węgiel, jak i biomasa są spalane w oddzielnych komorach spalania, a proces spalania przebiega w sposób indywidualnie przygotowany i kontrolowany.

Karbonizacja termiczna biomasy przeprowadzana jest w warunkach beztlenowych, w temperaturze od 200 do 300°C i ciśnieniu zbliżonym do atmosferycznego. To inaczej proces wysokotemperaturowego suszenia biomasy celem przetworzenia jej w biopaliwo o właściwościach zbliżonych do węgla.

W wyniku karbonizacji biomasy uzyskuje się paliwo o:

- zbliżonych właściwościach fizycznych i energetycznych,
- wyższej kaloryczności,
- hydrofobowej naturze,
- wysokiej odporności na procesy biologiczne,
- podwyższonej przemiałowości,
- wyższej temperaturze topnienia popiołów.

Pelety wytworzone z karbonizatu odznaczają się wysoką gęstością energetyczną, są odporne na wchłanianie wilgoci oraz nie wymagają specjalnego sprzętu do składowania i magazynowania, tak jak w przypadku zwykłych peletów. Połączenie peletyzacji biomasy z procesem karbonizacji daje dobre rezultaty dla tego biopaliwa, które w przyszłości może stać się substytutem paliwowym dla węgla. Dzięki temu biomasa typu lignocelulozowego staje się bardziej węglopodobną materią. Polepszeniu ulegają właściwości przemiałowe, dzięki którym dochodzi do redukcji wydatków energetycznych na jej mielenie. Poprawie ulegają także własności hydrofobowe, które sprawiają, że składowanie biomasy jest bardziej bezpieczne oraz spada ryzyko degradacji biologicznej.

Piroliza jest procesem termicznego rozkładu biomasy zachodzącym w atmosferze beztlenowej lub w obecności niewielkiej ilości tlenu w stosunku do ilości tlenu potrzebnego do spalania. Podstawowymi produktami pirolizy są: gaz pirolityczny, bioolej (nazywany olejem pirolitycznym) i karbonizat (stała postać o dużym stopniu utlenienia). Piroliza może być szybka lub wolna. W procesie pirolizy szybkiej biomasa ulega rozkładowi pod wpływem podwyższonej temperatury (ok. 500°C), tworząc opary oraz pewną ilość karbonizatu. W wyniku schłodzenia część produktów ulega kondensacji generując ciemnobrazową, oleistą ciecz o wysokiej wartości opałowej. Z kolei zasada pirolizy wolnej stosowana jest tradycyjnie w procesie produkcji węgla drzewnego przez wytlenianie drewna (sucha destylacja). Obecnie piroliza wolna stosowana jest do produkcji karbonizatu o większej stabilności i gęstości energetycznej oraz bardzo małej wilgotności.

Zgazowanie biomasy obejmuje szereg procesów termicznych, którym poddawane jest paliwo stałe dostarczone do urządzenia zwanego generatorem gazu, reaktorem lub zgazowarką. Ten sposób konwersji biomasy jest uzasadniony przy jej wykorzystywaniu w rozproszonych małych lub średnich układach kogeneracyjnych. Gazyfikacja biomasy jest

procesem, podczas którego powstaje gaz drzewny (*holzgas*). W procesie gazyfikacji można wyróżnić następujące etapy: suszenie biomasy w temperaturze ok. 150°C, wydrębnienie z paliwa części lotnych w temperaturze 200-600°C, utlenianie tj. powstawanie tlenu i dwutlenku węgla oraz pary wodnej w temperaturze powyżej 600°C oraz redukcja dwutlenku węgla i pary wodnej do tlenu węgla i wodoru. W procesie zgazowania biomasy uzyskuje się następujące rodzaje produktów: gazowe, ciekłe (kondensujące, para wodna, alkohole, kwasy), smołę (ciężkie węglowodory kondensujące do stałej postaci) oraz stałe (popiół).

Wśród biochemicznych sposobów konwersji biomasy należy wymienić fermentację beztlenową, podczas której uzyskuje się alkohole lub biogaz, a także transestryfikację olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych do produkcji biodiesla. Biomasa, która zbudowana jest z celulozy, hemiceluloz i ligniny ulega konwersji biochemicznej do biopaliw płynnych. W wyniku hydrolizy stają się one materiałem bogatym w cukry, z których w wyniku kolejnego procesu biochemicznego produkuje się etanol lub biogaz. Praktycznie każdy z występujących rodzajów biomasy jest potencjalnym surowcem do produkcji biopaliwa pierwszej generacji. Spotyka się następujące procesy hydrolizy biomasy: proces termicznej hydrolizy, w którym długie łańcuchy cząsteczek celulozy i hemiceluloz ulegają redukcji w środowisku wodnym w wyniku dostarczenia energii cieplnej oraz proces fermentacji beztlenowej, w której celuloza ulega przemianie w cukry, a te z kolei przekształcane są w biopaliwa płynne.

