

Elżbieta KRÓLAK, Elżbieta BIARDZKA, Renata ŁAPIŃSKA, Anna SEMENIUK

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny, Instytut Biologii, Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska  
ul. Prusa 12, 08-110 Siedlce

## Stężenie związków biogenych w osadach ściekowych i wodach odciekowych wytwarzanych w gminnych oczyszczalniach ścieków (Łomazy i Sławatycze)

Osady ściekowe wytwarzane w gminnych oczyszczalniach ścieków charakteryzują się wysoką wilgotnością, a ich jakość zależy od typu oczyszczalni. W ramach przeprowadzonych badań analizowano skład chemiczny niestabilizowanych osadów i wód odciekowych powstających w dwóch wiejskich oczyszczalniach ścieków o przepustowości 300 m<sup>3</sup>/dobę, różniących się typem reaktora biochemicznego. Niezależnie od typu oczyszczalni, stężenie węgla organicznego, azotu organicznego i fosforu ogólnego w suchej masie osadów było na podobnym poziomie. Odnotowano statystycznie istotne różnice w kwasowości osadów oraz w zawartości suchej masy w osadach. Także w wodach odciekowych powstających z osadów ściekowych odnotowano statystycznie istotne różnice w stężeniach azotanów i fosforanów. Ustalono, że azot w niestabilizowanych osadach ściekowych występuje głównie w formie organicznej. Wysoka wilgotność osadów ściekowych, ich kwaśny odczyn oraz wysokie stężenie azotu w wodach odciekowych w formie nieorganicznych połączeń wymagają bezpiecznej, z punktu widzenia ochrony środowiska, gospodarki osadami. Wyniki analizy statystycznej badanych próbek osadów pozwoliły na ocenę stabilności pracy oczyszczalni.

**Słowa kluczowe:** skład chemiczny, osady ściekowe, wody odciekowe, azot, fosfor, węgiel organiczny, kwasowość

### Wprowadzenie

W ostatnich latach wyraźnie wzrosła w Polsce liczba gminnych oczyszczalni ścieków. Według danych statystycznych, w 2000 roku 10,8% mieszkańców wsi korzystało z oczyszczalni, a w 2012 roku odsetek ten wyniósł 33,1% [1]. Ze wzrostem ilości oczyszczanych ścieków na terenach wiejskich wiąże się również wzrost ilości wytwarzanych osadów ściekowych. Skład chemiczny osadów ściekowych pochodzących z oczyszczalni ścieków zależy m.in. od typu oczyszczalni, jak również rodzaju oczyszczanych ścieków [2-5]. Niezależnie od miejsca wytwarzania osady powinny być poddawane jakościowej charakterystyce celem wskazania odpowiedniego sposobu ich zagospodarowania. Komunalne osady bogate są w materię organiczną oraz związki azotu i fosforu [2, 6-9]. Osady wytwarzane w gminnych oczyszczalniach, jak podkreślają Heidrich i Tiunajtis [10], charakteryzują się dużą wilgotnością. Wody odciekowe z niestabilizowanych osadów ściekowych mogą stanowić zagrożenie dla środowiska przy dalszym zagospodarowaniu osadami.

dów. Są one bogate w jony amonowe, azotanowe, fosforanowe [11, 12]. Należy nadmienić, że aktualne przepisy prawne w zakresie gospodarki osadami ściekowymi [13] nie zalecają badania składu chemicznego wód odciekowych. Zgodnie z ustawą o odpadach [14], komunalne osady ściekowe traktowane są jako odpady, a gospodarka odpadami nie może powodować zagrożenia dla środowiska. Prawidłowy sposób postępowania z osadami wymaga nie tylko znajomości składu suchej masy osadów, lecz także istotne jest poznanie składu chemicznego wód odciekowych. W ramach niniejszej pracy podjęto badania mające na celu analizę osadów ściekowych i wód odciekowych wytwarzanych w dwóch gminnych oczyszczalniach ścieków w miejscowościach Łomazy i Sławatycze. Wybór obiektów poddyktowany został bliską lokalizacją obu oczyszczalni oraz podobnym rodzajem oczyszczanych ścieków. Oczyszczalnie różniły się typem zastosowanego biochemicznego reaktora. Główne cele badawcze to:

- poznanie składu chemicznego produktów ubocznych (osadów ściekowych i wód odciekowych) wytwarzanych w oczyszczalniach ścieków w aspekcie zastosowanego typu reaktora biochemicznego,
- wskazanie możliwości zagospodarowania powstałych osadów ściekowych wytwarzanych w gminnych oczyszczalniach,
- ocena stabilności pracy oczyszczalni w oparciu o statystyczną analizę wyników badań wybranych wskaźników fizyczno-chemicznych osadów ściekowych i wód odciekowych.

