

Prof. dr hab. inż. Stefan Postrzednik
Politechnika Śląska

Biomasa – jej znaczenie oraz aspekty wykorzystania

Biomass - its importance and aspects of utilization

Wraz z rozwojem cywilizacji człowiek dąży do zaspokojenia swoich (coraz to nowych) potrzeb (model społeczeństwa konsumpcyjnego); w tym celu rozwija różną działalność, projektuje i realizuje różne procesy przetwórcze. Istotną rolę odgrywa dostępność oraz możliwość wykorzystania odpowiedniego nakładu energii, niezbędnej w realizacji procesów przetwórczych.

Dzięki oszczędzaniu energii z jednej strony, a z drugiej poprzez zwiększenie sprawności układów przetwarzania energii, udało się w krajach wysoko rozwiniętych utrzymać zużycie tzw. energii pierwotnej na stałym poziomie, a nawet go zmniejszyć. Niestety sytuacja ta w innych krajach wygląda inaczej (gorzej).

Źródła energii pierwotnej (nazywane często podstawowymi dostawcami – nośnikami - energii) – dzieli się zwykle na:

- nieodnawialne, w istocie są nimi surowce energetyczne, tj.: węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny, torf, węglowodory zlokalizowane w łupkach i piaskach bitumicznych, pierwiastki promieniotwórcze (uran, tor i rad);
- odnawialne, do których należy energia spadku wody, energia wiatru, energia słoneczna, energia wody morskiej (prądów, fal, pływów, różnic temperatury), energia geotermiczna i energia biomasy.

Obecnie dominującym źródłem energii pierwotnej jest energia chemiczna paliw kopalnych, którą pozyskuje się poprzez ich spalanie.

Perspektywy rychłego wyczerpania się zasobów paliw kopalnych oraz obawy o stan środowiska naturalnego człowieka już w latach dziewięćdziesiątych minionego wieku znacznie zwiększyły zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii, co w konsekwencji doprowadziło do zwiększenia ich wykorzystania w wielu krajach.

Technologie odnawialnych źródeł energii rozwinęły się już do takiego stopnia, że mogą konkurować z konwencjonalnymi systemami energetycznymi.

Odnawialne źródła energii są najczęściej źródłami lokalnymi, toteż mogą znacząco zwiększyć poziom lokalnego bezpieczeństwa energetycznego, tym samym zmniejszyć zużycie paliw kopalnych, a także wspierać powstawanie nowych miejsc pracy, szczególnie w małych i średnich przedsiębiorstwach oraz promować rozwój regionalny.

Struktura oraz modułowy charakter większości urządzeń oraz technologii odnawialnych źródeł energii pozwala na ich stopniowe rozszerzanie w miarę potrzeb, co także ułatwia ich finansowanie.

Źródłem energii pierwotnej (jako paliwo w procesie spalania, istotna jest energia chemiczna zawarta w substancji palnej (organicznej) może być także biomasa, czyli materia pochodzenia roślinnego, powstająca głównie na drodze fotosyntezy.

Według definicji obowiązującej w Unii Europejskiej (Dyrektywa 2001/77/WE) biomasa oznacza podatne na rozkład biologiczny frakcje produktów, odpady i pozostałości przemysłu rolnego (łącznie z substancjami roślinnymi i zwierzęcymi), leśnictwa i związanych z nim gałęzi gospodarki, jak również podatne na rozkład biologiczny frakcje odpadów przemysłowych i miejskich.

Natomiast zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 roku (Dz. U. Nr 267, poz. 2656) biomasa to stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej oraz leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty, a także części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji.

Biomasa to głównie pozostałości i odpady. Niektóre jej formy są jednak celem, a nie efektem ubocznym produkcji. Specjalnie po to, by pozyskiwać biomasę uprawia się pewne rośliny – przykładem wierzba wiciowa, rdest czy trzcina pospolita. Do tych upraw energetycznych nadają się zwłaszcza rośliny charakteryzujące się dużym przyrostem rocznym i niewielkimi wymaganiami glebowymi.

Proces wytwarzania biomasy realizowany jest w przyrodzie w sposób prawie spontaniczny, aczkolwiek przy aktywnym współdziałaniu energii słonecznej oraz wilgoci, a przede wszystkim dwutlenku węgla CO₂ zawartego w atmosferze ziemskiej.

