

TECHNICZNE I EKONOMICZNE ROZWIĄZANIA GOSPODARKI OSADAMI W OCZYSZCZALNIACH KOMUNALNYCH

Natalia Pasterak¹, Bożena Maria Mrowiec¹

¹ Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, e-mail: nataliap@onet.pl; bmrowiec@ath.bielsko.pl

STRESZCZENIE

W pracy zaprezentowano porównanie prowadzonej gospodarki osadami ściekowymi w 6 oczyszczalniach ścieków komunalnych o RLM od 50 000 do 400 000. Dla prowadzonej oceny istotnymi zagadnieniami były ilość i jakość oczyszczanych ścieków, funkcjonujący ciąg technologiczny przeróbki osadów, ilość i jakość produkowanych osadów oraz ich ostateczne zagospodarowanie. Znaczącym elementem oceny było również działanie w zakresie wprowadzania nowoczesnych technologii w aspekcie ograniczenia składowania osadów.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, przeróbka osadów, gospodarka osadami, ilość i jakość osadów.

TECHNICAL AND ECONOMICAL SOLUTION IN SEWAGE SLUDGE MANAGEMENT OF THE MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS

ABSTRACT

The paper presents a comparison of realized wastewater sludge disposal processes in six municipal wastewater treatment plants with a pe of 50 000 to 400 000. For that evaluation, quantity and quality of raw wastewater, functioning line of sludge disposal, the quantity and quality of the produced sludge and their utilization were the important issues. A significant element of the assessment was also action in introducing modern technologies in the aspect of reducing the sludge storage.

Keywords: sewage sludge, sludge disposal, sludge management, quantity and quality of sludge.

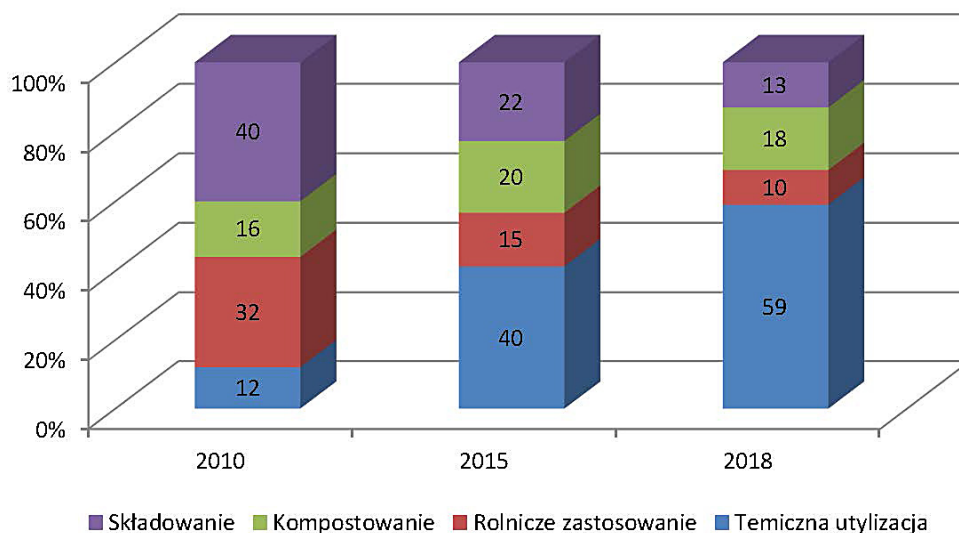
WPROWADZENIE

Wzrost wymagań dotyczących jakości ścieków odprowadzanych do środowiska naturalnego doprowadziło do zwiększenia ilości osadów powstających w trakcie ich oczyszczania. Sposób zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych podlega Ustawie z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach oraz innym rozporządzeniom odpowiednim dla ich sposobu powstawania i przeróbki. Ustawa o odpadach dostosowuje polskie prawo do szeregu aktów prawnych UE: Dyrektywy Rady 86/278/EWG z dnia 12 czerwca 1986 w sprawie ochrony środowiska, Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 w sprawie odpadów.

Zgodnie z założeniami Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych [Górski

i in., 2010] nastąpi wzrost wytwarzania osadów ściekowych. Prognozowana na 2015 r. ilość osadów ustabilizowanych, które powstaną w komunalnych oczyszczalniach ścieków wyniesie około 642,4 tys. ton s.m. Porównując prognozowaną ilość osadów ściekowych z ilością wytworzoną w 2001 r. – 397,2 tys. ton s.m. oznacza to wzrost ogólnej ilości osadów wymagających zagospodarowania o 62% w stosunku do roku bazowego. Od 2019 roku w Polsce będzie wytwarzanych ponad 700 tys. ton s.m. osadów ściekowych [Uchwała Rady Ministrów, 2010].