## 1. Materiał i metody

Próbki osadów do badań pobierano w dwóch oczyszczalniach ścieków, zlokalizowanych w miejscowościach Łomazy i Sławatycze. Obie miejscowości, typowo rolnicze, położone są w powiecie Biała Podlaska w woj. lubelskim. Do oczyszczalni ścieki komunalne są doprowadzane systemem kanalizacyjnym oraz dowożone wozami asenizacyjnymi i pochodzą z domków jednorodzinnych, bloków mieszkalnych, a także z obiektów użyteczności publicznej (szkoły, urzędy, sklepy). Przepustowość obu oczyszczalni wynosi 300 m<sup>3</sup>/dobę. Obie oczyszczalnie to oczyszczalnie typu mechaniczno-biologicznego, dodatkowo wyposażone w komory chemicznego wytrącania fosforanów. Oczyszczalnia ścieków w Łomazach jest automatyczną oczyszczalnią ścieków typu F300.P1.C. Miesięcznie wytwarza się w niej 36 ton świeżej masy osadów. Oczyszczalnia w Sławatyczach posiada reaktor biochemiczny typu „Hydrocentrum”, miesięcznie produkuje się w niej około 22 tony świeżej masy osadów ściekowych. Próbki osadów z obu oczyszczalni pobierano losowo w okresie sierpień 2012 - październik 2013. Z każdej oczyszczalni pobrano do badań po 8 próbek świeżych nieustabilizowanych osadów ściekowych. W osadach oznaczono następujące parametry: pH w wodzie - potencjometrycznie, zawartość suchej masy po wysuszeniu próbek w 105°C do stałej masy. Wysuszony materiał zhomogenizowano w młynku z misą z węgla wolframu, a następnie oznaczono: zawartość materii organicznej metodą termiczną, zawartość C<sub>org.</sub> meto-

dą Tiurina. W celu oznaczenia azotu i fosforu próbki osadów ściekowych poddano mineralizacji w kwasie siarkowym, a następnie zbadano stężenie azotu organicznego metodą indofenolową oraz stężenie fosforu metodą molibdenianową. W wodach odciekowych, uzyskanych po odwirowaniu próbki osadów, określono stężenie jonów amonowych oraz fosforanowych wg metod przedstawionych powyżej, stężenie azotanów oznaczono z wykorzystaniem kwasu fenylodisulfonowego. W oznaczeniach spektrofotometrycznych wykorzystano spektrofotometr firmy Shimadzu. Wyniki analiz poddano opracowaniu statystycznemu, wykorzystując do tego celu program „Statistica 10”. Normalność rozkładu danych sprawdzano testem Shapiro-Wilka. Ustalono, że rozkład danych nie ma charakteru normalnego. Stąd do porównania średnich wartości badanych parametrów w produktach ubocznych wytwarzanych w obu oczyszczalniach wykorzystano test U-Manna-Withneya. Ponadto wyniki badań poddano analizie korelacyjnej, obliczając współczynniki korelacji liniowej Spearmana.

