

JOANNA KARCZ  
DARIUSZ SZYSZKA

Institut Inżynierii Chemicznej i Podstaw Ochrony Środowiska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

## Metoda oceny wysychania złoża w procesie biofiltracji

### Wprowadzenie

Wysychanie złożeń naturalnych w procesie biofiltracji stanowi bardzo poważny problem i w wielu przypadkach jest przyczyną obniżenia sprawności biofiltrów. Zdolność utrzymania wysokiej wilgotności w całej kolumnie zależy od budowy bioreaktora. Stosuje się szereg zabiegów prowadzących do utrzymania wysokiej wilgotności złoża w biofiltrze [1–4]. Zanieczyszczony gaz może być przed wprowadzeniem do kolumny nawilżony, można także nawilżać samo złożo przez spryskiwanie, czyli tzw. podlewanie górnej warstwy wypełnienia. Zwykle gaz podawany jest do kolumny od dołu, gdy jest nawilżony, lub od góry we współprądzie z wodą podawaną na złożo biofiltra. Mimo tych zabiegów w biofiltrze często dochodzi do niekontrolowanego i nierównomiernego rozkładu zawartości wilgoci w przestrzeni bioreaktora. Istnieją miejsca, w których występuje nadmierne nasycenie złoża, jak również miejsca, w których brak wilgoci jest tak wyraźny, że dochodzi do całkowitego zaniku biofilmu, co sprawia że obszar ten jest nieaktywny ze względu na bioprocess.

W tej pracy zaproponowano metodę pozwalającą na oszacowanie lokalnej zawartości wilgoci w złożu biofiltra, w danym miejscu kolumny.

### Część doświadczalna

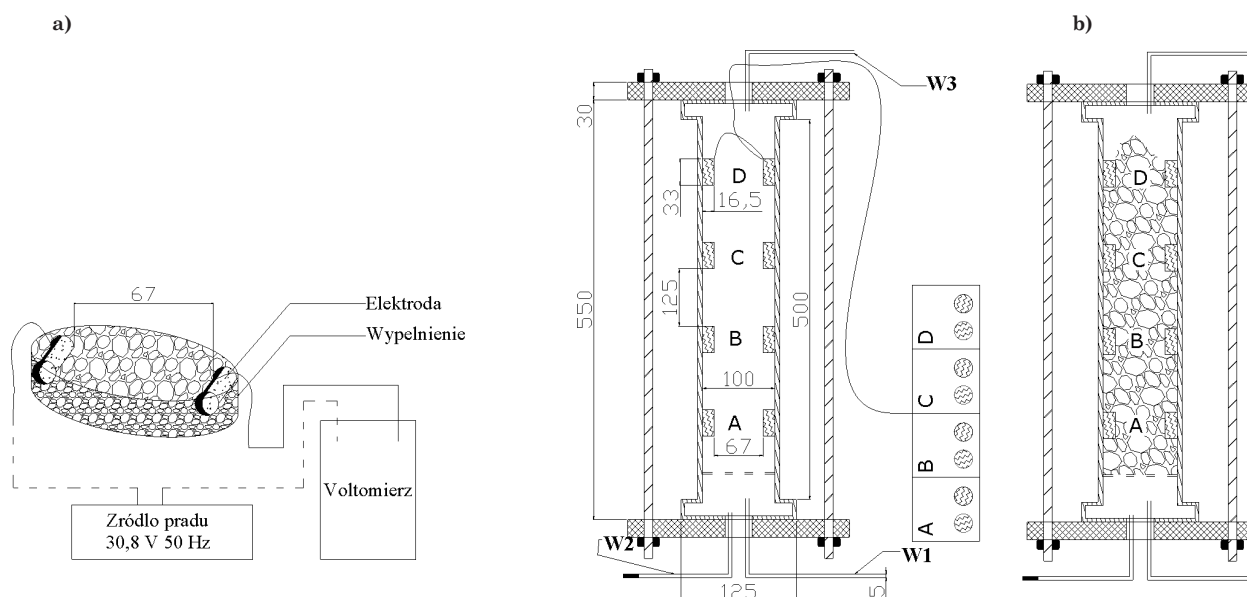
Badania przeprowadzono w pięciu kolumnach laboratoryjnych o średnicy wewnętrznej  $D = 0,1$  m i wysokości roboczej  $H = 0,5$  m (Rys. 1). Każda z kolumn była zaopatrzona w czte-

ry pary elektrod rozmieszczonych co  $0,125$  m wzdłuż wysokości i połączonych z panelem pomiarowym. Kolumna była zamknięta za pomocą prętów ściągających z kołnierzem. Utrata wilgotności następowała w wyniku przepływu strumienia gazu przez złożo. Króćce W1 i W3 były przeznaczone do wprowadzania lub wyprowadzania gazu z kolumny. Króciec W2 służył do ewentualnego usunięcia nadmiaru wody z kolumny. Był on w czasie pracy aparatu zamknięty.