Zgodnie z założeniami Krajowego Planu Gospodarki Odpadami w celu zmniejszenia ilości i objętości osadów kierowanych na składowiska konieczne jest przede wszystkim wykorzystanie instalacji termicznego przekształcania odpadów [Bień i in., 2011]. Zagospodarowanie osadów



Rys. 1. Prognozy zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce [Bień i in., 2011]

Fig. 1. Forecasts of sewage sludge management in Poland [Bien et al., 2011]

ściekowych w Polsce oraz prognozy na lata 2015 i 2018 przedstawia rysunek 1.

Konieczność stosowania termicznego przekształcenia odpadów wynika również z wymogów Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu [Rozporządzenie Ministra Gospodarki, 2013]. Zgodnie z tym rozporządzeniem od 1 stycznia 2013 r. nastąpił całkowity zakaz składowania odpadów o parametrach przekraczających ustalone wartości graniczne, które przedstawiono w tabeli 1.

Podstawowe założone cele w gospodarce komunalnymi osadami ściekowymi do 2022 r. przedstawiają się następująco:

- ograniczenie składowania osadów ściekowych,
- zwiększenie ilości komunalnych osadów ściekowych przetwarzanych przed wprowadzeniem do środowiska oraz osadów przekształcanych metodami termicznymi,
- maksymalizacja stopnia wykorzystania substancji biogennych zawartych w osadach przy jednoczesnym spełnieniu wszystkich wymogów dotyczących bezpieczeństwa sanitarnego, chemicznego oraz środowiskowego [Uchwała Rady Ministrów, 2010].

Przeróbka i unieszkodliwienie osadów ściekowych powinno prowadzić do ekonomicznie uzasadnionego zmniejszenia masy i objętości oraz pozbawienia ich szkodliwego wpływu na środowisko naturalne.

Tabela 1. Kryteria osadów ściekowych, aby można było je składować na składowisku odpadów innych niż niebezpieczne

Table 1. Criteria for the sewage sludge to be able to be stored in a landfill for non-hazardous wastes

Parametr	Jednostka	Wartość graniczna
Ogólny węgiel organiczny	% s.m.	5
Strata przy prażeniu	% s.m.	8
Ciepło spalania	MJ/kg s.m.	6

OBIEKTY BADAŃ

Do analizy prowadzonej gospodarki osadami wybrano 6 oczyszczalniach ścieków komunalnych (obiekty 1 – 6) o wielkości charakteryzowanej przez RLM w zakresie od 50 000 do 400 000. Obiekty 1-5 funkcjonują na obszarze Polski południowej, natomiast obiekt 6 w części północnej kraju. Oczyszczalnie ścieków charakteryzują się technologią opartą o proces osadu czynnego z wysokoefektywnym usuwaniem substancji biogennych. Dla przeprowadzonej oceny istotnymi analizowanymi zagadnieniami były: ilość i jakość oczyszczanych ścieków, funkcjonujący ciąg technologiczny przeróbki osadów, ilość i jakość produkowanych osadów. W ocenie uwzględniono również aspekt ekonomiczny modernizacji oczyszczalni w celu dostosowania efektywności procesów oczyszczania ścieków i przeróbki osadów do aktualnie obowiązujących przepisów prawnych.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Analizowane oczyszczalnie ścieków prowadzą podobną gospodarkę osadową, jednak w pewnym sensie indywidualnie rozwiązały problem ostatecznego zagospodarowania osadów ściekowych. W tabeli 2 zaprezentowano rodzaj wytwarzanych surowych osadów ściekowych w analizowanych oczyszczalniach komunalnych, procesy technologiczne przeróbki osadów oraz sposób ich ostatecznego zagospodarowania.

W tabeli 3 zestawiono charakterystyczne parametry dla rozpatrywanej gospodarki osadami w poszczególnych oczyszczalniach ścieków.

