

Ocena przydatności energetycznej komunalnych osadów ściekowych w oparciu o analizę parametrów fizykochemicznych

Evaluation of energy usefulness of the municipal sewage sludge based on the analysis of physico-chemical parameters



Mgr Agnieszka Skawińska^{*)}



Mgr inż. Iga Kuklis^{*)}

Treść: Możliwość zaliczenia osadów ściekowych do biomasy ma istotne znaczenie w propagowaniu termicznych metod przekształcania tej grupy odpadów. Konwersja osadów w energię użyteczną powinna być poprzedzona poznaniem właściwości fizykochemicznych potencjalnego materiału palnego. Parametry energetyczne paliwa są wyznaczone przez kilka kluczowych wskaźników, do których należą: zawartość wody, substancji lotnych i mineralnych, ciepło spalania oraz wartość opałowa. W opracowaniu podjęto próbę oceny wybranych parametrów fizykochemicznych wytypowanych do badań osadów ściekowych pochodzących z komunalnych oczyszczalni ścieków. Uzyskane wyniki badań pozwalają wnioskować, że komunalne osady ściekowe mogą charakteryzować się odpowiednimi walorami energetycznymi. Korzystne właściwości energetyczne oraz możliwość zaliczenia osadów ściekowych do biomasy mogą mieć istotne znaczenie w propagowaniu termicznych metod przekształcania tej grupy odpadów.

Abstract: Possible inclusion of sewage sludge to the biomass is important in promoting thermal methods of converting this group of waste. Converting sludge into useful energy should be preceded by knowledge of physicochemical properties of potential combustible material. Parameters of energy consumption are water content, volatile matter and minerals, heat of combustion and calorific value. The study attempts to assess the selected physicochemical parameters selected for testing sewage sludge from municipal sewage treatment plants. The obtained results allow to conclude that municipal sewage sludge may have suitable energy values. Optimum energy properties and the ability to pass sludge to the biomass may be important in promoting thermal methods of converting this group of waste.

Słowa kluczowe:

osady ściekowe, węgiel kamienny, charakterystyka energetyczna

Key words:

sewage sludge, hard coal, energy properties

1. Wprowadzenie

Osady ściekowe należą do specyficznych odpadów, powstających w procesie mechanicznego, biologicznego i chemicznego oczyszczania ścieków. Ze względu na rodzaj oczyszczanych ścieków, wyróżniamy osady pochodzące z oczyszczalni przemysłowych i komunalnych, a ich właściwości są uwarunkowane procesem technologicznym zastosowanym podczas oczyszczania. Osady z oczyszczalni

przemysłowych wyróżniają się wysoką zawartością metali ciężkich i innych substancji toksycznych. Natomiast, w efekcie oczyszczania ścieków komunalnych powstają osady, które cechują się wysokim uwodnieniem, znacznym udziałem substancji organicznej oraz dużą skłonnością do zagniwania.

Powodem tego może być wysoka zawartość substancji organicznej, niska zdolność do oddawania wody oraz obecność organizmów patogennych występujących w osadach komunalnych. Kwestia końcowego zagospodarowania i unieszkodliwiania osadów ściekowych stała się w ostatnim czasie

^{*)} ICHPW, Zabrze

istotnym problemem ekologicznym, a także technicznym i ekonomicznym. Krajowy Plan Gospodarki Odpadami przewiduje, że w roku 2022 w Polsce będzie wytwarzane około 750 tys. Mg suchej masy (s.m.) komunalnych osadów ściekowych [8].

Z uwagi na ograniczenia związane z przyrodniczym zagospodarowaniem osadów oraz legislacji prawne uniemożliwiającej ich składowanie, coraz powszechniej obserwuje się wzrost tendencji wykorzystania termicznych metod odzysku osadów ściekowych. Odzysk energetyczny w tej grupie odpadów jest metodą rekomendowaną z uwagi na właściwości osadów, a zwłaszcza zawartość metali ciężkich i patogenów chorobotwórczych.

