

Joanna RYSCHKA*

ANALIZA PROCESU BIOLOGICZNEGO OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W WARUNKACH ICH NIERÓWNOMIERNEGO DOPIYU I ZRÓŻNICOWANEGO SKŁADU NA WYBRANYM PRZYKŁADZIE

W niniejszej pracy przedstawiono charakterystykę gminnej oczyszczalni ścieków oraz jej funkcjonowanie w początkowym okresie eksploatacji na przykładzie oczyszczalni ścieków w Łambinowicach. Opisano budowę oraz funkcjonowanie obiektu po modernizacji. Porównano rzeczywiste wartości skuteczności eliminacji zanieczyszczeń z założeniami projektowymi. Przedstawiono nierównomierność dopływu ścieków do oczyszczalni oraz zawartość tlenu rozpuszczonego w komorach napowietrzania. Porównano wartości średniego i maksymalnego dobowego dopływu ścieków z wartościami założonymi do obliczeń projektowych. Przeprowadzona analiza pracy oczyszczalni potwierdziła specyfikę funkcjonowania małych systemów kanalizacyjnych aglomeracji wiejskich, czyli dużą nierównomierność dopływu ścieków i znaczną zmienność ich składu.

1. WSTĘP

Jedną z najczęściej stosowanych metod biologicznego oczyszczania ścieków jest metoda osadu czynnego. Oczyszczanie ścieków tą metodą zachodzi poprzez mineralizację zanieczyszczeń organicznych zawartych w ściekach za pośrednictwem mikroorganizmów wchodzących w skład osadu czynnego. Klasyczny osad czynny ma postać kłaczkowatej zawiesiny złożonej głównie z bakterii, pierwotniaków i innych organizmów.

Oczyszczalnie wykorzystujące technologię osadu czynnego są eksploatowane w dużych aglomeracjach, a także w wiejskich jednostkach osadniczych. Oczyszczal-

* Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny, Katedra Techniki Ciepłej i Aparatury Przemysłowej, ul. St. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole

nie ścieków na terenach wiejskich powinny charakteryzować się prostotą i niezawodnością działania.

Przykładem nowoczesnego zastosowania technologii oczyszczania metodą osadu czynnego jest oczyszczalnia typu ECOLO-CHIEF, której efektywność działania opisano na przykładzie funkcjonującej tego typu oczyszczalni w gminie Kobiele Wielkie. Oczyszczalnia ta jest mechaniczno-biologiczną oczyszczalnią o przepustowości $Q_{dsr} = 120 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Do oczyszczalni dopływają ścieki bytowe, które dopływają zarówno systemem kanalizacyjnym oraz są dowożone wozami asenizacyjnymi. Ścieki są tłoczone z pompowni do studzienki rozprężnej, a następnie płyną grawitacyjnie do osadnika wstępnego. Powstający na powierzchni kożuch poprzez utrudnienie odpływu gazów fermentacyjnych i odcięcie dopływu tlenu zapobiega nadmiernemu wydzieleniu zapachów. Następnie ścieki płyną do komory anoksydacyjnej gdzie zachodzi proces denitryfikacji. W komorze tej następuje wymieszanie ścieków dopływających z osadnika wstępnego ze ściekami i zawieszoną osadą recyrkulowanymi z komory napowietrzania. Główny proces oczyszczania zachodzi w komorach osadu czynnego napowietrzanych sprężonym powietrzem. W komorach tych następuje utlenianie związków organicznych oraz azotu. Do ostatniej komory napowietrzania może być dodawany opcjonalnie roztwór siarczynu żelazowego. Osad nadmierny jest transportowany do tlenowej komory stabilizacji osadu i poddawany okresowemu odwodnieniu w filtrze workowym. Po sedymentacji osadu w osadniku wtórnym ścieki poprzez przelewy powierzchniowe i komorę pomiarową płyną następnie kanałem grawitacyjnym do odbiornika. Zastosowana technologia oczyszczania to pełne mechaniczno-biologiczne oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego z tlenową stabilizacją osadu nadmiernego z jednoczesnym usuwaniem związków biogenych. Efektywność usuwania zanieczyszczeń w analizowanej oczyszczalni przekracza 95% [12].