Oczywistym stwierdzeniem jest, że im większa ilość mieszkańców korzystających z kanalizacji tym większa ilość ścieków jest oczyszczana w danym obiekcie, a tym samym większa masa powstających osadów ściekowych. Przykładem największej z rozpatrywanych oczyszczalni jest obiekt 6, obsługujący obszar o największym stopniu skanalizowania (96%). Oczyszczalnia ta obsługuje ponad 370 tys. mieszkańców, natomiast dla porównania oczyszczalnia obiekt 2 odbiera ścieki tylko od ponad 20 tys. mieszkańców. Obiekt 4 obsługuje ponad 200 tys. mieszkańców, a w pozostałych przypadkach – obiekty 1, 3 i 5 liczba mieszkańców korzystających z ka-

Tabela 2. Gospodarka osadowa w analizowanych oczyszczalniach komunalnych
Table 2. Sludge management in the analyzed wastewater treatment plants

Parametr	Oczyszczalnia					
	Obiekt 1	Obiekt 2	Obiekt 3	Obiekt 4	Obiekt 5	Obiekt 6
Rodzaj wytwarzanych osadów surowych	wstępne + wtórne	wtórne	wstępne + wtórne	wtórne	wstępne + wtórne	wstępne + wtórne
Procesy przeróbki osadów	zagęszczenie, fermentacja mezofilowa, odwadnianie mechaniczne	zagęszczenie, stabilizacja beztlenowa, odgazowanie, odwadnianie mechaniczne, higienizacja wapnem	zagęszczenie, fermentacja mezofilowa, odwadnianie mechaniczne	zagęszczenie, fermentacja mezofilowa (kofermentacja), odwadnianie mechaniczne	zagęszczenie, fermentacja mezofilowa, odwadnianie mechaniczne, suszenie	zagęszczenie, dezintegracja osadów nadmiernych, fermentacja mezofilowa, odwadnianie mechaniczne, suszenie, spalanie,
Zagospodarowanie osadów	odbiór przez firmę zewnętrzną	odbiór przez firmę zewnętrzną	odbiór przez firmę zewnętrzną	odbiór przez firmę zewnętrzną + kompostowanie	odbiór przez firmę zewnętrzną	składowanie popiołu na terenie oczyszczalni

Tabela 3. Charakterystyka funkcjonowania poszczególnych oczyszczalni ścieków
Table 3. Characteristics of the functioning the wastewater treatment plants

Parametr	Oczyszczalnia					
	Obiekt 1	Obiekt 2	Obiekt 3	Obiekt 4	Obiekt 5	Obiekt 6
Liczba mieszkańców korzystająca z sieci kanalizacyjnej	38 554 (81%)	24 184 (69%)	35 658 (91,3%)	210 083 (94%)	42 500 (82%)	370 025 (96%)
RLM	50 300	64 400	57 333	200 000	153 333	400 000
Przepustowość oczyszczalni $Q_{\text{śrd}}$ [m ³ /d]	20 000	8500	8600	93 000	42 000	55 000
Ilość oczyszczanych ścieków [m ³ /rok]	6 025 938	3 632 177	3 361 488	19 959 382	7 610 267	20 543 660
Koszt oczyszczania 1 m ³ ścieków [zł]	4,05	nie udostępniono	nie udostępniono	nie udostępniono	3,66	1,73
Cena oczyszczania 1 m ³ ścieków [zł]	6,69	7,62	5,67	4,47	5,99	4,79
Koszty modernizacji oczyszczalni [mln zł]	88	67	72,8	102	126	244
Masa wytwarzanych osadów [ton s.m./rok]	560	630	1096	2730	1030	6140
Sucha masa osadów po procesach przeróbki [%]	19	18,5	20	24	90	–
Produkcja biogazu [m ³ /rok]	195 250	–	582 078	1 262 105	830 182	2 797 588
Koszt przeróbki osadów [zł/t]	brak wyceny	brak wyceny	brak wyceny	100–200	brak wyceny	45

nalizacji jest zbliżona, w przedziale 35,5 – 42,5 tys. mieszkańców.

Największy wskaźnik obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń odnotowano dla największego obiektu 6, najmniejszy natomiast dla obiektu 1, co odzwierciedla jakość dopływających do oczyszczalni ścieków. W obiekcie 1 dominują głównie ścieki bytowe, gdyż zakłady przemysłowe odprowadzające znaczne ładunki zanieczyszczeń w ściekach zostały praktycznie zlikwidowane. Wyznaczony ładunek najistotniejszych zanieczyszczeń dla rozważanych oczyszczalni przedstawia tabela 4.