Odzysk energii z osadów ściekowych można prowadzić w procesach spalania, pirolizy lub zgazowania [2]. Jedną z racjonalnych opcji zagospodarowania osadów ściekowych jest ich współspalanie z węglem w instalacjach energetyki zawodowej [3,4]. Wiąże się to przede wszystkim z możliwością współspalania ich z paliwami kopalnymi w istniejących już zakładach przemysłowych – głównie elektrowniach, elektrociepłowniach i cementowniach. Osady ściekowe są odpadem biodegradowalnym i fakt ten może dostarczyć podmiotom podejmującym ich współspalanie dodatkowych korzyści związanych z zaliczeniem części wytworzonej energii do tzw. „energii zielonej”, jak również rozliczaniem emisji ditlenku węgla [9]. Energia elektryczna wytwarzana z wykorzystaniem osadów ściekowych może być zaklasyfikowana do energii pochodzącej z OZE w oparciu o definicję biomasy zawartą w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 r. [3]. Ujęta w dokumencie definicja upoważnia do kwalifikowania części energii pochodzącej nie tylko z tzw. „czystej biomasy”, ale również z frakcji biodegradowalnych zawartych w odpadach jako energii pochodzącej z odnawialnego źródła. Możliwość zaliczenia osadów ściekowych do biomasy ma istotne znaczenie w propagowaniu termicznych metod przekształcania tej grupy odpadów.

Rozwój termicznych metod przekształcania osadów pozwala na zmniejszenie ilości osadów, które doprowadzane są do środowiska, a jednocześnie skutkuje procesem produkcji energii elektrycznej, czy ciepła. Zastosowanie osadów ściekowych w energetyce, wiąże się również ze zmniejszeniem ilości spalanej paliwa konwencjonalnego, np. węgla kamiennego, co przyczynia się do wymiernych oszczędności związanych z jego zakupem [11]. Węgiel jest nadal bezsprzecznie jednym z najważniejszych paliw kopalnych, a porównanie jego parametrów z paliwami alternatywnymi wskazuje na zasadniczą różnicę składu chemicznego, którego skutkiem jest odmienna ilość energii chemicznej oraz inne właściwości warunkujące przydatność w procesach termochemicznej konwersji [7]. W związku z tym, konwersja osadów ściekowych w energię użyteczną powinna być poprzedzona poznaniem ich właściwości fizykochemicznych. Parametry energetyczne paliwa są wyznaczane na podstawie kilku kluczowych wskaźników, do których należą: zawartość wody, substancji lotnych i mineralnych, ciepło spalania oraz wartość opałowa. Z uwagi na wysoką zawartość wody, wartość opałowa osadów ściekowych jest stosunkowo niska [2]. Innym parametrem, który kontroluje się w materiale palnym jest zawartość siarki. Pierwiastek ten, obecny w osadach ściekowych, ma (oprócz chloru i związków alkalicznych) znaczący wpływ na występowanie niekorzystnego zjawiska korozji elementów konstrukcyjnych kotłów energetycznych. Obecność siarki ma ponadto szczególne znaczenie w trakcie powstawania różnorodnych zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych podczas termicznej przeróbki odpadów palnych.

W opracowaniu podjęto próbę oceny wybranych parametrów fizykochemicznych wytypowanych do badań osadów ściekowych, pochodzących z komunalnych oczyszczalni ścieków. W analizowanych próbkach oznaczono ciepło spalania, na podstawie którego obliczono wartość opałową. Oznaczono również zawartość wilgoci, popiołu i siarki. Wyniki analiz porównano z parametrami fizykochemicznymi paliwa konwencjonalnego – energetycznego węgla kamiennego.

2. Wyniki badań i dyskusja

Właściwości osadów ściekowych pochodzących z komunalnych oczyszczalni ścieków oraz energetycznego węgla kamiennego analizowano zgodnie z procedurami badawczymi stosowanymi w akredytowanym Laboratorium Paliw i Węgla Aktywnych Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla (IChPW).