### **Korzyści i zagrożenia związane z wykorzystaniem biomasy**

Wykorzystanie biomasy na cele energetyczne ma zarówno wiele zalet, jak też i wad. Stosowanie jej jako biopaliwa jest przede wszystkim mało szkodliwe dla środowiska przyrodniczego. Wynika to z faktu, że podczas spalania biomasy emisja CO<sub>2</sub> bilansuje się z tym, ile rośliny pobierają go w procesie fotosyntezy. W niektórych przypadkach np. rośliny wieloletnie potrafią pobrać z atmosfery więcej CO<sub>2</sub> niż emitują podczas spalania w kotłach. Dodatkowo biomasa zawiera znacznie niższe ilości siarki, przez co nie ma potrzeby odsiarczania spalin, co ma miejsce przy spalaniu węgla. Również wykorzystanie biomasy do ogrzewania jest bardzo opłacalne, gdyż jej ceny są niższe niż innych paliw. Dodatkowym atutem jest zagospodarowanie nieużytków i odpadów (Romanowska-Słomka, 2009).

Wśród korzyści związanych z wykorzystaniem biomasy należy wymienić m.in.:

- ochronę środowiska naturalnego,
- zagospodarowanie gruntów zdegradowanych i nieprzydatnych na cele rolnicze,
- zwiększenie udziału surowców odnawialnych w ogólnym bilansie surowcowym,
- zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego kraju,
- zagospodarowanie nadwyżek występujących na rynku żywnościowym,
- zagwarantowanie przychodów z produkcji rolniczej prowadzonej na cele niespożywcze,
- tworzenie warunków do restrukturyzacji polskiej wsi i rolnictwa,
- rozwój przemysłu w zakresie środków do produkcji i przetwarzania biomasy,
- zapewnienie taniego źródła ciepła dla odbiorców komunalnych i przemysłowych.



Z kolei zagrożenia fizyczne i biologiczne związane są przede wszystkim ze sposobem przygotowywania i przechowywania pozyskiwanej biomasy. Przechowywanie wilgotnej biomasy roślinnej wiąże się z rozwojem mikroorganizmów, a ich działalność metaboliczna powoduje wzrost jej temperatury. W ekstremalnych przypadkach wzrost temperatury może doprowadzić do samozapłonu. Biomasa narażona na działanie warunków atmosferycznych szybko wilgotnieje. Takie działanie prowadzi do intensywnego rozwoju mikroorganizmów. Powstałe grzyby i drobnoustroje mogą być poważnym zagrożeniem dla zdrowia pracowników i mogą powodować reakcje alergiczne. Do szkodliwych mikroorganizmów zaliczane są także grzyby wytwarzające toksyny oraz wirusy i pasożyty, które mogą sprzyjać powstawaniu nowotworów, a nawet powodować śmierć. Najbardziej narażone na zakażenia i alergię są osoby obsługujące kotłownie, ponieważ wykonują prace załadunkowo-rozładunkowe. Również osoby zatrudnione przy spalaniu odpadów narażone są dodatkowo na kontakt z drobnoustrojami, których nośicielami są gryzonie (myszy i szczury), a nawet z pasożytami (Romanowska-Słomka, 2009).

Ponadto do zagrożeń związanych z wykorzystaniem biomasy można wyróżnić m.in.:

- większe zapotrzebowanie na wielkopowierzchniowe plantacje roślin energetycznych,
- ograniczenie, a nawet eliminacja bioróżnorodności,
- powstawanie wielkoobszarowych monokultur i wyjałowienie gleb,
- możliwość zagrożenia pożarowego zgromadzonych zasobów biomasy,
- obniżenie sprawności i wydajności kotłów,
- niszczenie urządzeń grzewczych związane z tzw. korozją wysokotemperaturową,
- spiekanie i aglomeracja popiołów (defluidyzacja złoża fluidalnego),
- tworzenie się osadów na powierzchniach konwekcyjnych.

## Podsumowanie

Problemy ochrony środowiska przyrodniczego, związane z eksploatacją i wyczerpywaniem się zasobów paliw konwencjonalnych, jak również emisją zanieczyszczeń, przyczyniają się do szerszego wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Wynikają one z rosnącej świadomości ekologicznej społeczeństw oraz chęci przeciwdziałania występującemu efektowi cieplarnianemu i globalnemu ociepleniu. Znaczną redukcję ilości emitowanych substancji, uważanych za szczególnie szkodliwe dla środowiska, można uzyskać właśnie podczas wykorzystania biomasy na cele energetyczne. Produkcja energii z biomasy powinna odbywać się jednak bez szkody dla pozyskania odpowiednich zasobów żywności dla ludzi oraz pasz dla zwierząt.

