

TLENKI WĘGLA ZE SPALANIA BIOMASY W POSTACI LIŚCI RÓŻNYCH GATUNKÓW DRZEW

Małgorzata Dziewanowska¹, Tomasz Dobek²

¹Katedra Technicznego Zabezpieczania Okrętów, Politechnika Szczecińska
ul. Piastów 41, 71-065 Szczecin

²Zakład Użytkowania Maszyn i Urządzeń Rolniczych, Akademia Rolnicza
ul. Papieża Pawła VI/3, 71-549 Szczecin
e-mail: Małgorzata.Dziewanowska@ps.pl

Streszczenie. W artykule przedstawiono badania ilości CO₂ wydzielonego podczas spalania liści różnych gatunków drzew za pomocą kalorymetru stożkowego metodą wg ISO 5660-1. Z przeprowadzonych badań wynika, że charakterystyki intensywności wydzielania ciepła dla liści różnych gatunków drzew są podobne w przebiegu, a różnią się amplitudą, natomiast stężenie dwutlenku węgla dla badanych gatunków liści jest porównywalne. Szczytowa wartość pomiaru przypadła na ten sam czas, natomiast charakterystyki poziomu dwutlenku węgla wydzielanego podczas spalania liści badanych gatunków drzew mają podobną amplitudę i podobny czas osiągnięcia wartości maksymalnej. Analizując natomiast stężenie tlenku węgla wydzielanego podczas spalania można stwierdzić, że jest ono różne i zależy od rodzaju liści badanych gatunków drzew. Charakterystyki poziomu tlenku węgla wydzielanego podczas spalania mają różną amplitudę i różny czas osiągnięcia wartości maksymalnej.

Słowa kluczowe: biomasa, liście drzew, poziom dwutlenku węgla, poziom tlenku węgla, spalanie liści

WSTĘP

Energia zawarta w biomase jest najmniej kapitałochłonnym źródłem energii odnawialnej. Jej produkcja może przebiegać samoistnie, np. w puszcach, na stepach i łąkach, a także w oceanach i zbiornikach wody słodkiej [2]. Biomasa jest wynikiem reakcji fotosyntezy, która przebiega pod wpływem promieniowania słonecznego. W ciągu roku ilość wytworzonej w ten sposób biomasy wynosi 220 bilionów ton w przeliczeniu na suchą masę. Produktem ubocznym przetwarzania energii chemicznej zawartej w biomase na ciepło jest ponowne powstawanie dwutlenku węgla. Jednak w tym przypadku jest to dwutlenek węgla przyjazny dla środowiska, gdyż poprzez fotosyntezę krąży on w przyrodzie, w obiegu zamknię-

tym [4-6]. Liście są głównym elementem fotosyntetyzującym w roślinie. Dwutlenek węgla powstały podczas ich spalania może być ponownie wykorzystany na rozwój roślin, z których pochodzą [7]. Publikacja ma na celu przedstawienie ilości CO i CO₂ wydzielonego podczas spalania liści różnych gatunków drzew za pomocą kalorymetru stożkowego metodą wg ISO 5660-1. Liście zbierane były na terenach zabudowanych.

METODYKA BADAŃ

Do analizy ilości tlenu i dwutlenku węgla wydzielanego podczas spalania biomasy w postaci liści różnych gatunków drzew wykorzystano metodę kalorymetru stożkowego. Metoda kalorymetru stożkowego (Cone Calorimeter) wg ISO 5660-1 polega na spalaniu próbki materiału poddanego działaniu promieniowania cieplnego od stożkowego promiennika cieplnego i pomiarze zmian stężenia tlenu w gazach spalinowych. Na podstawie zmian stężenia tlenu określa się intensywność wydzielania ciepła (RHR - Rate Heat Release). Podstawowym równaniem niezbędnym do pomiaru intensywności wydzielania ciepła na podstawie zużycia tlenu jest zależność (1) zaproponowana przez Huggeta i Parkera [1]:

$$\dot{q} = \frac{\Delta h_c}{r_o} \cdot (\dot{m}_{oO_2} - \dot{m}_{O_2}) = Y \cdot (\dot{m}_{oO_2} - \dot{m}_{O_2}) \quad (1)$$

gdzie: q – szybkość wydzielania ciepła, (kW), $Y = \Delta h/r_o$ – stała określająca ilość ciepła wyzwalamącego się podczas spalania po zużyciu jednostkowej ilości tlenu, (kJ·kg⁻¹), m_{oO_2} – masowe natężenie przepływu tlenu w systemie dolotowym, (kg·s⁻¹), m_{O_2} – masowe natężenie przepływu tlenu w systemie odlotowym, (kg·s⁻¹).