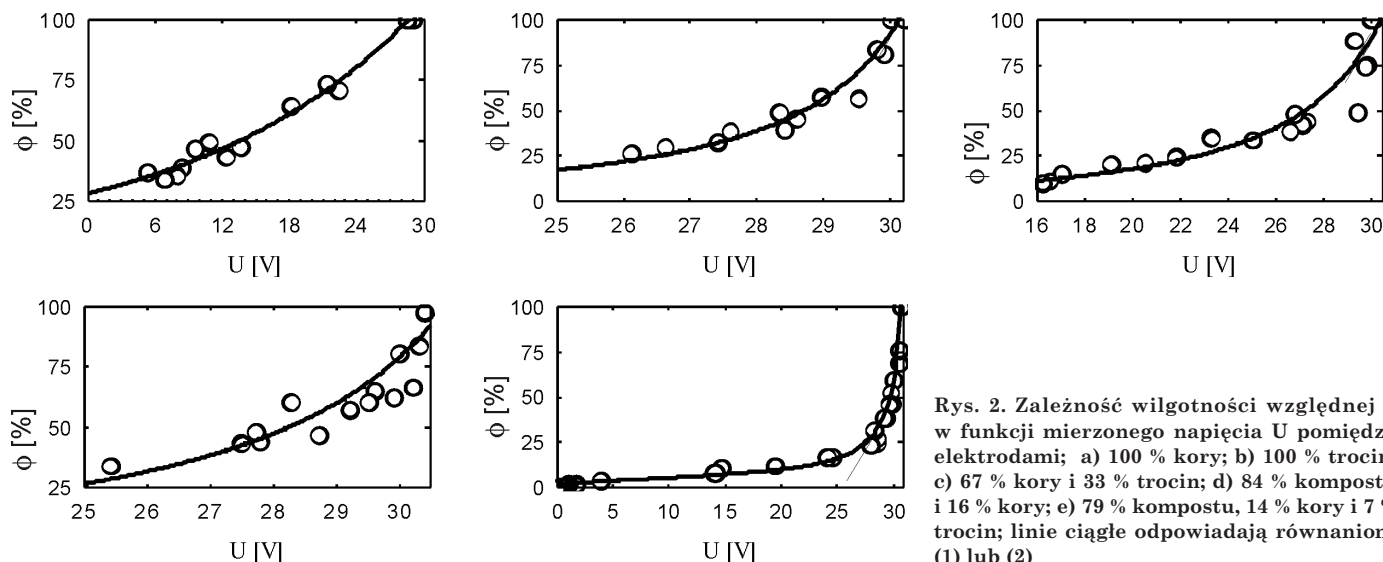
Do szybkich pomiarów lokalnej wilgotności złoża używano prądu zmiennego o napięciu  $30,8$  V oraz częstotliwości  $50$  Hz. Pomiary prowadzono do momentu, w którym następowała utrata przewodności złoża na każdej z wysokości kolumny.

Przebadano pięć różnych próbek złoża naturalnego: a) korę (100%), b) trocin (100%), a także mieszaniny: c) kory (67% mas.) i trocin (33%), d) kompostu (84%) i kory (16%) oraz e) kompostu (79%), kory (14%) i trocin (7%).

Pomiary przeprowadzono w następujący sposób: Napelniano kolumnę złożem, zalewano je wodą i pozostawiano na określony czas w celu nasiąknięcia, następnie odcędzono wodę. Tak przygotowane złożo uznawano za złożo w pełni nawilżone, a zawartość w nim wilgoci przyjmowano jako 100%. Mierzono napięcie  $U$  między elektrodami pomiarowymi oraz dokładnie ważono całą próbkę. Operacje ważenia oraz mierzenia napięcia powtarzano wielokrotnie w czasie 6 dob (144 h). Po upływie tego czasu napięcie spadało do zera, a masa złoża odpowiadała początkowej masie złoża suchego. Złożo za każdym razem schło w warunkach naturalnych. Dla każdego rodzaju złoża serie pomiarów były trzykrotnie powtarzane. Wyniki tych trzech serii badań uśredniano.