Ładunek zanieczyszczeń organicznych, jako BZT_5 doprowadzany do oczyszczalni w ciągu doby jest największy w przypadku obiektu 4, wynoszący 26 642 [kg O_2 /d], najmniejszy natomiast dla obiektu 1 – 1335 [kg O_2 /d]. Dla ładunku zanieczyszczeń organicznych określanych na podstawie ChZT, wartość tego parametru największa jest w przypadku obiektu 6 – 63 556 [kg O_2 /d], a najmniejsza ponownie dla obiektu 1. Podobnie sytuacja przedstawia się w przypadku ładunku zawiesiny, azotu ogólnego i fosforu ogólnego, gdzie najmniejsze wartości tych parametrów w dopływających ściekach występują dla obiektu 1, a największe dla obiektu 6.

Najwięcej ścieków dopływa do obiektu 6, pomimo tego, że średni dobowy przepływ ścieków nie jest największy, wynosi 55 000 [m^3 /d], a oczyszczalnią o największej przepustowości jest obiekt 4, gdzie zakładany średni przepływ ścieków wynosi 93 000 [m^3 /d]. Przepustowość pozostałych oczyszczalni jest znacznie mniejsza, np. dla obiektu 2 to wartość tylko 8 500 [m^3 /d]. Ilość ścieków poddawanych oczyszczaniu w rozpatrywanych oczyszczalniach mieści się w zakresie od ponad 3 mln [m^3 /rok] w obiekcie 3 do ponad 20 mln [m^3 /rok] w obiekcie 6.

O ile nakłady inwestycyjne w zakresie remontu i modernizacji dla poszczególnych technologii oczyszczania ścieków są na ogół dostępne to koszty eksploatacyjne stanowią tajemnicę

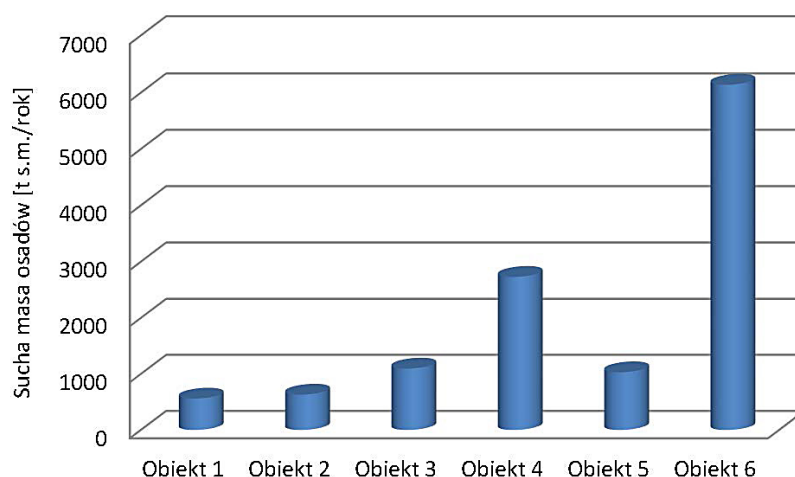
oczyszczalni, bądź jak w przypadku technologii przeróbki osadów nie są prowadzone odrębne kosztorysy. W tabeli 3 przedstawiono cenę za odprowadzanie 1 m^3 ścieków, jaką płać korzystający z usług kanalizacyjnych. Najwyższa stawka obowiązuje mieszkańców należących do zlewni obiektu 2 – ponad 7 zł/ m^3 ścieków, najniższa natomiast w przypadku obiektu 4, wynosząca 4,47 zł/ m^3 . Takie zróżnicowanie spowodowane może być m.in. tym, iż oczyszczalnia – obiekt 2 nie wykorzystuje produkowanego biogazu do zmniejszenia kosztów eksploatacyjnych oczyszczalni. W przypadku obiektu 4 powstały biogaz wykorzystywany jest do produkcji energii elektrycznej oraz energii cieplnej dla potrzeb technologicznych, co znacząco obniża koszty eksploatacyjne.