Przy założeniu, że stężenie tlenu w powietrzu dopływającym jest równe atmosferycznemu, jego udział molowy określa zależność (2) i (3):

$$X_{oO_2} = \frac{n_{oO_2}}{n_{powietrze}} = \frac{n_{oO_2}}{n_{oN_2} + n_{oO_2} + n_{oCO_2} + n_{oH_2O} + \dots} \approx 0,2095 \quad (2)$$

$$n_i = \frac{m_i}{M_i} \quad (3)$$

W strumieniu gazów opuszczających kalorymetr, oprócz stałych składników powietrza znajdują się zgazyfikowane produkty procesu spalania. Udział molowy tlenu w spalinach określa natomiast wzór (4):

$$X_{O_2} = \frac{n_{O_2}}{n_{spalin}} = \frac{n_{O_2}}{n_{N_2} + n_{O_2} + n_{CO_2} + n_{CO} + n_{H_2O} + n_{He} + \dots} \quad (4)$$

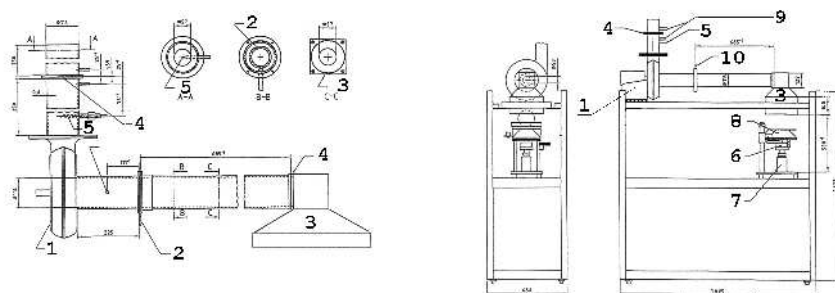
Ostatecznie zależność Huggeta i Parkera przyjmuje następującą postać (5) i (6):

$$\dot{q} = Y \cdot \frac{M_{O_2}}{M_{pow}} \cdot \dot{m}_c \cdot \frac{x_{oO_2} - x_{O_2}}{[1 + (b-1) \cdot x_{oO_2}] - b \cdot x_{O_2}} \quad (5)$$

$$X_{O_2} = \frac{n_{O_2}}{n_{spalin}} \approx c_{O_2-obj} \cdot \frac{\rho_{oO_2}}{\rho_{ospalin}} \cdot \frac{M_{spalin}}{M_{O_2}} \quad (6)$$

gdzie: Y – stała określająca ilość ciepła wyzwalamą się podczas reakcji masowej jednostkowej ilości tlenu, ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$), M_{O_2} – masa molowa tlenu, (g), M_{pow} – masa molowa powietrza, (g), M_{spalin} – masa molowa spalin, (g), \dot{m}_c – masowe natężenie przepływających gazów przez kalorymetr, ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$), x_{oO_2} – udział molowy tlenu w powietrzu wpływającym do kalorymetru, x_{O_2} – udział molowy tlenu w opuszczających kalorymetr, b – stała wyznaczona doświadczalnie, n_{O_2} – liczba moli tlenu w spalinach, n_{spalin} – suma liczby moli poszczególnych składników spalin, c_{O_2-obj} – stężenie objętościowe tlenu w spalinach.

Schemat stanowiska do badań intensywności wydzielania ciepła oraz analizy zawartości CO i CO₂ za pomocą kalorymetru stożkowego metodą wg ISO 5660-1 [3] przedstawiono na rysunku 1.