2.1. Wartość opałowa

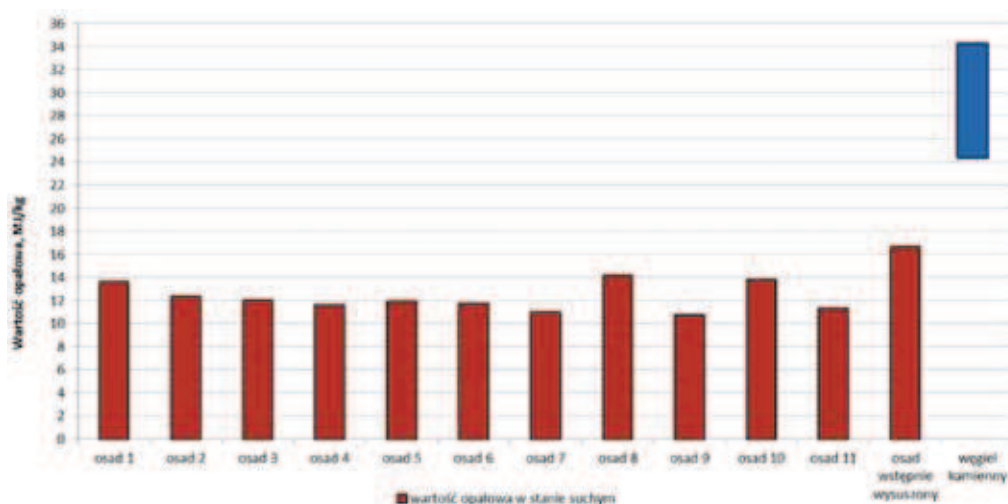
Nadrzędnymi parametrami określającym przydatność materiałów palnych do celów energetycznych są ciepło spalania i wartość opałowa. Ciepło spalania to ilość ciepła, jaką można uzyskać spalając 1 kg suchej masy osadu, a jego wartość jest uwarunkowana składem i rodzajem związków organicznych występujących w osadzie [9]. Wartość opałowa jest to ilość energii, jaką można uzyskać z 1 kg osadu ściekowego uwodnionego, przyjmując, że spalanie jest całkowite i zupełne, a para wodna zawarta w spalinach nie ulega skropleniu, pomimo że spaliny osiągają temperaturę początkową materiału palnego.

Wartość opałową komunalnych osadów ściekowych, obliczono na podstawie ciepła spalania oznaczonego za pomocą kalorymetru LECO AC 500, spalając próbki w bombie kalorymetrycznej w atmosferze tlenu. Wartość tę (w stanie suchym) wyznaczono dla dwunastu próbek osadów ściekowych. Uzyskane wyniki badań mieściły się w przedziale od 10,7 MJ/kg do 16,6 MJ/kg. Prowadzone przez inny ośrodek badania wykazały, że średnia wartość opałowa osadów ściekowych pochodzących ze śląskich oczyszczalni komunalnych wynosiła 14,7 MJ/kg [1]. Wartość opałowa typowych paliw konwencjonalnych była znacznie wyższa. Parametr ten w stanie suchym mieścił się w zakresie 24,1÷35,5 MJ/kg dla węgla kamiennego (badania własne IChPW). Jest to wartość dwukrotnie większa w porównaniu z wynikami uzyskanymi dla komunalnych osadów ściekowych (rys.1).

Wartość opałowa paliwa zależy od udziału składników palnych, substancji mineralnej (popiołu) oraz wilgotności paliwa i zwiększa się wraz ze zmniejszaniem się zawartości wilgoci, co widoczne jest na rysunku 1 (próbka nr 12 - osad wstępnie wysuszony).

2.2. Zawartość wilgoci

Wilgoć i popiół są parametrami substancji palnej, które w decydujący sposób wpływają na proces zapłonu. Zawartość wilgoci jest istotnym wskaźnikiem jakości paliwa i stanowi parametr rozliczeniowy pomiędzy dostawcą paliw, a jego odbiorcą, kształtując cenę. Parametr ten (stan analityczny), oznaczono metodą wagową polegającą na ilościowym określeniu straty masy osadów, wysuszonych w temperaturze 105 °C. Dla badanych próbek wysuszonych osadów ściekowych oznaczona zawartość wilgoci mieściła się (w stanie analitycznym) w zakresie od 4,6 % wag. do 11,5 % wag. Zawartość wilgoci (w stanie roboczym) natomiast kształtowała się na poziomie 6,2÷78,9 % wag. (Rys. 2). W przypadku węgla kamiennego zawartość wilgoci w stanie analitycznym wyniosła 0,8÷15,2 % wag. (badania własne IChPW), natomiast w stanie roboczym



Rys. 1. Wartość opałowa (stan suchy) w analizowanych próbkach osadów ściekowych

Fig. 1. Calorific value (dry state) in the analyzed samples of sewage sludge

mieściła się w zakresie $1,1 \div 21,3$ % wag. Wartość tego parametru w dużej mierze zależy od rodzaju procesu technologicznego obróbki osadów, które trafiają do danej oczyszczalni. Energetyka stawia pewne wymagania, co do wilgotności paliwa, ponieważ współpalanie mokrych osadów w kotle przynosi dużo gorsze efekty niż spalanie osadów uprzednio wysuszonych. Dodatek do paleniska mokrych osadów powoduje natychmiastowe pokrycie się zewnętrznej powierzchni cząstek osadów skorupą, która utrudnia wydobywanie się i wyparowywanie pozostałej wody. W konsekwencji oznacza to konieczność dłuższego przetrzymywania osadów w komorze paleniskowej lub wymaga zwiększenia jej rozmiarów [12].