W typowej oczyszczalni ścieków (przepływ 10 000 m^3 /d), z biologicznym usuwaniem związków biogenych uzyskuje się dziennie ok. 2730 $kg_{s.m.}$ osadu w postaci 273 m^3 . Stosowanie strącania chemicznego może zwiększyć ilość osadu do 3400 $kg_{s.m.}$ /d. Rocznie daje to ponad 1200 ton s.m. W rozpatrywanych oczyszczalniach o mniejszym przepływie niż 10 000 m^3 /d, a więc w obiektach 2 oraz 3 ilości powstałego osadu są niższe niż wskazana wartość przeciętna. Oczyszczalnia ścieków (obiekt 1) obecnie jest w trakcie modernizacji w celu zmniejszenia przepustowości oraz dostosowania do aktualnych wielkości przepływu ścieków i produkcji osadów. W tym obiekcie roczna ilość wytwarzanych osadów to tylko 560 ton $_{s.m.}$ /rok. Pozostałe obiekty (4, 5 i 6) to czyszczalnie o większym przepływie ścieków, stąd uzyskują również produkcję osadów większą w porównaniu z wartością przeciętną. Masę wytworzonych osadów ściekowych w ciągu roku na omawianych obiektach przedstawiono na rysunku 2.

Różnice w wielkości oczyszczalni, a więc przede wszystkim liczba mieszkańców korzystających z sieci kanalizacyjnej z uwzględnieniem ścieków przemysłowych wpływa na bilans ścieków oraz osadów. W celu porównania efektywności realizowanych procesów technologicz-

Tabela 4. Ładunek zanieczyszczeń w ściekach surowych
Table 4. The load of pollutants in raw sewage

Ładunek zanieczyszczeń	Obiekt 1	Obiekt 2	Obiekt 3	Obiekt 4	Obiekt 5	Obiekt 6
BZT_5 [kg O_2 /d]	1335	5983	3265	26 642	5934	24 275
ChZT [kg O_2 /d]	2891	12 309	5925	48 540	13 644	63 556
Azot og. [kg N/d]	359	691	374	2648	1449	5077
Fosfor og. [kg P/d]	35	133	58	541	190	652
Zawiesina [kg/d]	1704	6029	3443	36 110	9026	26 386



Rys. 2. Sucha masa osadów produkowanych w oczyszczalniach
Fig. 2. The dry mass of the sewage sludge produced in the WWPT

nych w tabeli 5 przedstawiono charakterystyczne wskaźniki w odniesieniu do jednego mieszkańca korzystającego z usług kanalizacyjnych oraz w przeliczeniu na 1 m³ oczyszczanych ścieków.

Najwięcej ścieków przypadających na jednego mieszkańca w ciągu roku dopływa do obiektu 5 i wynosi 179 m³/MR·rok. Najmniej natomiast ścieków doprowadzanych jest do obiektu 6 i jest to wartość 55 m³/MR·rok. W przypadku pozostałych obiektów widoczne są podobieństwa w ilości ścieków przypadających na jednego mieszkańca równoważnego, tj. dla obiektu 1 i 2 wartość ta wynosi 150 m³/MR·rok. W dwóch pozostałych (obiekty 3 i 4) wynosi 95 m³/MR·rok. Według normy zużycia wody w Polsce zgodnie Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody [Rozporządzenie Ministra Infrastruktury, 2002], średnia ilość ścieków przypadająca na jednego mieszkańca wynosi 65 m³/MR·rok. Oznacza to, że prawie we wszystkich analizowanych oczyszczalniach, ilość doprowadzanych ścieków przewyższa wartości określone przez normę. Spowodowane poniekąd jest to

rozcieńczeniem wynikającym z nieszczelności sieci kanalizacyjnej w trakcie opadów deszczów oraz doprowadzeniem ścieków przemysłowych. Rozpatrywane obiekty są oczyszczalniami zasilanymi z kanalizacji ogólnospławnej, dlatego też opady atmosferyczne mogą mieć istotny wpływ na ilość ścieków dopływających do oczyszczalni. Jedynie w przypadku obiektu 6 uzyskano wartość poniżej przeciętnej. Być może spowodowane jest to zawyżoną liczbą mieszkańców obsługiwanych przez daną oczyszczalnię.