## 2. Wyniki

Wyniki analiz osadów ściekowych wytwarzanych w oczyszczalniach w Łomazach i Sławatyczach w okresie 2012-2013 zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. **Charakterystyka osadów ściekowych wytwarzanych w oczyszczalniach ścieków w Łomazach i Sławatyczach w okresie 2012-2013**

Table 1. **Characteristics of sewage sludge produced in wastewater treatment plants in Łomazy and Sławatycze in the period of 2012-2013**

Parametr	Jednostka	Łomazy		Sławatycze	
		Wartość średnia $\pm$ SD	Współczynnik zmienności, %	Wartość średnia $\pm$ SD	Współczynnik zmienności, %
pH	-	6,41 $\pm$ 0,27*	4,2	5,99 $\pm$ 0,17*	2,8
Sucha masa	%	5,46 $\pm$ 1,41*	25,8	9,39 $\pm$ 1,13*	12,0
Woda	%	94,54 $\pm$ 1,41*	1,5	90,61 $\pm$ 1,13*	1,2
Materia organiczna	% s.m.	77,63 $\pm$ 5,67	7,3	80,20 $\pm$ 2,40	2,9
Węgiel org.	% s.m.	39,86 $\pm$ 2,57	6,4	38,28 $\pm$ 2,91	7,6
Azot org.	g/kg s.m.	51,00 $\pm$ 6,61	13,0	55,94 $\pm$ 5,99	10,7
Fosfor org.	g/kg s.m.	18,7 $\pm$ 1,06	5,7	20,41 $\pm$ 2,15	10,5
Stosunek C/N		8,06 $\pm$ 1,31	16,2	6,92 $\pm$ 1,04	15,0

\* - różnice pomiędzy wartościami średnimi istotne statystycznie

Osady wytwarzane w obu oczyszczalniach charakteryzowały się kwaśnym odczynem (średnia wartość pH < 6,5). Statystycznie istotnie ( $Z = -2,57$ ,  $p = 0,01$ ) niższą wartość pH osadów odnotowano w oczyszczalni w Sławatyczach w porów-

naniu z osadami z oczyszczalni w Łomazach. Natomiast osady powstające w oczyszczalni w Sławatyczach zawierały statystycznie istotnie ( $Z = 3,31$ ,  $p < 0,01$ ) większą zawartość suchej masy niż osady z oczyszczalni w Łomazach. Osady ściekowe z obu oczyszczalni charakteryzowały się bardzo wysoką wilgotnością (woda stanowiła w nich powyżej 90% świeżej masy osadów). Stężenie materii organicznej było na poziomie 80% lub zbliżone do tej wartości. natomiast stężenie azotu wynosiło powyżej 5%, fosforu około 2% suchej masy osadów.

Tabela 2. Średnie stężenie związków biogenych w wodach odciekowych wytwarzanych z osadów ściekowych w oczyszczalniach w Łomazach i Sławatyczach w okresie 2012-2013

Table 2. Average concentration of biogenic compounds in the reject waters from sewage sludge produced in wastewater treatment plants in Łomazy and Sławatycze in the period of 2012-2013

Parametr	Jednostka	Łomazy		Sławatycze	
		Wartość średnia ± SD	Współczynnik zmienności, %	Wartość średnia ± SD	Współczynnik zmienności, %
$\text{NH}_4^+$	mg/dm <sup>3</sup>	398,5 ± 461,4	115,8	171,0 ± 114,8	67,1
$\text{NO}_3^-$		12,64 ± 10,72*	84,8	37,47 ± 8,39*	22,4
$\text{PO}_4^{3-}$		0,464 ± 0,121*	26,1	1,077 ± 0,310*	28,8

\* - różnice pomiędzy wartościami średnimi istotne statystycznie

Stężenie związków biogenych w wodach odciekowych z badanych osadów charakteryzowało się szerokim zakresem zmienności. Mierzone stężenie jonów amonowych mieściło się w zakresie wartości: 65,89÷417,8 mg/dm<sup>3</sup> w Sławatyczach i 100,0÷1147,0 w Łomazach, stężenie jonów azotanowych odpowiednio: 23,69÷50,92 i 1,77÷27,83 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/dm<sup>3</sup>, a fosforanów: 0,65÷1,60 oraz 0,346÷0,646 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/dm<sup>3</sup>. W wodach odciekowych uzyskanych w oczyszczalni w Łomazach odnotowano wyższe stężenie jonów amonowych, chociaż średnie wartości nie były statystycznie istotne. Natomiast wody odciekowe z osadów powstających w oczyszczalni w Sławatyczach charakteryzowały się statystycznie istotnym wyższym stężeniem azotanów ( $Z = 3,098$ ,  $p = 0,0019$ ) i fosforanów ( $Z = 3,308$ ,  $p = 0,0009$ ).