Rys. 1. Schemat aparatury pomiarowej; a) kolumna z elektrodami oraz panelem pomiarowym, b) kolumna z wypełnieniem



Rys. 2. Zależność wilgotności względnej  $\phi$  w funkcji mierzonego napięcia  $U$  pomiędzy elektrodami; a) 100 % kory; b) 100 % trocin; c) 67 % kory i 33 % trocin; d) 84 % kompostu i 16 % kory; e) 79 % kompostu, 14 % kory i 7 % trocin; linie ciągłe odpowiadają równaniom (1) lub (2)

### Wyniki

Uśrednione wyniki pomiarów lokalnej wilgotności każdego rodzaju złoza w kolumnie opracowano graficznie w postaci zależności  $\phi = f(U)$ . Przedstawiono je na rys. 2. Lokalna wilgotność  $\phi$  złoza wzrasta w sposób nieliniowy ze wzrostem napięcia między elektrodami pomiarowymi. Najbardziej nieliniowa zależność charakteryzuje złoże, które jest mieszaniną trzech różnych materiałów naturalnych, złożonych z 79% kompostu, 14% kory i 7% trocin (Rys. 2e). Stosunkowo mała nieliniowość występuje w przypadku kory (100%, Rys. 2a).

Tablica 1

Współczynniki w równaniach (1) i (2) oraz zakres stosowalności i błędy aproksymacji danych tymi równaniami

Typ złoza	$a \cdot 10^2$	$b \cdot 10$	$c$	$d$	Zakre s V	$\pm \Delta$ %
równanie (1)						
a) kora, 100%	6,044	0,3534	$7,36 \cdot 10^{-4}$		5÷30	5,9
b) trociny, 100%	8,017	19,64	$-6,148 \cdot 10^{-2}$		25÷30	8,4
c) kora i trociny (67%, 33%)	5,102	3,641	$-1,042 \cdot 10^{-2}$		16÷30	14,7
d) kompost i kora (84%, 16%)	6,112	6,46	$-1,888 \cdot 10^{-2}$		25÷30	10,1
równanie (2)						
e) kompost, kora i trociny (79%, 14%, 7%)	5,55	10,67	11,979	19,908	4÷30	8,3

Wyniki pomiarów opisano matematycznie korzystając z programu *Statistica 7.0*. Dane dla złożeń a), b), c) oraz d) aproksymowano następującym równaniem:

$$\phi = \frac{\exp(aU)}{b + cU} \quad (1)$$

Wyniki dla mieszaniny trójskładnikowej e) przybliżono za pomocą równania

$$\phi = \frac{\exp(aU)}{b + e^{1/(d+5U)}} \quad (2)$$

Wartości współczynników w równaniach (1) oraz (2), zakres stosowalności tych równań, a także średnie błędy aproksymacji  $\pm \Delta$  zestawiono w tablicy 1. Wartości wilgotności względnej  $\phi$  obliczane na podstawie równań (1) oraz (2) są wyrażane w %.

### Podsumowanie

Opisaną metodę pomiaru można zastosować do szybkiego określania lokalnej wilgotności złoza w kolumnie. W tym celu elektrody pomiarowe, rozstawione na taką samą odległość, jak stosowaną w testach (67 milimetrów) mocuje się na sztywnym wysięgniku, który wprowadza się do kolumny i łączy z panelem pomiarowym. Odczytane wartości napięcia przelicza się na wilgotność względną  $\phi$ , korzystając z równań (1) lub (2) w zależności od rodzaju złoza.

### LITERATURA

1. J. Warych: *Oczyszczanie gazów – procesy i aparatura*, Warszawa, WNT, 1998.
2. F.G. Edwards, N. Nirmalalhandan: *Wat. Sci. Tech.*, **34**, nr 3-4, 565 (1996).
3. A.B. Neal, R.C. Lehr: *Waste Management*, **20**, 59 (2000).
4. J.W. Van Groenestijn, N. J. R. Kraakman: *Chem. Eng. J.*, **113**, 85 (2005).