Interesująco przedstawiają się wskaźniki pozyskania suchej biomasy [3]:

- na terenach zalesionych: 3 - 5 Mg/(ha rok),
- jako uprawne rośliny energetyczne: 15 - 30 Mg/(ha rok).

Istotnym ograniczeniem produkcji biomasy jest powierzchnia terenów pozostających do zagospodarowania w tym zakresie.

Często do biomasy zalicza się również odpady z produkcji zwierzęcej oraz gospodarki komunalnej, a także niektórych procesów produkcyjnych.

Należy pamiętać również o olbrzymich korzyściach dla środowiska naturalnego, płynących ze stosowania nowoczesnych (czystych) technologii energetycznych [1].

Utylizacja biomasy – emisje gazów oraz pochłanianie tlenu

Zagadnienie spalania paliw klasycznych oraz paliw alternatywnych (biomasy, biopaliw) jest dzisiaj bardzo aktualne. Odnosi się to np. do współspalania paliw stałych (węgla kamiennego oraz brunatnego) oraz biomasy, a także paliw ciekłych (np. olej opałowy, olej napędowy, benzyna) w mieszaninie z biopaliwami ciekłymi (olej rzepakowy, olej palmowy, alkohole).

Jednakże efektywność (jakość) spalania paliw klasycznych oraz paliw alternatywnych jest różna, co wpływa także na sprawność urządzeń energetycznych (w tym głównie kotłów), w obrębie których następuje samo spalanie oraz przejmowanie ciepła.

Paliwa alternatywne (biomasa, biopaliwa) są zazwyczaj (nawet po ich przetworzeniu) paliwami gorszej jakości w porównaniu z typowymi paliwami klasycznymi (np. paliwami ciekłymi), dlatego także sprawność energetyczna urządzeń energetycznych zasilanych biomasą (biopaliwami) wypada niższa w stosunku do przypadku zasilania dobrej jakości paliwami klasycznymi.

Stosując współspalanie paliw klasycznych oraz alternatywnych można nieco zniwelować ten niepożądany efekt energetyczny [1, 5]. Różne rodzaje biomasy mają różne właściwości. Na cele energetyczne wykorzystuje się drewno i odpady z przerobu drewna, rośliny pochodzące z upraw energetycznych, produkty rolnicze oraz odpady organiczne z rolnictwa, niektóre odpady komunalne i przemysłowe.

Ponadto paliwa alternatywne (biomasa) zawierają zwykle znacznie więcej wilgoci aniżeli paliwa klasyczne, co może powodować wystąpienie jeszcze bardziej niekorzystnej sytuacji. Im suchsza, im bardziej zagęszczona jest biomasa, tym większą ma wartość jako paliwo.

Bardzo wartościowym paliwem jest na przykład produkowany z rozdrobnionych odpadów drzewnych brykiet. Paliwo uszlachetnione, takie jak brykiet czy pelety drzewne, uzyskuje się poprzez suszenie, mielenie i prasowanie biomasy. Koszty ogrzewania takim paliwem są obecnie niższe od kosztów ogrzewania olejem opałowym.

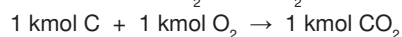
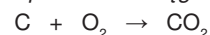
Istotną sprawą jest emisja dwutlenku (ditlenku) węgla CO_2 , jako jednego z tzw. gazów cieplarnianych (*inne to gazy trój- oraz wieloatomowe, np. CH_4 , C_mH_n , H_2O*).

Poważnym źródłem emisji CO_2 są procesy spalania paliw, realizowane np. w siłowniach ciepłych.

Na wyprodukowanie pewnej ilości E_{el} energii użytecznej (np. grzewczej, elektrycznej) potrzeba zużyć m_p kg paliwa (np. węgla), czemu towarzyszy emisja dwutlenku węgla CO_2 , w ilości m_{CO_2} kg.

W rozważaniach wykorzystane będą najprostsze, poniżej zestawione reakcje spalania.