Odnotowano statystycznie istotną zależność pomiędzy stężeniem fosforanów i azotanów w wodach odciekowych z osadów wytwarzanych w oczyszczalni w Łomazach ( $r_s = 0,9165$ ,  $p < 0,05$ ) i Sławatyczach ( $r_s = 0,7394$ ,  $p < 0,05$ ).

Wyniki oznaczeń stężenia N<sub>org.</sub> w suchej masie osadów oraz stężenia azotanów i jonów amonowych w wodach odciekowych umożliwiły ocenę form występowania związków azotu w świeżej masie osadów. Dominującą formą azotu w osadach ściekowych był azot w formie połączeń organicznych. W osadach wytworzonych w oczyszczalni w Łomazach stanowił on 90,2%, w oczyszczalni w Sławatyczach - 97,6% azotu ogólnego.

### 3. Dyskusja

Przeprowadzone badania składu chemicznego osadów ściekowych i powstających z nich odcieków wykazały pewne różnice we właściwościach osadów w zależności od typu zastosowanego w oczyszczalni reaktora biochemicznego, ale również podobieństwa związane z rodzajem oczyszczanych ścieków i wielkością oczyszczalni. Osady ściekowe wytwarzane w badanych oczyszczalniach ścieków charakteryzowały się wysoką wilgotnością (procentowa zawartość wody była na poziomie 90% i powyżej tej wartości). Wysokie uwodnienie osadów ściekowych jest charakterystyczne dla małych wiejskich oczyszczalni o przepustowości do 400 m<sup>3</sup>/dobę. Zwracają na to uwagę Heidrich i Tiunajtis [10], podkreślając, że osady wytwarzane w takich oczyszczalniach powinny być dodatkowo odwadniane w workownicach.

Ważnym parametrem opisującym jakość wytwarzanych osadów ściekowych jest ich odczyn. Badane próbki osadów ściekowych charakteryzowały się kwaśnym odczynem, przy czym osady wytwarzane w Sławatyczach w porównaniu z osadami wytwarzanymi w Łomazach charakteryzowały się niższą wartością pH. Należy podkreślić, że osady pochodzące z obu oczyszczalni nie powinny być stosowane na grunty kwaśne i silnie kwaśne. Odczyn substancji odpadowych jest, jak podkreśla Gondek [15], jedną z najważniejszych cech fizykochemicznych. W przypadku rolniczego wykorzystania osadów na etapie higienizacji powinny być one wzbogacone dodatkiem wapna.

Osady wytworzone w analizowanych oczyszczalniach charakteryzowały się zbliżonym stężeniem materii organicznej w suchej masie. Wskaźnik ten określa przydatność osadów ściekowych w przypadku ich rolniczego wykorzystania. Podkreśla się [6-9, 16], że osady wytwarzane z komunalnych ścieków mogą stanowić wartościowy nawóz rolniczy. Materia organiczna w nich zawarta poprawia zdolności sorpcyjne gleby [16], może być w glebie czynnikiem próchnicotwórczym [6, 7]. Osady ściekowe są także istotnym źródłem składników pokarmowych dla roślin, głównie azotu i fosforu [9, 17]. Oznaczone w suchej masie analizowanych osadów stężenia: azotu na poziomie około 5% i fosforu około 2% mieszczą się w zakresie wartości podawanych w źródłach literaturowych [2-4, 16]. Uzyskane wyniki potwierdzają doniesienia literaturowe o wysokiej przydatności komunalnych osadów ściekowych (w tym także wytwarzanych w gminnych oczyszczalniach) do rolniczego wykorzystania. W przypadku przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska [13], w osadach powinno być określone stężenie metali ciężkich. W ramach niniejszej pracy nie wykonywano takich analiz. W literaturze [2] podkreśla się, że w osadach powstających w gminnych oczyszczalniach ścieków nie są przekraczane normowane wartości metali ciężkich. Niezależnie jednak od miejsca wytwarzania komunalne osady ściekowe powinny być poddane badaniom mikrobiologicznym [13].