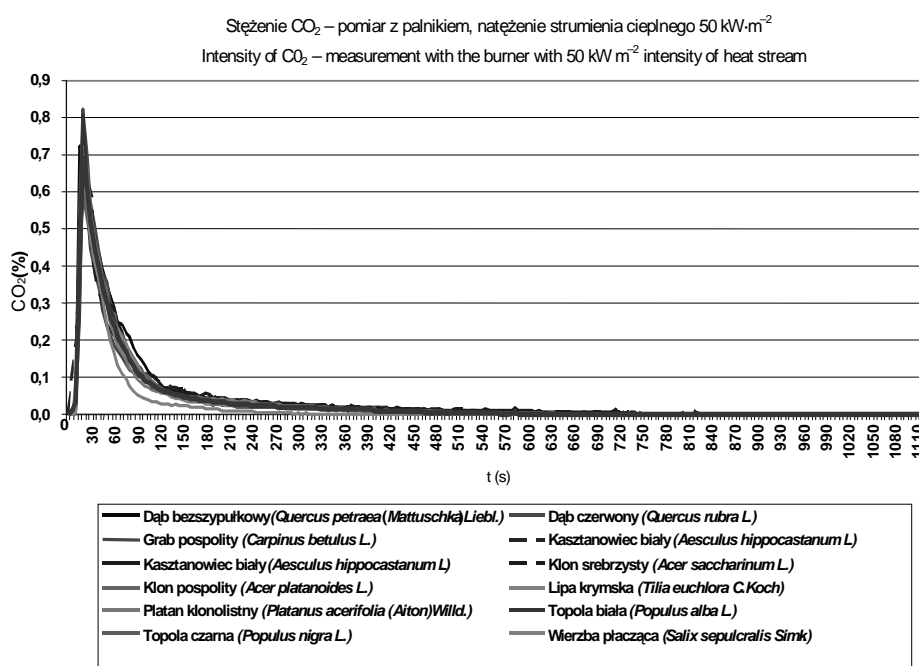
Rys. 1. Schemat stanowiska do badań intensywności wydzielania ciepła za pomocą kalorymetru stożkowego metodą wg ISO 5660–1 [3]. 1 – wentylator, 2 – pierścień do poboru gazów, 3 – okap, 4 – kryza, 5 – termopara, 6 – próbka, 7 – waga, 8 – promiennik, 9 – do pomiaru ciśnienia, 10 – do analizy

Fig. 1. Schematic of test station for measuring the rate of heat release using cone calorimeter method according to ISO 5660–1 [3]. 1 – fan, 2 – gas sampling section, 3 – hood, 4 – diaphragm, 5 – thermo-couple, 6 – sample, 7 – scales, 8 – radiator, 9 – measurement of pressure, 10 – analysis

WYNIKI BADAŃ

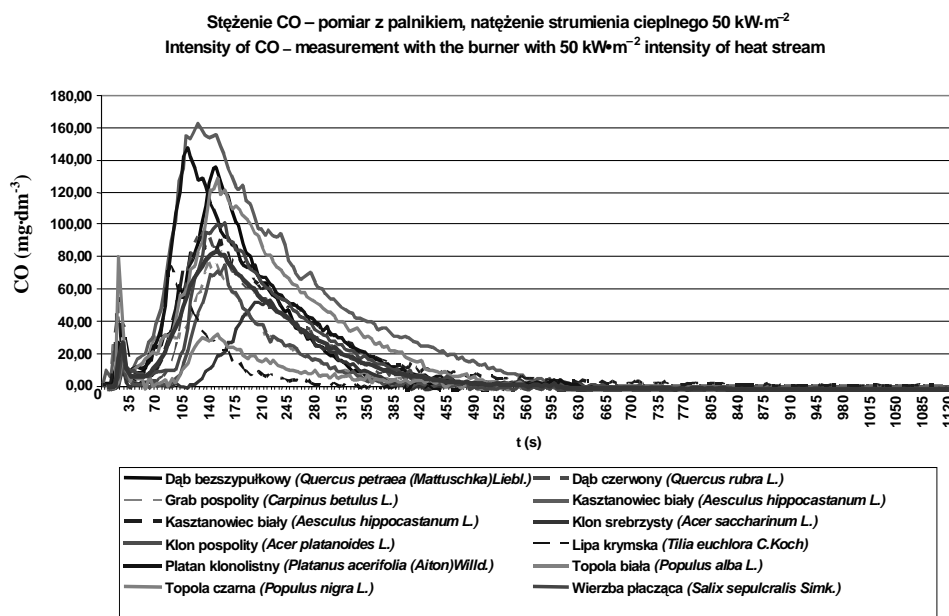
Z przeprowadzonych badań wynika, że charakterystyki intensywności wydzielania ciepła dla liści różnych gatunków drzew są podobne w przebiegu ale różnią się amplitudą, natomiast stężenie dwutlenku węgla dla badanych gatunków liści jest porównywalne. Szczytowa wartość pomiaru przypadała na ten sam czas i wynosiła około 60 s pomiaru. Natomiast charakterystyki zawartości dwutlenku węgla wydzielanego podczas spalania liści badanych gatunków drzew, zbieranych na terenach zabudowanych, mają podobną amplitudę (ok. 0,8%) i podobny czas osiągnięcia wartości maksymalnej, który wynosi około 40 s. Uzyskane wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku 2.