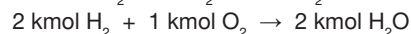
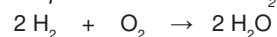
Dla pierwiastka węgla C



Po spaleniu 1 kg C powstaje: $(44/12) = (11/3) = 3,667 \text{ kg CO}_2$

Konsumpcja tlenu: $(32/12) = (8/3) = 2,667 \text{ kg O}_2$

Dla pierwiastka wodoru H_2



Po spaleniu 1 kg H_2 powstaje: $(36/4) = 9,00 \text{ kg H}_2\text{O}$

Konsumpcja tlenu: $(32/4) = 8,00 \text{ kg O}_2$.

Z przytoczonych zapisów wynika, że podczas spalania węgla masa generowanego dwutlenku węgla CO_2 znacznie przekracza (*prawie 3,667-krotnie*) masę zużytego pierwiastka węgla C, przy czym konsumpcja tlenu O_2 pozostaje na nieco niższym (*prawie 2,667-krotnie*) poziomie.

Spalanie czystego wodoru H_2 oczywiście nie skutkuje bezpośrednią emisją dwutlenku węgla CO_2 , jednakże na uwagę w tym przypadku zasługuje stosunkowo wysokie zużycie tlenu O_2 (*masowo 8-krotnie przewyższa zużycie wodoru*), co w pewnych sytuacjach może mieć istotne znaczenie.

Z dobrym przybliżeniem (przyjmując, że spalanie jest całkowite i zupełne) można zapisać, że po spaleniu m_{pal} kg dowolnego paliwa powstaje:

$$m_{\text{CO}_2, \text{pal}} = \frac{11}{3} c_{\text{pal}} \cdot m_{\text{pal}}, \text{ kg dwutlenku węgla CO}_2 \quad (1)$$

gdzie: c_{pal} - udział masowy pierwiastka węgla w paliwie (*wynosi np. $c_{\text{pal}} \approx 0,92$ dla węgla kamiennego, $c_{\text{pal}} \approx 0,85$ dla paliw silnikowych*).

Ilość paliwa m_{pal} kg, zużytego w danym odcinku czasu Δt , wynika zwykle z istniejącego zapotrzebowania na określony energetyczny efekt użyteczny E_u (np. wielkość ciepła grzewczego, ilość wyprodukowanej energii elektrycznej) oraz wartości odpowiedniej energetycznej sprawności η_u jego pozyskiwania w układzie siłowni ciepłej.

Korzystając z definicji sprawności energetycznej siłowni ciepłej:

$$\eta_u = \frac{E_u}{Q_{\text{ch, pal}}} = \frac{E_u}{m_{\text{pal}} H_{n, \text{pal}}} \quad (2)$$

gdzie: $H_{n, \text{pal}}$, kJ/kg – wartość opałowa paliwa, (wynosi ok. 20 MJ/kg dla węgla, 44 MJ/kg dla paliw silnikowych) wyznacza się masę spalanego paliwa jako:

$$m_{\text{pal}} = \frac{E_u}{\eta_u H_{n, \text{pal}}} \quad (3)$$

Wielkość tę należy wstawić do wzoru (1), a wtedy ilość powstającego dwutlenku węgla wynosi:

$$m_{CO_2, pal} = \frac{11}{3} \frac{c_{pal} \cdot E_u}{\eta_u H_{n, pal}} \quad (4)$$

Z przytoczonej zależności (4) wynika, że na wielkość emisji $m_{CO_2, pal}$ dwutlenku węgla CO_2 istotny wpływ wywierają:

- udział masowy (c_{pal}) węgla w paliwie (korzystniejsza jest niższa zawartość pierwiastka węgla c_{pal} w paliwie; lepiej będą wypadać paliwa uwodornione w większym stopniu, gdyż wtedy występuje większy udział wodoru h w paliwie, a tym samym zwykle mniejszy udział c pierwiastka węgla; należy więc spalać tzw. paliwa wodorowe, natomiast w przypadku energetyki jądrowej: $c_{pal} \approx 0$),
- sprawność energetyczna η_u pozyskiwania efektu użytecznego (powinna ona być możliwie wysoka η_u , jednak aby to osiągnąć potrzebne duże nowe, bardziej doskonałe technologie oraz niezbędne nakłady inwestycyjne),
- wartość opałowa paliwa $H_{n, pal}$ (bardziej przydatne są paliwa o wyższej wartości opałowej $H_{n, pal}$, lepsze paliwa, ale zwykle droższe),
- wartość efektu użytecznego E_u (powinna być ustalana w sposób racjonalny).