Na podstawie znajomości składu chemicznego osadów ściekowych, w tym stosunku C/N, można także określić najbardziej właściwy sposób ich zagospodarowania. W badanych osadach określono, że stosunek C/N nie przekracza wartości 10.

Sugeruje to, że osady te nie spełniają kryteriów dotyczących możliwości ich kompostowania. Bauman-Kaszubska i Sikorski [2] podkreślają, że najbardziej odpowiedni stosunek C/N przy wykorzystaniu osadów do kompostowania to: 25÷30. Zatem jako właściwy kierunek zagospodarowania osadów ściekowych wytwarzanych w oczyszczalniach podobnych do oczyszczalni funkcjonujących w Łomazach i Sławatyczach można wskazać ich rolnicze wykorzystanie bądź wykorzystanie osadów na cele rekultywacyjne. W obu przypadkach problemem może być nadmierna wilgotność osadów ściekowych i stężenie w wodach odciekowych związków biogennych, głównie azotu w formie nieorganicznych połączeń.

Spośród badanych związków biogennych w największych stężeniach w wodach odciekowych powstających z osadów ściekowych w obu oczyszczalniach występowały jony amonowe. W większości badanych próbek stężenie  $\text{NH}_4^+$  było na poziomie kilkuset  $\text{mg/dm}^3$ . W większych stężeniach jony amonowe występowały w odciekach z oczyszczalni w Łomazach niż ze Sławatycz. Natomiast odcieki z oczyszczalni w Sławatyczach były bardziej wzbogacone w jony azotanowe i jony fosforanowe w porównaniu z odciekami z oczyszczalni w Łomazach. Należy podkreślić, że zakres stężeń jonów amonowych i azotanowych w badanych odciekach mieści się w zakresie wartości cytowanych w literaturze (np. [11, 12]). W badaniach własnych w porównaniu z danymi literaturowymi oznaczono mniejsze stężenie fosforanów. Stężenie fosforanów w odciekach na poziomie  $1 \text{ mg/dm}^3$  i poniżej tej wartości jest wynikiem stosowanej w oczyszczalniach w Łomazach i Sławatyczach technologii chemicznego usuwania fosforanów ze ścieków, co w efekcie prowadzi do zmniejszenia ich stężenia.

W trosce o ochronę środowiska, ze względu na stężenie w wodach odciekowych związków biogennych (nieorganiczne połączenia azotu i fosforany), niezbędne jest zachowanie wszelkich wymogów ograniczających niekontrolowany odpływ odcieków do wód powierzchniowych. Oba pierwiastki (N i P) w formie nieorganicznych połączeń mogą powodować eutrofizację wód powierzchniowych. W większym stopniu za eutrofizację wód odpowiada fosfor niż azot. Ocenia się, że 1 kg P w sprzyjających warunkach może wyprodukować 1÷2 ton świeżej masy glonów, natomiast ten sam ładunek azotu wytwarza około 10-krotnie mniejszą masę glonów [18]. Ze względu na zdecydowanie większe w wodach odciekowych stężenia jonów amonowych i azotanowych niż fosforanów, w przypadku przedostania się do wód powierzchniowych badanych odcieków, większe zagrożenie stanowią związki azotu niż fosforu. Biorąc pod uwagę stężenie jonów amonowych i azotanowych w odciekach, można określić, że większe zagrożenie dla wód powierzchniowych stanowią odcieki z oczyszczalni ze Sławatycz niż z Łomaz. Gdyby odcieki powstałe z osadów wytworzonych w badanych oczyszczalniach w ciągu miesiąca odprowadzać do wód powierzchniowych, to ładunek związków biogennych (głównie związków azotu) w nich zawarty spowodowałby wytworzenie glonów w ilościach od około 0,3 tony (Łomazy) do 1 tony (Sławatycze).

