

**Izabela  
Dasiewicz-Szparaga**

Wodociągi Miejskie  
w Radomiu

**Sławomir Janas**

Laboratorium Badawcze  
Radwag

**Małgorzata  
Kowalska**

Uniwersytet Technologiczno-  
Humanistyczny w Radomiu,  
Wydział Materiałoznawstwa  
Technologii i Wzornictwa,  
Katedra Chemii

# Promieniowanie mikrofalowe i podczerwone w badaniach zawartości suchej masy substancji organicznej osadów ściekowych

**O**becnie zazwyczaj podczas wyznaczenia suchej masy osadów ściekowych wykorzystuje się metody znormalizowane. W ogólnym ujęciu polegają one na określeniu masy osadu przed i po procesie odwadniania. Ze względu na czasochłonność, ich zastosowanie jest znacznie ograniczone. Substytutem często stosowanym w tych badaniach są wagosuszarki, w których źródłem ciepła jest promieniowanie podczerwone. Pozwalają one na skrócenie czasu prowadzenia analizy do kilkunastu lub kilkadziesiątu minut. Proces badania zawartości masy suchej jest w pełni automatyczny, poprzez co nie jest wymagany ciągły nadzór personelu technicznego. Celem prezentowanej publikacji jest przedstawienie alternatywnej metody badania suchej masy osadów ściekowych z wykorzystaniem promieniowania mikrofalowego. Wagosuszarka mikrofalowa PMV 50 użyta w badaniach, to urządzenie nowoczesne, które realizuje pomiar zawartości masy suchej w pełni automatycznie. W czasie badań uzyskano średni czas analizy 5 minut 42 sekundy, przy odchyleniu standardowym z serii pomiarów 0,26%.

## 1 | Wstęp

Postępująca urbanizacja i konsumpcyjny tryb życia współczesnych społeczeństw są jedną z przyczyn wzrostu ilości odpadów ściekowych. Najprostszą metodą zagospodarowania zwiększającej się ilości odpadów jest ich składowanie lub spalanie. Uwzględniając fakt, iż odpady ściekowe zawierają duże ilości substancji organicznych oraz składników pokarmowych, należy stwierdzić, że nie jest to optymalna metoda utylizacji. Jak wskazują badacze [Jakubas 2006], znacznie lepszym rozwiązaniem, zarówno pod względem ekonomicznym, jak i w aspekcie zrównoważonego rozwoju, jest wykorzystanie odpadów ściekowych w działalności rolniczej. Odwodnione osady ściekowe zawierają duże ilości makroskładników, azotu, fosforu, magnezu, siarki, poprzez co wspomagają w widoczny sposób procesy plonotwórcze w rolnictwie. Osady przeznaczone do wykorzystania rolniczego

powinny dodatkowo spełniać wymagania dotyczące zawartości grzybów, bakterii, wirusów, jaj pasożytów czy metali ciężkich [Napora, Grobelak 2014]. Występowanie nadmiernej ilości metali ciężkich w osadach ściekowych praktycznie wyklucza możliwość stosowania odwodnionych osadów ściekowych w rolnictwie, ale nadal można te osady przetwarzać celem wykorzystania ich jako paliwo alternatywne [Środa i in. 2006]. Można zatem stwierdzić, że nie każdy osad ściekowy jest optymalnym surowcem do przetworzenia celem jego aplikacji w rolnictwie. Wskazuje się jednakże na przemysł spożywczy, jako ten, który generuje osad ściekowy o najmniejszej ilości metali ciężkich oraz innych niepożądanych substancji.

Badania zawartości masy suchej osadów ściekowych wykonano w Laboratorium Badawczym Sekcji Ścieków Wodociągów Miejskich w Radomiu. W pierwszym etapie przeprowadzono badania zgodnie z metodą referencyjną