Aspekty wykorzystania biomasy

Zgodnie z obowiązującymi ustaleniami [2, 3, 4] wielkość emisji dwutlenku węgla podlega limitowaniu, czyli:

$$m_{CO_2} \leq m_{CO_2, limit} \quad (5)$$

Wielkość emisji m_{CO_2} dwutlenku węgla CO_2 - wzory (4), (5), może być limitowana, stosownie do np. ilości wyprodukowanej energii elektrycznej E_{el} .

Decydując się na wykorzystanie energii chemicznej biomasy, można analogicznie określić wielkość emisji $m_{CO_2, bm}$ dwutlenku węgla CO_2 , pojawiającej się podczas spalania biomasy, zgodnie z wzorem (4), przy $E_u = idem$, wyniesie ona:

$$m_{CO_2, bm} = \frac{11}{3} \frac{c_{bm} \cdot E_u}{\eta_{u, bm} H_{n, bm}} \quad (6)$$

gdzie:

- c_{bm} - udział masowy pierwiastka węgla w spalanej biomacie,
- $H_{n, bm}$ - wartość opałowa biomasy, kJ/kg
- $\eta_{u, bm}$ - sprawność energetyczna wykorzystania energii chemicznej biomasy.

Masę spalanej biomasy można obliczyć ze wzoru (3) i wynosi ona:

$$m_{bm} = \frac{E_u}{\eta_{u, bm} H_{n, bm}} \quad (7)$$

Proces wytwarzania biomasy realizowany jest w przyrodzie w sposób prawie spontaniczny, aczkolwiek przy aktywnym współudziale energii słonecznej oraz wilgoci, a przede wszystkim dwutlenku węgla CO_2 zawartego w atmosferze ziemskiej.

Podczas wytworzenia określonej ilości m_{bm} biomasy usuwana jest z atmosfery ziemskiej znaczna ilość dwutlenku węgla $m_{CO_2, bm}$, wyznaczona analogicznie jak zależność (1) ze wzoru:

$$m_{CO_2, bm} = \frac{11}{3} c_{bm} \cdot m_{bm} \quad (8)$$

przy czym masa m_{bm} wytwarzanej biomasy wynika z zależności (7).

Jest oczywiste, że łącząc ze sobą wzory (7), (8) ostatecznie otrzymuje się zależność identyczną z wzorem (6), co nie powinno dziwić.

Istota prezentowanego ujęcia polega przede wszystkim na tym, że biomasa traktowana jest nie tyle jako paliwo, ale głównie jako produkt procesu usuwania dwutlenku węgla CO_2 z atmosfery ziemskiej.

W tej sytuacji należy dopiero rozstrzygnąć czy biomasę warto spalać, czy też traktować tylko jako „magazyn” dwutlenku węgla CO_2 .

W tym celu można wyznaczyć „efektywny ubytek $\Delta m_{CO_2, at}$ ” zawartości dwutlenku węgla CO_2 w atmosferze ziemskiej, przy uwzględnieniu pozyskiwania znanego energetycznego efektu użytecznego E_u .

Wynosi on:

$$\Delta m_{CO_2, at} = m_{CO_2, bm} - m_{CO_2, pal} \quad (9)$$

Po wstawieniu zależności (4) oraz (6) uzyskuje się:

$$\Delta m_{CO_2, at} = \frac{11}{3} E_u \left(\frac{c_{bm}}{\eta_{u, bm} H_{n, bm}} - \frac{c_{pal}}{\eta_{u, pal} H_{n, pal}} \right) \quad (10)$$

Jednostkowy wskaźnik $\delta_{CO_2, E}$ ubytku dwutlenku węgla CO_2 w atmosferze ziemskiej, definiowany jako:

$$\delta_{CO_2, E} = \frac{d^f \Delta m_{CO_2, at}}{E_u} \quad (11)$$

na podstawie zależności (10) wynosi:

$$\delta_{CO_2, E} = \frac{11}{3} \left(\frac{c_{bm}}{\eta_{u, bm} H_{n, bm}} - \frac{c_{pal}}{\eta_{u, pal} H_{n, pal}} \right) \quad (12)$$

a ostatecznie:

$$\delta_{CO_2, E} = \frac{11}{3} \left(\frac{c_{pal}}{\eta_{u, pal} H_{n, pal}} \right) \left[\left(\frac{c_{bm}}{c_{pal}} \right) \left(\frac{H_{n, pal}}{H_{n, bm}} \right) \left(\frac{\eta_{u, pal}}{\eta_{u, bm}} \right) - 1 \right] \quad (13)$$