Wytypowane do badań oczyszczalnie różniły się typem reaktora biochemicznego, co miało głównie wpływ na stopień wilgotności osadów ściekowych i skład chemiczny wód odciekowych. Wody odciekowe wytworzone z osadów w Sławatyczach

czach charakteryzowały się większym stężeniem azotanów i fosforanów w porównaniu z wodami odciekowymi powstającymi jako produkt uboczny w oczyszczalni w Łomazach. Ponadto oznaczono w nich niższe stężenie jonów amonowych. Może to świadczyć o lepszym natlenianiu ścieków w oczyszczalni w Sławatyczach niż w Łomazach. Rozkład materii organicznej w warunkach tlenowych zwiększa w wodach odciekowych stężenie azotanów i zmniejsza stężenie amoniaku. Na zależność pomiędzy stężeniem azotanów i amoniaku w wodach odciekowych a warunkami prowadzenia procesu rozkładu materii organicznej (warunki aerobowe i anaerobowe) zwraca uwagę m.in. Dąbrowski [19]. Warto także zauważyć, że wyniki pomiarów wskaźników chemicznych (jonów amonowych i azotanowych) w wodach odciekowych wytwarzanych w Sławatyczach cechowały się mniejszym współczynnikiem zmienności w porównaniu z wartościami uzyskanymi dla próbek pobranych w Łomazach. Może to świadczyć o bardziej stabilnej pracy tej oczyszczalni.

## Wnioski

1. Wskaźniki chemiczne produktów ubocznych wytwarzanych w gminnych oczyszczalniach ścieków zależą od typu reaktora biochemicznego stosowanego w oczyszczalniach. Osady ściekowe wytwarzane w oczyszczalni wyposażonej w reaktor biochemiczny typu „Hydrocentrum” w porównaniu z osadami wytwarzanymi w oczyszczalni wyposażonej w reaktor typu F300.P1.C. wykazują bardziej kwaśny odczyn oraz zawierają więcej suchej masy, a wody odciekowe są bardziej wzbogacone w azotany i fosforany.
2. Stężenie związków biogennych oraz materii organicznej w suchej masie analizowanych osadów ściekowych wskazuje na możliwość ich rolniczego wykorzystania. Ze względu jednak na wysoką zawartość wody w osadach ściekowych oraz wysokie stężenie związków biogennych w wodach odciekowych niezbędne jest odwodnienie osadów, poprzedzające ich przyrodnicze wykorzystanie.
3. Wyniki analizy statystycznej wybranych wskaźników fizyczno-chemicznych w analizowanych próbkach osadów ściekowych i wód odciekowych pozwoliły na ocenę stabilności pracy oczyszczalni; oczyszczalnia w Sławatyczach (wyposażona w reaktor biochemiczny typu „Hydrocentrum”) pracuje bardziej stabilnie niż oczyszczalnia w Łomazach (bazująca na reaktorze biochemicznym typu F300.P1.C.).

## Literatura

- [1] GUS - Główny Urząd Statystyczny, Ochrona Środowiska, Opracowania i informacje statystyczne, Warszawa 2013.
- [2] Bauman-Kaszubska H., Sikorski M., Charakterystyka ilościowa i jakościowa osadów ściekowych pochodzących z małych oczyszczalni ścieków w powiecie plockim, Inż. Ekol. 2011, 25, 21-29.