Innym przykładem nowoczesnej oczyszczalni pracującej w technologii osadu czynnego jest oczyszczalnia typu BIO-PAK. Efektywność tej technologii przedstawiono na przykładzie oczyszczalni funkcjonującej w gminie Żytno. Ścieki bytowe są dostarczane z systemu kanalizacyjnego oraz są dowożone ze zbiorników bezodpływowych wozami asenizacyjnymi. Średnia ilość dopływających ścieków wynosi $150 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Ścieki dopływają grawitacyjnie do pompowni, następnie przepływają przez sito. Oczyszczanie ścieków w oczyszczalni typu BIO-PAK prowadzone jest przy zastosowaniu technologii niskoobciążonego osadu czynnego. W analizowanej oczyszczalni zanotowano wysoki efekt oczyszczania dla BZT₅, który wynosi 93,6%, natomiast dla zawiesiny ogólnej 93,5% [12].

Oczyszczalnia w gminie Kodrąb jest mechaniczno-biologiczną oczyszczalnią o przepustowości $200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. W początkowym okresie pracy oczyszczalnia funkcjonowała jedynie przy ściekach dowożonych. W okresie, w którym analizowano pracę oczyszczalni dostarczane były do niej ścieki z gospodarstw domowych objętych zasięgiem pierwszego etapu budowy kanalizacji. Średni dobowy dopływ do oczyszczalni wynosi $165 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Mechaniczne oczyszczanie ścieków następuje na kracie koszo-

wej oraz w piaskowniku. Następnie ścieki tłoczone są do koryta rozdziału ścieków, z którego część przepływa do komory retencyjnej, natomiast część płynie do biologicznej części oczyszczalni - komory anaerobowej. Do komór denitryfikacji zwracany jest osad wydzielany w osadnikach oraz część zawartości komory nitryfikacji. Oczyszczone ścieki płyną grawitacyjnie poprzez wylot do rowu otwartego. W tego typu oczyszczalni stopień zmniejszania BZT₅, ChZT oraz zawiesiny ogólnej mieści się w granicach 95–98% [12].

Przy projektowaniu wiejskich oczyszczalni ścieków podstawowym problemem jest prawidłowe ustalenie ilości dopływających ścieków, a także ładunku zanieczyszczeń. Najczęściej ilość ścieków ustala się na podstawie zużycia wody. Jednak woda używana jest na różne cele, z których nie zawsze trafia do kanalizacji. Bardzo często na etapie projektowania zakłada się ilości ścieków dla maksymalnego skanalizowania terenu. Przez takie działania dochodzi do sytuacji, w których tak projektowane oczyszczalnie nie osiągają założonej wydajności przez długi okres czasu, często jest to nawet kilkanaście lat. Funkcjonowanie takich oczyszczalni staje się kosztowne i energochłonne.

W oczyszczalniach wiejskich problemem są również nierównomierności dopływu oraz zmiany stężenia zanieczyszczeń w ściekach. Wskutek tego w oczyszczalniach opartych o metodę osadu czynnego może nastąpić pogorszenie jakości odpływu. W takich warunkach warto zastosować reaktory SBR, które charakteryzują się pracą cykliczną. W pracy [5] przedstawiono efektywność małych oczyszczalni ścieków pracujących w oparciu o tę technologię osadu czynnego, znajdujących się na terenie gminy Narewka. W analizowanej gminie działają trzy mechaniczno-biologiczne oczyszczalnie ścieków, z których każda wyposażona jest w punkt zlewny umożliwiający przyjmowanie ścieków dowożonych taborem asenizacyjnym. Wyniki badań potwierdziły zróżnicowanie jakości dopływających ścieków. Dodatkowo wartości stężeń zanieczyszczeń w ściekach surowych dla wszystkich trzech obiektów nie pokrywały się z wartościami projektowymi. Różnice zanotowano również w założonych i uzyskanych efektach oczyszczania poszczególnych zanieczyszczeń. W poszczególnych latach zanotowano różne efekty oczyszczania, z tendencją wzrostową efektywności oczyszczania dla ostatnich dwóch lat okresu badawczego [5]. Proces oczyszczania ścieków w sekwencyjnych reaktorach biologicznych przedstawiono również w pracy [1] na przykładzie oczyszczalni ścieków w Człuchowie. Oczyszczalnia jest mechaniczno-biologiczną oczyszczalnią po wielokrotnej modernizacji, której biologiczny stopień oczyszczania realizowany jest w reaktorach SBR. Pracę oczyszczalni w początkowej fazie po modernizacji analizowali Heidrich i Witkowski [6], którzy zanotowali zmniejszenie ilości oczyszczanych ścieków. Zalecali także aby proces oczyszczania przeprowadzać w jednym reaktorze SBR. Analiza pracy oczyszczalni przedstawiona przez Anielak i in. wykazała, że wszystkie wartości przebadanych wskaźników zanieczyszczeń są poniżej poziomu określonego jako dopuszczalny. Charakteryzują się o 12,5% większym BZT₅, o 47% większą zawartością zawiesiny