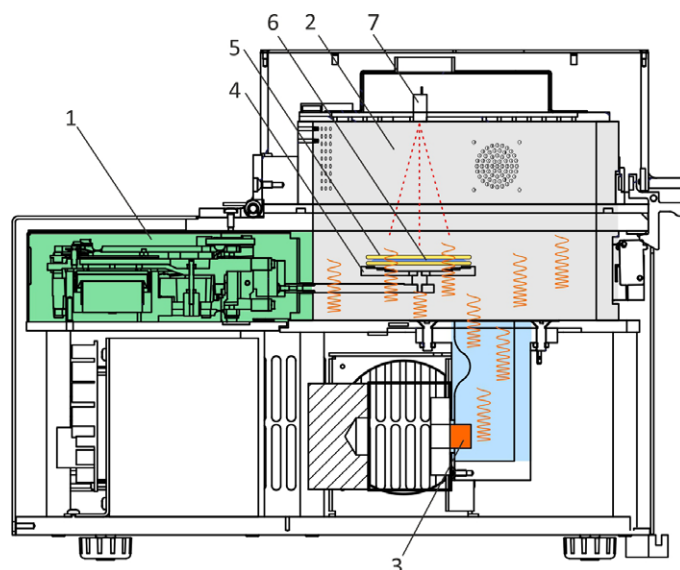
Rys. 1 Wagosuszarka mikrofalowa PMV 50

PN-EN 12880:2004, uzyskując wynik zawartości masy suchej 22,2%. Następnie z tej samej próbki pobrano niewielką ilość produktu, który użyto podczas badań w wykorzystaniu promieniowania mikrofalowego. Badania prowadzono z wykorzystaniem wagosuszarki mikrofalowej PMV 50 produkcji Radwag Wagi Elektroniczne Polska. Budowę oraz ogólną zasadę działania wagosuszarki PMV 50 przedstawiono na rys. 1.

Wagosuszarka PMV firmy Radwag jest najnowszym rozwiązaniem wykorzystującym promieniowanie mikrofalowe do badań zawartości wody oraz masy suchej. Wzrost temperatury osadu uzyskuje się w wyniku absorpcji promieniowania mikrofalowego przez związki polarne, jakie znajdują się w osadzie (głównie woda). W wyniku absorpcji promieniowania następuje reorientacja dipoli związków polarnych, co prowadzi do tarcia molekularnego [Al-Harabsheh M, Al-Muhtaseb i Magee 2009]. Konsekwencją tego procesu jest szybki wzrost temperatury w całej objętości produktu, dzięki czemu uzyskuje się krótki czas analizy. Efektywność i skuteczność procesu suszenia jest zależna nie tylko od mocy i częstotliwości emitowanych mikrofal, ale także od struktury produktu oraz jego składu chemicznego [Soysal 2004; Kamińska i Ciesielczyk 2011]. Wagosuszarka mikrofalowa PMV to nowoczesne i wydajne urządzenie pomiarowe, które oferuje:

- krótki czas suszenia (maks. 2÷5 minut),
- bazę produktów, programów suszenia, zrealizowanych procedur suszenia,
- analizę statystyczną dla pomiarów zawartości wody wybranego produktu,
- interakcyjne menu z możliwością definiowania przycisków, pól informacyjnych, poziomów dostępu do menu wagosuszarki itp.,
- interakcyjne czujniki zbliżeniowe,
- wizualizację procesu suszenia w postaci krzywej suszenia,
- export/import bazy towarów, programów suszenia, innych danych,
- komunikację poprzez RS 232, USB, Ethernet, WiFi.

Schemat wagosuszarki mikrofalowej PMV 50, produkcji Radwag Wagi Elektroniczne, Polska z wyszczególnieniem głównych podzespołów został zaprezentowany na rys. 2.



Rys. 2 Schemat wagosuszarki mikrofalowej PMV 50

Pomiar masy osadu realizuje magnetoelektryczny układ wagowy (1), który składa się z wyselekcjonowanych elementów monolitycznych, poprzez co układ wagowy jest stabilny nawet przy niestabilnych warunkach zewnętrznych. W komorze suszenia (2) znajduje się szalka (4), na której pomiędzy dwoma filtrami z włókna szklanego (5) umieszcza się próbkę osadu (6). Magnetron (3) emituje mikrofae, które w osadzie (6) wywołują efekt dipolowy cząstek wody. Powoduje to wzrost temperatury osadu, która jest monitorowana przez czujnik podczerwieni (7) zainstalowany w górnej części komory suszenia (2). Ta informacja jest wykorzystywana poprzez układ sterowania mocą magnetronu (3). Wraz ze spadkiem temperatury analizowanego osadu moc emitowanych mikrofal jest płynnie dopasowywana do dynamiki zachodzącego procesu.