Biorąc pod uwagę trendy dotyczące nowych technologii wykorzystania biomasy w celach energetycznych (stosunkowa niska sprawność konwersji), można przypuszczać, że w przyszłości będzie stosowana na większą skalę kogeneracja (wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła w jednym procesie), a także trigeneracja (wytwarzanie energii elektrycznej, ciepła i chłodu w jednym procesie). Rozwiązania te mogą znacząco wpłynąć na poprawę zarządzania i wykorzystania dostępnych zasobów biomasy w Polsce oraz w znacznym stopniu przyczynić się do osiągnięcia wytyczonych celów w zakresie polityki klimatyczno-energetycznej kraju.

## Bibliografia

- Denisiuk, W. (2006). Produkcja roślinna jako źródło surowców energetycznych. *Inżynieria Rolnicza*, 5(80), 123-132.
- Frączek, J. (red.). (2010). *Produkcja biomasy na cele energetyczne*. Wyd. PTIR Kraków, ISBN 978-83-917053-8-4.
- Grzybek, A. (2003). Kierunki zagospodarowania biomasy na cele energetyczne. *Wiś Jutra*, 9(62), 10-11.
- Hejft, R. (2013). Innowacyjność w granulowaniu biomasy. *Czysta Energia*, 6(130), 32-34.
- GUS. (2013). *Energia ze źródeł odnawialnych*. Wyd. GUS Warszawa, ISSN 1898-4347.
- Janowicz, L. (2006). Biomasa w Polsce. *Energetyka i Ekologia*, 8, 601-604.
- Klimiuk, E.; Pawłowska, M.; Pokój, T. (2012). *Biopaliwa. Technologie dla zrównoważonego rozwoju*. Wyd. Nauk. PWN, ISBN 978-83-01-17170-4.
- Kołodziej, B.; Matyka, M. (red.). (2012). *Odnawialne źródła energii. Rolnicze surowce energetyczne*. PWRiL Sp. z o.o. Poznań, ISBN 978-83-09-01139-2.
- Kościk, B. (2007). *Surowce energetyczne pochodzenia rolniczego*. Wyd. Nauk. PWSZ Jarosław, ISBN 978-83-88139-61-1.
- Kuś, J.; Matyka, M. (2008). Produkcja biomasy na cele energetyczne jako alternatywny kierunek produkcji. *Wiś Jutra*, 8-9(121-122), 8-10.
- Lewandowski, W.M.; Rymś, M. (2013). *Biopaliwa. Proekologiczne odnawialne źródła energii*. Wyd. WNT Warszawa, ISBN 978-83-63623-73-9.
- Majtkowski, W. (2007). Rośliny energetyczne na paliwo stałe. *Wiś Jutra*, 8/9, 16-18.
- Piotrowski, K.; Wiltowski, T.; Mondal, K. (2004). Biomasa – kłopotliwe pozostałości czy strategiczne rezerwy czystej energii? Cz. II. *Czysta Energia*, 11(37), 16-18.
- Romanowska-Słomka, I.; Mirosławski, J.; Tomaszewski, W. (2009). Biomasa – charakterystyka – ochrona środowiska – zagrożenia dla zdrowia pracowników. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy*, 1(5), 105-114.
- Stolarski, M.; Szczukowski, S.; Tworowski, J. (2008). Biopaliwa z biomasy wieloletnich roślin energetycznych. *Energetyka*, 1, 77-80.
- Szyszlak-Bargłowicz, J.; Piekarski, W. (2009). Charakterystyka biomasy jako paliwa. (W:) Biomasa jako źródło energii. Wyd. *Wiś Jutra*, 29-38.
- Terlikowski, J. (2012). Biomasa z trwałych użytków zielonych jako źródło energii odnawialnej. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 1(75), 43-49.

## POSSIBILITIES OF USING BIOMASS FOR ENERGY PURPOSES

**Abstract.** Energy consumption demand, which is still growing along with civilization development facing depletion of traditional resources - mainly fossil fuels (coal, petroleum, natural gas) and accompanying increase of pollution of natural environment result in the increase of interest in the use of energy from renewable sources. The paper presents the significance of renewable energy sources in the energy balance of the country. Special attention was paid to basic sources of renewable energy in Poland, that is to biomass. Types of biomass were described and general energy and physico-chemical properties of basic plant materials obtained for energy purposes were provided. Possibilities of using biomass for production of electric energy and heat and the applied methods of its conversion into biofuels were discussed. Moreover, advantages and threats related to the use of plant biomass for energy purposes were emphasised.

**Key words:** biomass, energy production, methods of conversion, advantages and threats