i o 24% większą zawartością fosforu ogólnego. Dodatkowo stwierdzono, że oczyszczalnia jest przewymiarowana, a ładunek dopływających ścieków wynosi 41–66% wartości obciążenia nominalnego [1].

Analizę pracy reaktorów SBR przedstawiono również w pracy [9], w której przeanalizowano problemy z funkcjonowaniem oraz ocenę skuteczności usuwania zanieczyszczeń w trzech gminnych oczyszczalniach ścieków typu BIOVAC. Oczyszczalnie znajdują się w miejscowościach Adamów, Baranów i Urzędów i dopływają do nich ścieki z terenów skanalizowanych oraz są dowożone taborem asenizacyjnym. Skuteczność usuwania zanieczyszczeń we wszystkich trzech oczyszczalniach oceniono na wysokim poziomie zazwyczaj powyżej 90%. Średnie wartości usuwania zawiesiny ogólnej wynosiły od 86,5 do 93,5%. Średnie efekty usuwania BZT₅ wynosiły od 94 do 99,3% natomiast ChZT_{Cr} od 91,8 do 97,1%. Wyniki te potwierdziły przydatność reaktorów SBR w zastosowaniu na terenach wiejskich [9]. Analiza pracy oczyszczalni typu BIOVAC przedstawiona w pracy [8] potwierdza wysoką efektywność redukcji zanieczyszczeń organicznych w tego typu oczyszczalniach.

Jedną z modyfikacji technologii osadu czynnego jest proces A2/O, którego ocenę przedstawiono w pracy [13]. Ocenę wykonano na podstawie wyznaczonych parametrów pracy obiektu wliczając skuteczność oczyszczania zanieczyszczeń organicznych oraz zawiesiny ogólnej. Do oczyszczalni dopływają ścieki ze wschodniej części gminy, natomiast ścieki z terenów nieskanalizowanych dowożone są taborem asenizacyjnym. W analizowanym okresie eksploatacyjnym średnia skuteczność usuwania związków organicznych wynosiła powyżej 93%, natomiast skuteczność usuwania zawiesiny ogólnej wahała się w zakresie od 83,5% do 99,5% a wartość średnia wynosiła 96,4% [13].

Do oczyszczalni pracujących w technologii osadu czynnego można zaliczyć oczyszczalnię typu BOS, charakteryzującą się przedłużonym czasem napowietrzania. Jedną z modyfikacji tego typu oczyszczalni jest oczyszczalnia SUPERBOS 200, której analizę przedstawił Chmielowski [3]. Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia typu SUPERBOS 200 położona jest w miejscowości Szczerców. Analiza jakości ścieków surowych i oczyszczonych wykazała wysoką skuteczność usuwania zanieczyszczeń, która wynosiła odpowiednio 95,6% dla BZT₅, 85,7% dla ChZT_{Cr} oraz 94,8% dla zawiesiny ogólnej. Uzyskane wyniki potwierdzają wysoką skuteczność usuwania zanieczyszczeń w zablokowanych biologicznych oczyszczalniach ścieków [3].