Najwięcej osadów w przeliczeniu na 1 m³ powstaje w obiekcie 3 – 0,34 kg_{s.m.}/m³, natomiast najmniej wydzielanych osadów jest w obiekcie 1 – 0,1 kg_{s.m.}/m³. Według Mikscha i Sikory [2010] w Polsce średnia ilość osadów powstających z jednego metra sześciennego oczyszczanych ścieków wynosi 0,247 kg_{s.m.}/m³. Oznacza to iż, na omawianych oczyszczalniach ścieków wartości tego parametru oscylują wokół wartości przeciętnej. Masa powstających osadów w przeliczeniu na 1 m³ przewyższa wartość podaną w literaturze w przypadku obiektów 3 oraz 6, które wynoszą odpowiednio 0,34 oraz 0,30 kg_{s.m.}/m³. W pozosta-

Tabela 5. Charakterystyczne wskaźniki pracy oczyszczalni ścieków
Table 5. Specific indicators of the WWPT

Parametr	Objekt 1	Objekt 2	Objekt 3	Objekt 4	Objekt 5	Objekt 6
Ilość ścieków na 1 mieszkańca [m ³ /MR x rok]	156	150	94	95	179	55
Masa osadów wytwarzana z 1 m ³ ścieków [kg _{s.m.} /m ³]	0,10	0,17	0,34	0,14	0,13	0,30
Ilość wytwarzanego biogazu z 1 m ³ ścieków [m ³ /m ³]	0,03	–	0,17	0,06	0,11	0,13
Produkcja biogazu z osadów [m ³ /kg _{s.m.}]	0,35	–	0,53	0,46	0,80	0,46

łych obiektach wartości te są niższe od przeciętnej. Wartości tego parametru w analizowanych oczyszczalniach przedstawiono na rysunku 3.

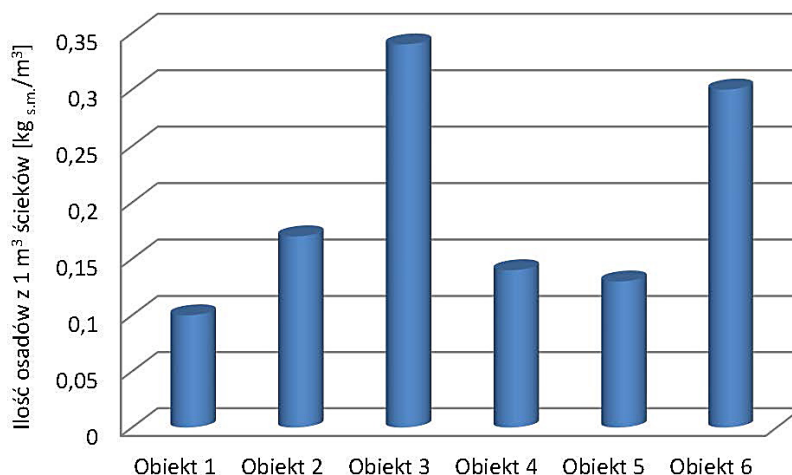
Masę produkowanych osadów określa się również w odniesieniu do jednego mieszkańca równoważnego. Największa wartość tego parametru występuje w obiekcie 3 i wynosi $150 \text{ kg}_{\text{s.m.}}/\text{MR}$, natomiast najmniej osadu powstaje w obiekcie 4 – $55 \text{ kg}_{\text{s.m.}}/\text{MR}$. Najmniejsza ilość powstających osadów w obiekcie 4 spowodowana jest brakiem w procesie technologicznym oczyszczania ścieków osadników wstępnych i wydzielanych osadów wstępnych. Na tej oczyszczalni wydzielane są tylko osady wtórne. Podobna sytuacja ma miejsce w obiekcie 2. W pozostałych przypadkach wydzielane są osady wstępne i wtórne. Ilość osadów powstająca w oczyszczalni zależy od składu ścieków, sposobu i stopnia ich oczyszczania, od stopnia rozkładu substancji organicznych w procesie stabilizacji osadów, a także od efektywności pozostałych procesów przeróbki osadów. W związku z czym trudno jednoznacznie ocenić i porównać ilości powstających osadów w analizowanych oczyszczalniach z danymi literaturowymi.

W obiekcie 3 z 1 m^3 ścieków średnio rocznie otrzymuje się $0,17 \text{ m}^3$ biogazu. Najmniej biogazu w odniesieniu do 1 m^3 ścieków powstaje w obiekcie 1 – $0,03 \text{ m}^3$. W przypadku obiektu 4 do komory fermentacyjnej doprowadzane są osady wtórne oraz dodatkowo osady z zewnątrz, jak osady z przetwórstwa mięsnego, przeterminowane produkty spożywcze czy tłuszcze i mieszaniny olejów z separatorów. Pomimo realizacji kofermentacji przeciętna produkcja biogazu jest mniejsza niż w obiekcie 3. W pozostałych oczyszczalniach