- [3] Królak E., Filipek K., Biardzka E., Comparative analysis of sewage sludge from two sewage treatment plants: in Mrozy and Siedlce (Mazowieckie Province), *Ochr. Środ. Zasob. Natural.* 2013, 24, 2, 57-61.
- [4] Nowak M., Kacprzak M., Grobelak A., Osady ściekowe jako substytut glebowy w procesach remediacji i rekultywacji terenów skażonych metalami ciężkimi, *Inż. i Ochr. Środ.* 2010, 13, 2, 121-131.
- [5] Piotrowska M., Wolna-Murawka A., Stan sanitarny osadów ściekowych pochodzących z wybranych oczyszczalni ścieków województwa wielkopolskiego, *Nauka Przyr. Technol.* 2010, 4, 6, 92-99.
- [6] Kazanowska J., Szaciło J., Analiza jakości osadów ściekowych oraz możliwości ich przyrodniczego wykorzystania, *Acta Agrophysica* 2012, 19, 2, 343-353.
- [7] Mazur Z., Mokra O., Wartość próchnicotwórcza i zawartość makroskładników w osadach ściekowych województwa warmińsko-mazurskiego, *Inż. Ekol.* 2011, 27, 131-135.
- [8] Singh R.P., Agrawal W., Potential benefits and risks of land application of sewage sludge, *Waste Management* 2008, 28, 2, 347-358
- [9] Szwedziak K., Charakterystyka osadów ściekowych i rolnicze wykorzystanie, *Inż. Ekol.* 2006, 4, 297-302.
- [10] Heidrich Z., Tiunajtis K., Ilość osadów pochodzących z wiejskich oczyszczalni ścieków i kierunki ich unieszkodliwiania, *Infr. Ekol. Ter. Wiej.* 2008, 5, 191-198.
- [11] Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., Koncepcja oczyszczania odcieków o wysokich stężeniach zanieczyszczeń metodą hydrofitową, [w:] *Nowe metody redukcji emisji zanieczyszczeń i wykorzystania produktów ubocznych oczyszczalni ścieków*, red. H. Obarska-Pempkowiak, L. Pawłowski, Monografia Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, Lublin 2009, 61, 4, 9-18.
- [12] Dąbrowski W., Charakterystyka odcieków z tlenowej przeróbki osadów komunalnych i przemysłowych oczyszczalniach województwa podlaskiego, *Inż. i Ochr. Środ.* 2010, 13, 1, 43-51.
- [13] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, *DzU* 2010, Nr 137, poz. 924.
- [14] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, *DzU* 2013, poz. 21.
- [15] Gondek K., Zawartość różnych form metali ciężkich w osadach ściekowych i kompostach, *Acta Agrophysica* 2006, 8, 4, 825-838.
- [16] Fijałkowski K., Kacprzak M., Wpływ dodatku osadów ściekowych na wybrane fizyczno-chemiczne i mikrobiologiczne parametry gleb zdegradowanych, *Inż. i Ochr. Środ.* 2009, 12, 2, 133-141.
- [17] Bauman-Kaszubska H., Sikorski M., Conditions of agricultural and natural use of sewage sludge in rural areas, *Inż. i Ochr. Środ.* 2014, 17,1, 105-115.
- [18] Wojciechowski I., *Ekologiczne podstawy kształtowania środowiska*, PWN, Warszawa 1987.
- [19] Dąbrowski W., A study of the digestion process of sewage sludge from a dairy wastewater treatment plant to determine the composition and load of reject water, *Water Practice & Technology* 2014, 9, 1.

### **Concentration of Biogenic Compounds in Sewage Sludge and Reject Waters Produced in the Municipal Wastewater Treatment Plants (Łomazy and Sławatycze)**

Sewage sludge produced in municipal wastewater treatment plants is characterized by high moisture, while its quality depends on the type of treatment plant. Municipal sewage sludge is considered to be a waste and a strong emphasis is put on managing waste in a way not posing a threat to the environment. In this study, chemical composition of unsettled sludge and reject waters produced in two municipal wastewater treatment plants, both



operating at a throughput of up to 300 m<sup>3</sup>/day, was analysed. The two plants, treating only municipal sewage, differed in the type of biochemical reactor. They are located in the area of Lublin voivodeship. Research showed that the sludge from both plants had an acidic reaction and contained more than 90% of water. Depending on the plant where the sludge was produced, the samples differed in pH values and the level of hydration. The concentration of organic matter, organic nitrogen and total phosphorus in the dry weight were alike in the samples taken from the two plants. On a dry weight basis, sewage sludge contained on average about 80% organic matter, more than 5% nitrogen and about 2% phosphorus. On the basis of calculated C/N ratio of the dry weight it was established that using the studied wastewater sludge in agriculture would be the most sustainable method of its management. The reject waters samples collected from the two wastewater treatment plants varied in the concentrations of ammonium, nitrate and phosphorus ions. Ammonium ions concentrations were the highest in the reject waters. The differences in nitrate and phosphorus concentrations noted in the samples collected from the two plants were statistically significant. All the aspects such as high moisture of sewage sludge, its acidic reaction and high nitrogen concentration in reject waters occurring in the form of inorganic compounds require appropriate methods of waste management safe for the environment. The results of the statistical analysis of the studied sludge samples allowed for the assessment of the reliability of the two wastewater treatment plants.

**Keywords:** chemical composition, sewage sludge, reject waters, nitrogen, phosphorus, organic carbon, acidity