Oczyszczalnie ścieków wykorzystujące technologię osadu czynnego borykają się z różnego rodzaju problemami eksploatacyjnymi. Głównym problemem jest pęcznienie osadu spowodowane nadmiernym rozwojem bakterii nitkowatych. Aby uniknąć tego problemu opracowano technologię granulowanego osadu czynnego. W pracy [4] przedstawiono technologiczne rozwiązanie z granulowanym osadem czynnym wykorzystujące reaktory sekwencyjne. W granulach osadu czynnego jednoczesne usuwanie związków węgla i biogenych zachodzi w strefie tlenowej i anoksycznej. Osad granulowany charakteryzuje się bardzo dobrym czasem sedymentacji, dlatego korzystne

staje się wykorzystanie tej technologii w reaktorach sekwencyjnych. W porównaniu do reaktorów sekwencyjnych opartych o konwencjonalną metodę osadu czynnego reaktory z osadem granulowanym pracują w ograniczonej liczbie faz, do których zaliczono napełnianie, napowietrzanie, sedymentację i odprowadzanie ścieków. Dzięki zastosowaniu technologii granulowanego osadu czynnego uzyskano 75% mniejszą powierzchnię oraz 25–35% mniejsze zużycie energii, a także niższe koszty budowy i eksploatacji w porównaniu do reaktorów SBR z klasycznym osadem czynnym. Docelowo technologia ta została opracowana do oczyszczania ścieków przemysłowych, ale można ją również z powodzeniem stosować w celu oczyszczania ścieków komunalnych [4].

W małych miejscowościach charakteryzujących się bardzo dużym rozproszeniem zabudowy nieopłacalne staje się budowanie zbiorczych gminnych oczyszczalni ścieków. W takich przypadkach stosowane są oczyszczalnie przyzagrodowe, wśród których z powodzeniem stosowane są oczyszczalnie pracujące w oparciu o technologię osadu czynnego. Ocenę funkcjonowania tego typu oczyszczalni przedstawiono w licznych publikacjach [2, 7, 8,].

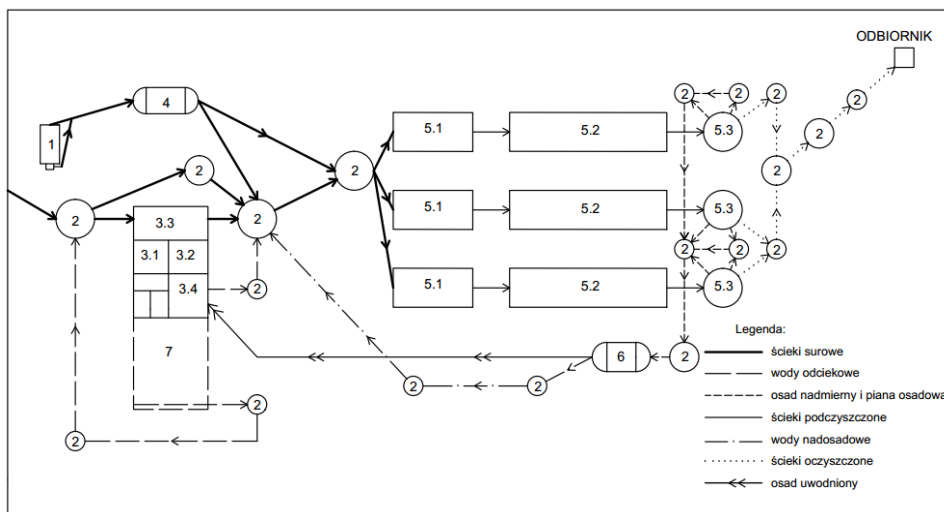
Jak wykazano w przeglądzie literatury w oczyszczalniach ścieków na terenach wiejskich bardzo często z powodzeniem wykorzystywana jest klasyczna metoda osadu czynnego jak również jej liczne modyfikacje. W niniejszej pracy przedstawiono kolejny przykład oczyszczalni opartej o metodę osadu czynnego tj. kontenerową oczyszczalnię ścieków typu EKO-WGB, która została wybrana do biologicznej części oczyszczalni ścieków w Łambinowicach w trakcie jej modernizacji.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OCZYSZCZALNI W ŁAMBINOWICACH

Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków w Łambinowicach została wybudowana w latach 40 ubiegłego stulecia. Od października 2013 roku po przeprowadzeniu modernizacji pracuje nowa oczyszczalnia w systemie osadu czynnego. Oczyszczalnię zaprojektowano dla średniego dobowego przepływu $Q_{ds}=366 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ i obciążeniu ładunkiem 2997 RLM. Według rozporządzenia [11] analizowany obiekt kwalifikuje się do grupy oczyszczalni w przedziale od 2000 do 9999 RLM. Stąd najwyższe dopuszczalne wskaźniki zanieczyszczeń lub minimalne procenty redukcji zanieczyszczeń dla tego typu oczyszczalni wynoszą odpowiednio: dla BZT_5 $25 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ lub 70÷90%, dla ChZT $125 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ lub 75% i dla zawiesiny ogólnej $35 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ lub 90%. Pomimo że rozporządzenie nie określa dopuszczalnych wartości azotu i fosforu w oczyszczonych ściekach, to przy wyborze technologii oczyszczania ścieków pochodzących z terenów wiejskich, także istotna jest analiza jej pod kątem usuwania związków biogennych.

Oczyszczane ścieki pochodzą z istniejącego systemu kanalizacyjnego miejscowości Łambinowice, który jest ciągle rozbudowywany. Część jest dowożona taborem asenizacyjnym. Odływ z oczyszczalni kierowany jest do rowu, poprzez który ścieki odpływają kolejno do rzek: Krzywda, Kielcznica, Ścinawa Niemodlińska i Nysa Kłodzka.

Oczyszczalnia położona jest w obrębie wsi Sowin w odległości 820 m w linii prostej od najbliższej zabudowy. Proces oczyszczania ścieków zapewniają obiekty umożliwiające oczyszczanie mechaniczne i biologiczne wg schematu zamieszczonego na rys. 1 [10].



Rys. 1. Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Łambinowicach po modernizacji:
 1-Stacja zlewna ścieków dowożonych, 2-Studnie operacyjne, 3-Budynek operacyjny, 3.1-Pomieszczenie socjalno-techniczne z szafą sterowniczą, 3.2-Pomieszczenie techniczne stacji dmuchaw i agregatu, 3.3-Pomieszczenie technologiczne sitopiaskownika, 3.4-Pomieszczenie technologiczne stacji odwadniania osadu, 4-Zbiornik retencyjny ścieków, 5-Biologiczna oczyszczalnia ścieków, 5.1-Zbiornik anoksydacyjny komory denitryfikacyjnej, 5.2-Zbiornik aerobowy komory nityfikacyjnej, 5.3-Osadnik wtórny, 6-Zbiornik stabilizacji osadu, 7-Plac manewrowy odbioru oraz składowania osadu

Ścieki dopływają grawitacyjnie do studni rozdzielczej, a następnie płyną do budynku operacyjnego, w którym zainstalowany jest sitopiaskownik. W przypadku prac konserwacyjnych na sitopiaskowniku, ścieki bezpośrednio kierowane będą do studni krat ręcznych. Po mechanicznym oczyszczeniu ścieki płyną do studni zbiorczej ścieków surowych wód odciekowych i wód nadosadowych. Następnie zależnie od natężenia ilości ścieków kierowane są do studni rozprężnej rozdzielającej strumień, a w przypadku zwiększonego jednostkowego dopływu ich nadmiar jest kierowany do zbiornika retencyjnego ścieków. W studni rozdzielczej rozdzielającej strumień następuje połączenie wszystkich dopływających do niej wód i ścieków, które następnie są