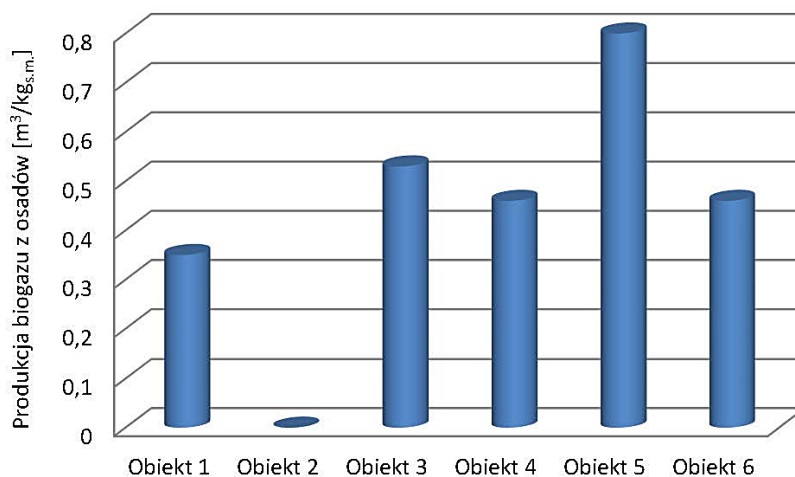
poza obiektem 4 proces fermentacji prowadzony jest dla osadów mieszanych (wstępnych + wtórnych), co ma znaczący wpływ na ilość powstającego biogazu. Wielkość produkcji biogazu nie została określona dla obiektu 2 ze względu na realizowaną beztlenową stabilizację osadów w otwartych komorach fermentacyjnych.

Jak podaje Cebula [2008] przeciętnie z 1 m^3 osadu (4–5% suchej masy) można uzyskać 10–20 m^3 biogazu. Z 1 kg suchej masy osadów uzyskuje się średnio 0,21 – 0,35 m^3 biogazu. Według Heidricha i in. [2010] natomiast z 1 kg s.m. osadów można uzyskać nawet 0,878–1,02 m^3 biogazu. Biorąc pod uwagę dane podane przez Cebulę [2008], wartość tego parametru dla poszczególnych oczyszczalni przekracza wartość przeciętną. Największe ilości biogazu z 1 kg s.m. osadu uzyskuje się w obiekcie 3, tj. $0,53 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{s.m.}}$, a najmniejsze w przypadku obiektu 1 – $0,35 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{s.m.}}$. Porównując wartość podaną przez Heidricha i in. [2010], żadna z analizowanych oczyszczalni dla omawianego wskaźnika, nie uzyskała takich wartości. Dla zobrazowania wartości produkcji biogazu z osadów przedstawiono na rysunku 4.

Największe ilości biogazu powstają w obiekcie 6, rzędu 2,8 mln m^3/rok . Najmniejsze uzyskuje się natomiast w obiekcie 1 około 200 tys. m^3/rok . Jest to oczywiście związane bezpośrednio z wielkością oczyszczalni i ilością fermentowanych osadów. Zauważyć można jednak, że wskaźniki produkcji biogazu poza obiektem 5 ($0,80 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{s.m.}}$) nie wykazują istotnych różnic, mieszczą się w zakresie od 0,35 do $0,53 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{s.m.}}$, nawet pomimo realizacji kofermentacji (obiekt 4) czy stosowania dezintegracji osadu wtórnego (obiekt 6). Największy wskaźnik produkcji bio-



Rys. 3. Masa osadów produkowana z 1 m^3 oczyszczanych ścieków
Fig. 3. The mass of sludge produced from 1 m^3 of treated wastewater



Rys. 4. Roczna produkcja biogazu w oczyszczalniach ścieków

Fig. 4. The annual biogas production in the WWTP

gazu, który określono dla obiektu 5 na poziomie $0,80 \text{ m}^3/\text{kg}_{\text{s.m.}}$ wynikać może ze specyfiki rodzaju i zawartości związków organicznych w oczyszczanych ściekach. W przypadku analizowanych oczyszczalni ścieków (oprócz obiektu 2) wytwarzany biogaz wykorzystywany jest jako energia elektryczna i cieplna na potrzeby własne oczyszczalni oraz nadmiar odsprzedawany zakładom energetycznym. Rysunek 5 przedstawia wartości średnioroczne wyprodukowanego biogazu na rozpatrywanych oczyszczalniach ścieków.