2.3. Zawartość popiołu

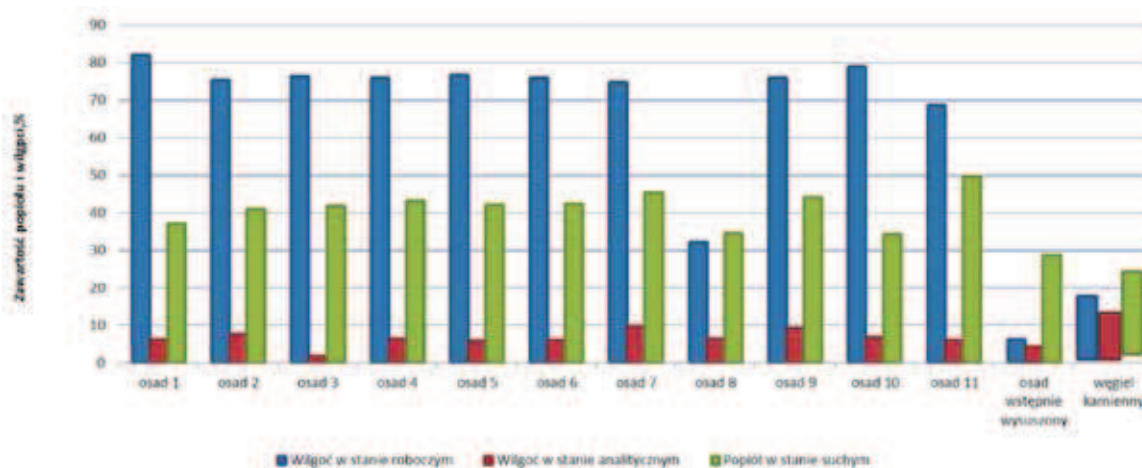
Kolejnym parametrem wpływającym na obniżenie wartości opałowej paliw oraz przebieg procesu spalania jest udział substancji mineralnej określanej jako popiół. Zawartość popiołu w odpadach (stan analityczny), oznaczono metodą wagową polegającą na ilościowym określeniu straty masy osadów, spopielenych w temperaturze 550 °C. Zawartość substancji mineralnej przeliczonej na stan suchy, w badanych w IChPW próbkach osadów ściekowych mieściła się w przedziale $22,3 \div 45,2$ % wag. (rys.2). Dla porównania, uzyskany przez Nadziakiewicza [1], średni wynik zawar-

tości popiołu w komunalnych osadach ściekowych wynosił $32,4$ % wag. Porównując zawartość substancji mineralnej w węglach kamiennych, wyniki analizy mieściły się w zakresie $2,5 - 26,5$ % wag.

2.4. Zawartość siarki

Chlor i siarka są niepożądanymi składnikami paliwa ze względu na ich działanie korodujące. Obecność siarki w paliwach może przyczyniać się do korozji kotłów energetycznych, poprzez odkładanie się osadów w postaci siarczanów w kanałach grzewczych [6]. Analizę zawartości siarki całkowitej w osadach ściekowych wykonano z wykorzystaniem analizatora S.C.632 firmy LECO metodą spektrometrii IR, poprzez spalenie próbki, a następnie pomiar niedyspersyjnego promieniowania podczerwonego. Wykonane badania wykazały, że zawartość siarki w analizowanych próbkach mieściła się w zakresie $1,32 \div 1,65$ % wag. w stanie suchym. Zawartość siarki w badanych komunalnych osadach ściekowych oraz zakres wyników oznaczeń zawartości tego pierwiastka w węglach kamiennych w sposób porównawczy przedstawiono na rysunku 3.

Na podstawie uzyskanych wyników badań wnioskować można, że osady ściekowe charakteryzowały się wysoką zawartością siarki (w stanie suchym). Wartość tego parametru



Rys. 2. Zawartość wilgotności (stan analityczny i roboczy) i popiołu (stan suchy) w analizowanych osadach ściekowych

Fig. 2. Moisture content (analytical and working state) and ash (dry state) in the analyzed sewage sludge



Rys. 3. Zawartość siarki (stan suchy) w osadach ściekowych

Fig. 3. Sulfur content (dry state) in the sewage sludge

tru była stabilna i utrzymywała się w każdej próbce osadów powyżej poziomu 1,2 % wag. W większości próbek osadów ściekowych analizowanych w IChPW, zawartość siarki była wyższa w porównaniu z paliwem konwencjonalnym – węglem kamiennym. Przedstawiony na rysunku 3 zakres występowania tego pierwiastka w węglach kamiennych dotyczył próbek węgla w szerokim przedziale zawartości 0,32÷2,06% wag.