rozdzielane na trzy biologiczne ciągi technologiczne [10]. Każdy z ciągów części biologicznej typu EKO-WGB składa się kolejno z trzech zbiorników o przepustowości $112,04 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$: zbiornika komory denitryfikacji, zbiornika komory nityfikacji oraz zbiornika osadnika wtórnego. Do komory denitryfikacji zawracany jest osad recykulowany z komory nityfikacji i osadnika wtórnego. W komorze tej zainstalowano mieszadło zatapialne aby zapewnić utrzymanie osadu w zawieszeniu oraz wymieszanie dopływających ścieków surowych z osadem recykulowanym. Po komorze denitryfikacji ścieki przepływają do komory nityfikacji, w której następuje proces tlenowego oczyszczania ścieków według technologii niskoobciążonego osadu czynnego. Ścieki napowietrzane są za pomocą dyfuzorów membranowych, które zamontowano na dnie zbiornika. Poziom rozpuszczonego tlenu w ściekach mierzony jest sondą tlenową. Za pomocą pompy zatapialnej następuje recykulacja osadu z komory tlenowej do komory beztlenowej. Następnie ścieki przepływają do osadnika wtórnego, w którym zachodzi proces sedymentacji osadu. Osad jest odprowadzany jako osad recykulowany do komory denitryfikacji albo jako osad nadmierny do zbiornika stabilizacji osadu. Składowane ścieki odpływają poprzez studnię pomiarową do odbiornika, którym jest rów melioracyjny [10].

2.1. GOSPODARKA OSADOWA

Oddzielona w osadniku wtórnym zawiesina osadu czynnego za pomocą pompy jest kierowana do studni zbiorczej osadów nadmiernych, z której następnie odprowadzana jest równomiernie poprzez studnię rozdzielczą osadów nadmiernych do dwóch pracujących zbiorników stabilizacji osadu. Wody nadosadowe płyną grawitacyjnie do studni zbiorczej wód nadosadowych, a następnie do studni zbiorczej ścieków surowych, wód odciekowych i wód nadosadowych, skąd razem ze ściekami surowymi i wodami osadowymi są ponownie kierowane do oczyszczania.

Osad ze zbiorników o uwodnieniu 96–97% okresowo podawany jest do stacji odwadniania osadu na prasę sitowo-dwutaśmową typu EW807. Odwodniony osad o uwodnieniu około 80% jest transportowany przenośnikiem ślimakowym na podstawioną przyczepę w celu jego wywozu poza teren oczyszczalni lub okresowo składowany na placu manewrowym odbioru i składowania osadu [10].

Charakterystyczną cechą analizowanej oczyszczalni jest to, że wszystkie jej urządzenia biologicznego oczyszczania umieszczone są pod powierzchnią ziemi.

3. METODYKA

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań wykonanych na etapie rozruchu oczyszczalni. Wykorzystano dane z monitoringu pracy oczyszczalni. Do analizy przy-

jęto dane z pomiaru w okresie od 16.11 do 19.12. 2013 r. W analizowanym okresie nie uruchomiono jeszcze stacji zlewczej ścieków.

Skuteczność usuwania zanieczyszczeń w badanym obiekcie obliczono wg wzoru (1), w którym C_o to wartość danego wskaźnika w ściekach oczyszczonych natomiast C_d to wartość wskaźników w ściekach dopływających.

$$\eta = 100 \cdot \left(1 - \frac{C_o}{C_d} \right) [\%] \quad (1)$$

4. WYNIKI BADAŃ I ANALIZA

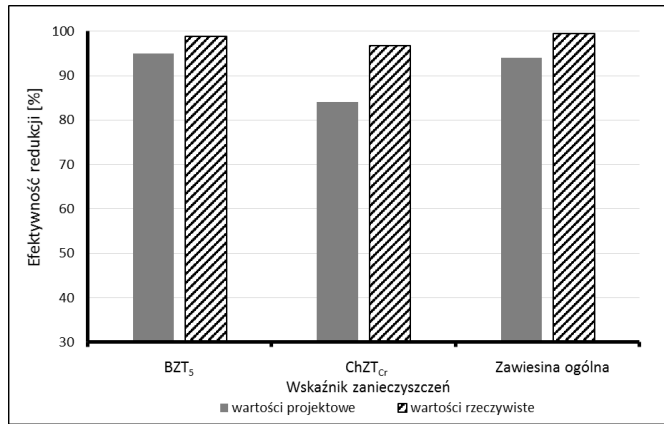
W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań stężenia zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych oraz porównano je z wartościami założonymi w projekcie. Na podstawie tych wyników obliczono efektywność usuwania poszczególnych zanieczyszczeń.