W ten sposób - zależność (13) - wyznaczany jednostkowy „efektywny ubytek $\delta_{CO_2, E}$ ” zawartości dwutlenku węgla CO_2 w atmosferze ziemskiej powinien przyjmować wartości nieujemne, co może mieć miejsce, kiedy spełniona będzie nierówność:

$$\left(\frac{c_{bm}}{c_{pal}}\right)\left(\frac{H_{n,pal}}{H_{n,bm}}\right)\left(\frac{\eta_{u,pal}}{\eta_{u,bm}}\right) \geq 1 \quad (14)$$

albo ujęta w zapisie:

$$\left(\frac{\eta_{u,bm}}{\eta_{u,pal}}\right) \leq \left(\frac{H_{n,pal}}{H_{n,bm}}\right)\left(\frac{c_{bm}}{c_{pal}}\right) \quad (15)$$

Powszechnie wiadomo, że w odniesieniu do paliw oraz układów rzeczywistych spotyka się relacje:

$$\left(\frac{H_{n,pal}}{H_{n,bm}}\right) \geq 1 \quad (16)$$

oraz

$$\left(\frac{c_{bm}}{c_{pal}}\right) \leq 1 \quad (17)$$

a także:

$$\left(\frac{\eta_{u,bm}}{\eta_{u,pal}}\right) \leq 1 \quad (18)$$

Dla ilustracji, przyjmując typowe wartości parametrów dla paliw, uzyskuje się:

$$\left(\frac{H_{n,pal}}{H_{n,bm}}\right) = \frac{26,2}{16,4} = 1,598 \quad , \quad (19)$$

$$\left(\frac{c_{bm}}{c_{pal}}\right) = \frac{0,55}{0,76} = 0,724$$

co zgodnie z nierównością (15):

$$\left(\frac{\eta_{u,bm}}{\eta_{u,pal}}\right) \leq 1,598 \cdot 0,724 = 1,157 \quad (20)$$

oznacza, że ustalona nierówność (15), wobec występującej relacji (18), będzie prawie zawsze spełniona. Obserwacja ta powinna decydować o sposobie utylizacji biomasy.

Podsumowanie

Powszechnie przyjmuje się, że biomasa traktowana jest jako paliwo nieszkodliwe dla środowiska; co poniekąd wynika z faktu, że ilość dwutlenku węgla CO₂ emitowana do atmosfery podczas jego spalania równoważona jest ilością dwutlenku węgla CO₂ pochłanianego przez rośliny, które odtwarzają tę biomasę w procesie fotosyntezy.

Spalanie (np. do celów grzewczych) biomasy staje się coraz bardziej opłacalne, gdyż ceny biomasy są konkurencyjne na rynku paliw. Istotny jest również fakt, że szersze wykorzystanie biomasy pozwala zagospodarować nieużytki oraz spożytkować odpady.

Z analizy wynika, że ostatecznie często spełniona może być nierówność (14), a wtedy należy wnioskować, że biomasa nie powinna być traktowana jedynie jako paliwo, ale często raczej jako skuteczny sposób na usuwanie dwutlenku węgla CO₂ z atmosfery ziemskiej.

Takie spojrzenie wymaga jednak powszechnej dostępności naturalnych paliw kopalnych, z czym na szczęście póki co nie ma większych problemów.

LITERATURA

- [1] Chmielniak T.: Technologie energetyczne. WNT. Warszawa 2008
- [2] Dybka D.: Regulacje prawne i polityka związana z wychwytywaniem i składowaniem dwutlenku węgla CO₂. *Czysta Energia*, 2010, nr 2
- [3] Miłek M.: Problemy z pakietem klimatyczno-energetycznym. PWSZ. Sulechów 2009
- [4] Walczak A.: Limity emisji CO₂ 2008 – 2012. Rząd. eGospodarka.pl
- [5] Ziębik A., Zuwała J., Ściążko M.: Energy and ecological effectiveness of biomass cofiring in CHP plant. *Archives of thermodynamics* 2009, Vol. 30, No. 2