Analizując natomiast stężenie tlenu węgla wydzielanego podczas spalania można stwierdzić, że jest ono różne i zależy od rodzaju liści badanych gatunków drzew. Charakterystyki ilości tlenu węgla wydzielanego podczas spalania mają różną amplitudę i różny czas osiągania wartości maksymalnej (125-225 s). Uzyskane wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 2. Wyniki badań stężenia CO₂ przy pomiarze z palnikiem i natężeniu strumienia ciepłego wynoszącym 50 kW·m⁻²

Fig. 2. Results of CO₂ concentration tests with burner measurements at heat flux intensity of 50 kW m⁻²



Rys. 3. Wyniki badań stężenia CO przy pomiarze z palnikiem i natężeniu strumienia ciepłego wynoszącym 50 kW·m⁻²

Fig. 3. Results of CO concentration tests with burner measurements at heat flux intensity of 50 kWm⁻²

Tlenek węgla w największej ilości wydzielał się podczas spalania liści kasztanowca białego z terenu ul. Wojska Polskiego i wyniósł 160 mg·dm⁻³, a najmniejsze ilości podczas spalania liści klonu srebrzystego z terenu ulicy Arkońskiej i wyniósł około 55 mg·dm⁻³ dla natężenia przepływu strumienia ciepłego wynoszącego 50 kW·m⁻².

WNIOSKI

1. Stężenie tlenku węgla wydzielonego podczas spalania jest różne i zależy od rodzaju liści. Charakterystyki zawartości tlenku węgla wydzielanego podczas spalania liści różnych gatunków drzew mają różną amplitudę i różny czas osiągnięcia wartości maksymalnej (125-225 s).

2. Tlenek węgla w największej ilości wydzielana się podczas spalania liści kasztanowca białego (ok. 160 mg·dm⁻³), a w najmniejszej podczas spalania liści klonu srebrzystego (ok. 55 mg·dm⁻³) dla natężenia strumienia ciepłego 50 kW·m⁻².

3. Charakterystyki ilości dwutlenku węgla wydzielanego podczas spalania liści badanych gatunków drzew mają podobną amplitudę (ok. 0,8%) i podobny czas osiągnięcia wartości maksymalnej (ok. 40 s).

PIŚMIENNICTWO

1. **Blume D., Getka R.:** Rate of heat release test – calibration, sensitivity and time constants of ISO RHR apparatus. NORDTEST PROJECT 115-77, PART 1. National Institute for Testing Materials, Statsprovanstalten, 1979.
2. **Dubas J.:** Uprawa wierzby na cele energetyki cieplnej. *Czysta Energia*, 1, 12-13, 2003.
3. **Hagel R., Zakrzewski J.:** Miernictwo dynamiczne. WNT Warszawa, 1984.
4. **Lewandowski W.:** Proekologiczne źródła energii odnawialnej. WNT Warszawa, 2001.
5. **Mokrzycki E., Mirowski T.:** Podstawy gospodarki surowcami energetycznymi. Wyd. AGH Kraków, 2005.
6. **Soliński I.:** Biomasa – energia odnawialna. Wyd. IGSMiE, Kraków 2001.
7. **Villee C.A.:** Biologia. PWR i L. Wydanie IX Warszawa, 1990.

ANALYSIS OF THE LEVEL OF CO AND CO₂ EMISSION DURING THE PROCESS OF COMBUSTION OF BIOMASS CONTAINING LEAVES OF VARIOUS TREES SPECIES

Małgorzata Dziewanowska¹, Tomasz Dobek²

¹Chair of Technical Security Ships, Technical University of Szczecin
ul. Piastów 41, 71-065 Szczecin

²Department of Agricultural Machinery Operation, Agricultural University
ul. Papieża Pawła VI/3, 71-549 Szczecin
e-mail: Malgorzata.Dziewanowska@ps.pl

Abstract. The article describes the results of tests of the level of CO and CO₂ emission during combustion of leaves of many tree species using the cone calorimeter method according to ISO 5660-1. The tests proved that the rates of heat release for leaves of various trees species profiles are similar in the process but differ in amplitude. Concentration of CO₂ for tested leaves species is comparable. The top value of measurement occurred at the same time but the CO₂ level profiles emitted during burning of leaves of tested trees species have similar amplitude and similar time of achieving maximum value. It was observed that concentration of carbon monoxide emitted during combustion is different and depends on the kind of leaves of tested trees. The profiles of the level of carbon monoxide emitted during the combustion have different amplitude and different time of achieving the maximum value.

Keywords: biomass, leaves of trees, CO emission level, CO₂ emission level, combustion of tree leaves