Tabela 1. Stężenie zanieczyszczeń w ściekach

Wskaźnik zanieczyszczeń	Ścieki surowe		Ścieki oczyszczone	
	Wartości zmierzone	Wartości założone	Wartości zmierzone	Wartości dopuszczalne
BZT ₅ [mgO ₂ ·dm ⁻³]	339±40,6	490,41	3,82±0,46	25
ChZT _{Cr} [mgO ₂ ·dm ⁻³]	1075±194	772,69	35,3±6,35	125
Zawiesiny [mg·dm ⁻³]	514±82,2	576,65	3,0±0,48	35

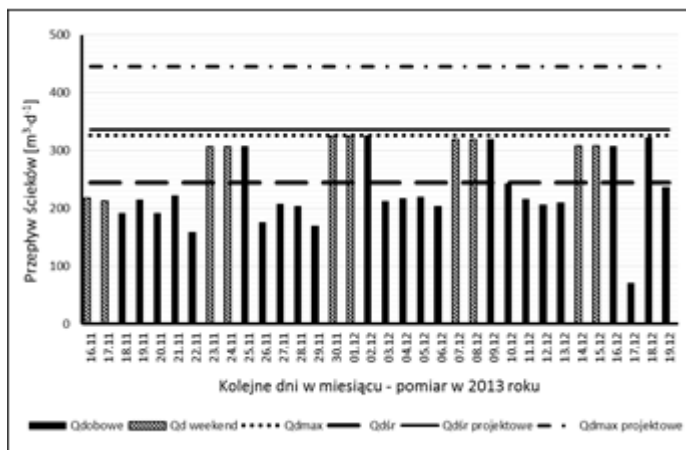
Analizując dane przedstawione w tab. 1, można zauważyć, że wartości zmierzone poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń różnią się od wartości założonych w projekcie. W przypadku BZT₅ oraz zawiesiny wartości zmierzone są mniejsze, przy czym dla zawiesiny mieszczą się w zakresie niepewności pomiaru. Natomiast w przypadku ChZT_{Cr} wartość zmierzona przewyższa wartość założoną w projekcie. Pomimo wspomnianych różnic wartości poszczególnych składników w ściekach surowych, w ściekach oczyszczonych wartości danych wskaźników są znacznie niższe od wartości dopuszczalnych. Efektywność usuwania zanieczyszczeń przedstawiono na rys. 2.

Analizując przedstawione wartości na rys. 2. można zauważyć, że wartości rzeczywiste są wyższe od wartości założonych w projekcie i wszystkie mają wartość wyższą niż 95%. Tak wysokie uzyskane wartości efektywności usuwania zanieczyszczeń są spowodowane początkowym etapem pracy oczyszczalni. Analiza pracy oczyszczalni w kolejnych miesiącach i latach eksploatacji pozwoli ocenić czy wartości te pozostaną lub nie w zbliżonym zakresie.



Rys. 2. Efektywność usuwania zanieczyszczeń

Na rys. 3. przedstawiono rzeczywiste i projektowe wielkości natężenia dopływu ścieków do oczyszczalni w okresie badawczym.



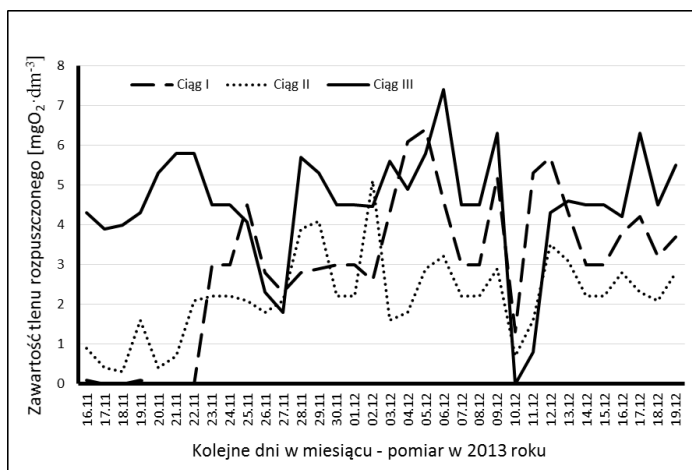
Rys. 3. Wielkość dopływu dobowego ścieków do oczyszczalni w okresie badawczym

Przedstawione dane obrazują wahania dopływu ścieków do oczyszczalni, co jest jedną z charakterystycznych cech wiejskich oczyszczalni ścieków. Warto zauważyć, że w analizowanym okresie nie dowożono ścieków taborem asenizacyjnym. Wartości rzeczywiste dopływu mieszczą się w zakresie od 70 do 326 m³·d⁻¹.