Analiza zawartości masy suchej jest realizowana do momentu, gdy spełniony będzie warunek niezmienności masy osadu w czasie, co jest jednoznaczne z całkowitą desorpcją wody ze struktury badanego osadu. Zawartość masy suchej wody (%D) jest automatycznie wyliczana wg. zależności:

$$\%D = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\%, \quad [1]$$

gdzie:

%D – zawartość masy suchej,

$m_1$  – masa osadu wilgotnego, przed rozpoczęciem analizy,

$m_2$  – masa osadu suchego, po zakończeniu analizy.

## 2 | Rezultaty i dyskusja

Pierwszym etapem badań było wyznaczenie zawartości masy suchej w osadach ściekowych metodą PN-EN 12880:2004. Otrzymano wartość 22,20%, którą przy-

jęto jako punkt odniesienia dla określania dokładności metody wykorzystującej promieniowanie mikrofalowe (wagosuszarka PMV 50). Niewielka ilość osadu w postaci cienkiej warstwy była umieszczana między dwoma filtrami z włókna szklanego. Tak przygotowana próbka była suszona do uzyskania stałej masy. Doświadczalnie ustalono, że optymalną temperaturą analizy jest 80°C, przy zakończeniu procesu suszenia Auto 2. Odpowiadało to niezmienności masy osadu po suszeniu w zakresie 1 mg w czasie 25 sekund. Wyniki, jakie uzyskano w badaniach, zaprezentowano w tab. 1.

### 3 | Podsumowanie

Stosując metodę wykorzystującą mikrofałe w badaniu zawartości masy suchej osadu uzyskano znaczne skrócenie czasu analizy, względem metody bazującej na promieniowaniu podczerwonym. Dokładność prowadzonej analizy była porównywalna z dokładnością metody referencyjnej. Stwierdzono, że precyzja pomiarów była zależna od jednorodności analizowanego osadu. Ze względu na krótki czas badania, wagosuszarka PMV 50 może być wykorzystywana wszędzie tam, gdzie informacja o zawartości masy suchej musi być uzyskana szybko i pewnie.

### 4 | Literatura

[1] Al-Harabsheh M., Al-Muhtaseb A.H., Magee T.R.A., 2009. *Microwave drying kinetics of tomato pomace: Effect of osmotic dehydration*. Chemical Engineering and Processing 48: 524–531.

Tab. 1 | Zawartość masy suchej w osadach ściekowych (wagosuszarka PMV 50)

Masa osadu [g]	Moc mikrofal [%]	Temperatura osadu [°C]	Zawartość masy suchej [%]	Czas analizy [min:s]
2,59	100	80	22,4936	14:28
0,89	100	80	21,8504	03:57
1,25	100	80	22,5041	10:05
1,43	100	80	22,1389	07:10
0,91	100	80	22,4554	03:44
0,98	100	80	22,1585	05:03
1,72	100	80	21,8110	05:22
1,99	100	80	22,4425	04:52
1,11	100	80	22,3246	04:21
1,64	100	80	22,2348	05:49
1,66	100	80	22,5374	06:46

[2] Jakubas M., 2006. *Ocena przydatności osadów ściekowych w nawożeniu roślin*. Woda-Ścieki-Obszary Wiejskie t. 6, z. 2 (18), 87-97.

[3] Kamińska A., Ciesielczyk W., 2011. *Kinetyka suszenia mikrofalowego wybranych warzyw i owoców*. Inżynieria i Aparatura Chemiczna 50 (1): 19-20.

[4] Napora A., Grobelak A., 2014. *Wpływ osadów ściekowych na aktywność mikrobiologiczną i biochemiczną gleby*. Inżynieria i Ochrona Środowiska t. 17(4), 619-630.

[5] PN-EN 12880:2004. *Charakterystyka osadów ściekowych. Oznaczanie suchej pozostałości i zawartości wody*.

[6] Środa K., Kijo-Kleczkowska A., Otwinowski H., 2012. *Termiczne unieszkodliwianie osadów ściekowych*. Inżynieria Ekologiczna 28, 67-81.

[7] Soysal Y., 2004. *Microwave Drying Characteristics of Parsley*. Biosystems Engineering 89 (2): 167-173.