3. Podsumowanie

Oczyszczanie ścieków przyczynia się do powstawania różnego rodzaju odpadów, których integralną i największą część stanowią osady ściekowe. W ostatnich latach obserwuje się w Polsce niepokojący wzrost produkowanych osadów ściekowych. Rygorystyczne uwarunkowania prawne obligują do poszukiwania praktycznych i skutecznych rozwiązań zagospodarowania tych odpadów. Stopień skażenia biologicznego osadów ściekowych jest podstawowym kryterium uniemożliwiającym ich przyrodnicze wykorzystanie. Metody termicznego unieszkodliwiania osadów ściekowych mogą w znaczącym stopniu przyczynić się do uzyskania wymaganych prawnie poziomów redukcji masy składowych dotychczas osadów, pozwolić na realizację gospodarki niskoemisyjnej, a także mogą mieć wpływ na osiągnięcie docelowych poziomów wytwarzania energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych.

Analizując uzyskane wyniki badań można zaobserwować wyraźne różnice w wartości opałowej osadów pochodzących z komunalnych oczyszczalni ścieków względem wartości opałowej węgla kamiennych. Uzyskane wyniki oznaczeń mieściły się w przedziale od 10,7 MJ/kg do 16,6 MJ/kg w stanie suchym. Parametry zawartości popiołu i wilgoci w osadach ściekowych mieściły się w stosunkowo wąskim zakresie. Średnia zawartość wilgoci (w stanie analitycznym) utrzymywała się na poziomie 6,4 % wag., a średnia zawartość popiołu w stanie suchym na poziomie 40,3 % wag.. Charakterystyczna dla osadów ściekowych wydaje się być zawartość siarki w stanie suchym, sięgająca w niektórych przypadkach powyżej 1,6 % wag.. Jest to wartość wysoka w stosunku do średniej zawartości tego pierwiastka w paliwie konwencjonalnym, jakim były analizowane węgle kamienne. Uzyskane wyniki badań, wykazały, że komunalne osady ściekowe charakteryzują

się odpowiednimi walorami energetycznymi, dla prowadzenia odzysku energii z tej grupy odpadów.

Literatura

1. *Nadziakiewicz J., Waclawiak K., Stelmach S.*: Procesy termiczne utylizacji odpadów, Politechnika Śląska 2012.
2. Praca zbiorowa pod red. Wydawnictwa Seidel-Przywecki, Termiczna mineralizacja osadu ściekowego, V Konferencja Naukowo-Techniczna, 2008, s. 88.
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii (Dz.U. 2012 nr 0 poz. 122).
4. *Słowik K., Stelmach S., Wasilewski R.*: Sewage sludge co-combustion in coal-fired boilers, *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*, nr 4/2011.
5. *Stelmach S., Wasilewski R., Zuwała J., Sobolewski A.*: Komunalne osady ściekowe jako paliwo odnawialne - droga do współpalania w energetyce, *Czysta Energia*, 11, 2006, s. 28÷29.
6. *Ściążko M., Sobolewski A., Zuwała J.*: Przewodnik Metodyczny-Procedury bilansowania i rozliczania energii wytwarzanej w procesach współpalania, IChPW, Warszawa-Zabrze 2007.
7. *Termochemiczne Przetwórstwo Węgla i biomasy*, pod red. Marka Ściążko i Henryka Zielińskiego, Zabrze-Kraków 2003
8. Uchwała Nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r. w sprawie "Krajowego planu gospodarki odpadami 2014" (M.P. Nr 101, poz. 1183).
9. *Wasilewski R., Sobolewski A.*: Współpalanie komunalnych osadów ściekowych z węglem, *Nowa Energia*, 2, 2009, s. 8÷12.
10. *Wasilewski R., Stelmach S., Jagustyn B.*: Sewage sludge as a renewable energy carrier and CO₂ zero emission biomass in co-combustion with coal, *Environmental Protection Engineering*, 2, 2013.
11. *Werle S.*: Wielowariantowa analiza możliwości współpalania osadów ściekowych w kotłach energetycznych opalanych węglem", *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*, Vol. 13 nr 1 (2011), p. 21÷38.
12. http://ekologia-info.eu/?lang=1&menu=1&menu_select=7&podmenu_select=135