Analiza gospodarki osadowej w wybranych obiektach pozwala na stwierdzenie, że wytwarzane osady są głównie stabilizowane beztlenowo i zagospodarowywane przyrodniczo przez firmy zewnętrzne. Skład chemiczny osadów stabilizowanych pozwala na ich przyrodnicze wykorzystanie. W przypadku mniejszych oczyszczalni (obiekty 1–3) nie podjęto działań w kwestii zmiany sposobu ostatecznego unieszkodliwienia osadów. W przypadku większych oczyszczalni (obiekty 4–6) przyrodnicze zagospodarowanie osadów nie rozwiązuje problemu zagospodarowania osadów. W związku z tym w obiektach tych podjęto działania związane z efektywniejszym wykorzystaniem potencjału energetycznego osadów ściekowych. Takie działania wymuszają jednak poniesienie dość znacznych kosztów inwestycyjnych w zakresie stosowania dodatkowych operacji i procesów przeróbki. Koszty związane z modernizacją omawianych obiektów, w tym w zakresie gospodarki osadami przedstawiono w tabeli 3. Wykorzystanie potencjału energetycznego osadów ściekowych staje się obecnie głównym kierunkiem racjonalnej utylizacji tego rodzaju odpadów w dużych oczyszczalniach ścieków.

PODSUMOWANIE

Największą z rozpatrywanych oczyszczalni, a co za tym idzie największą ilość osadów do zagospodarowania ma obiekt 6. Masa osadów stanowi 23 600 ton s.m. rocznie. Zagospodarowanie takich ilości osadów byłoby trudne przez lokalne cementownie czy elektrownie. Założenie przyrodniczego zagospodarowania osadów ściekowych spowodowałoby zapotrzebowanie na dużą powierzchnię terenu. Dlatego najwłaściwszą metodą zagospodarowania tak dużych ilości osadów stała się budowa suszarni i spalarni z jednoczesnym wykorzystaniem uzyskiwanej energii ze spalania osadów oraz produkowanego biogazu do operacji technologicznych. Inwestycje w realizację termicznych metod przeróbki osadów ściekowych poczyniono również w przypadku obiektu 5, co umożliwiło zagospodarowanie osadu jako paliwa alternatywnego. Mniejsze obiekty niejednokrotnie nadal borykają się z problemem ostatecznego zagospodarowania osadów, a rozwiązanie jako tzw. „odbiór przez firmy zewnętrzne” może być krótkoterminowe. Główne, przyrodnicze zagospodarowanie osadów ściekowych staje się coraz bardziej ograniczone względami prawnymi i możliwościami praktycznymi. Sądzić można zatem, że efektywność technologii przeróbki i zagospodarowania osadów ściekowych wiąże się nieuchronnie z inwestycjami w procesy termicznego przekształcania, a więc budowy nowoczesnych i ekonomicznych suszarni i spalarni osadów. Rozwiązania takie umożliwią racjonalne zagospodarowanie osadów z wykorzystaniem potencjału energetycznego w nich zawartego.

LITERATURA

1. Bień J., Neczaj E., Worwąg M., Grosser A., Nowak D., Milczarek M., Janik M., 2011. Kierunki zagospodarowania osadów w Polsce po roku 2013. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 4, 375–384.
2. Cebula J. Mat. X Sympozjum „Podstawy proekologiczne u progu XXI wieku, Biogaz - odnawialne źródło energii”, Sułów k/Milicza, 27 września 2008.
3. Górski M., Gromiec M., Jaroszyński T., Jodłowski A., Królikowski A., Łomotowski J., Poskrobko B. Poradnik dotyczący gospodarki ściekowej w kontekście wykonania Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Warszawa 2010.
4. Heidrich Z., Podedworna J., Bień J., Gromiec M., Zielewicz E., Pająk T., Sobczyk R. Kierunki przeróbki i zagospodarowania osadów ściekowych, Wydawnictwo Seidel – Przywecki Sp.z o.o., Piaseczno 2010.
5. Miksch K., Sikora J. *Biotechnologia ścieków*, PWN, Warszawa 2010.
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 stycznia 2013 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu (Dz.U. 2013 Nr 0 poz. 38).
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody (Dz. U. Nr 8, poz. 70).
8. Uchwała Nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r. w sprawie „Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2014» (M.P. 2010 nr 101 poz. 1183).