Porównując wartości rzeczywiste natężenia dopływu z wartościami projektowymi można zauważyć, że wartość rzeczywista dopływu średniego dobowego wynosi 243,96 m³·d⁻¹ natomiast wartość projektowa wynosi 336,12 m³·d⁻¹. W przypadku do-

plywu maksymalnego rzeczywista wartość w analizowanym okresie wynosi $326,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, natomiast wartość założona w projekcie wynosi $445,61 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$.

Ważnym parametrem pracy oczyszczalni opartej o technologię osadu czynnego jest zawartość tlenu rozpuszczonego w komorze napowietrzania. Na rys. 4. przedstawiono wahania wartości tego parametru w poszczególnych ciągach biologicznej części oczyszczalni.



Rys. 4. Zawartość tlenu rozpuszczonego w komorze napowietrzania

Jak można zauważyć zawartość tlenu rozpuszczonego w ciągu pierwszym waha się w zakresie od 0 do $6,4 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, w ciągu drugim od $0,3$ do $5,1 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, natomiast w ciągu trzecim od 0 do $7,4 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. W przypadku wartości średniej zawartość tlenu rozpuszczonego w ciągu pierwszym wynosi $3 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, w ciągu drugim $2 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, a w ciągu trzecim $5 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. Tak duże wahania w zawartości tlenu mogą świadczyć o niestabilności procesu w początkowej fazie eksploatacji.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Jak przedstawiono w przeglądzie literatury ocena funkcjonowania gminnych oczyszczalni ścieków opisana w wielu publikacjach wykazała wysoką efektywność oczyszczania w poprawnie dobranych i eksploatowanych obiektach. Do grupy tej można również zaliczyć oczyszczalnię ścieków „Łambinowice” w początkowym okresie jej eksploatacji po przeprowadzonej modernizacji. W okresie tym zanotowano bardzo wysokie wartości efektywności usuwania zanie-

czyszczeń. Efektywność usuwania BZT₅ wynosi 98,87%, efektywność zmniejszania ChZT_{Cr} wynosi 96,72% natomiast efektywność zmniejszania zawiesiny ogólnej wynosi 99,42%.

Analiza wyników badań ścieków surowych i oczyszczonych wykazała, że wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych są niższe od założonych w projekcie, natomiast w ściekach surowych wartość BZT₅ jest niższa od założonej w projekcie, wartość zawiesiny ogólnej mieści się w zakresie niepewności pomiaru, natomiast wartość ChZT_{Cr} jest wyższa niż założona w projekcie. Oczyszczalnia ścieków „Łambinowice” tak jak większość gminnych oczyszczalni ścieków charakteryzuje się nierównomiernością dopływu oczyszczanych ścieków. Wielkości dopływu dobowego mieściły się w zakresie od 70 do 326 m³·d⁻¹. Porównanie wartości rzeczywistych z projektowymi wykazało, że wartości projektowe są wyższe, co umożliwia podłączenie do oczyszczalni kolejnych terenów objętych kanalizacją zbiorczą.

Średnia zawartość tlenu rozpuszczonego w komorze napowietrzania w ciągu pierwszym wynosi 3 mgO₂·dm⁻³, w ciągu drugim wynosi 2,2 mgO₂·dm⁻³, a w ciągu trzecim wynosi 4,5 mgO₂·dm⁻³. Wyniki te wskazują na konieczność synchronizacji układu sterowania pracą stacji dmuchaw. Wymaga to uzupełnienia układu o system sterowania pracą dmuchaw w zależności od poziomu natlenienia w komorze nityfikacji. Przeprowadzona analiza pracy oczyszczalni w pierwszym okresie jej eksploatacji pozwala na zdefiniowanie następujących wniosków:

1. Analiza wyników pracy oczyszczalni potwierdziła specyfikę funkcjonowania małych systemów kanalizacyjnych aglomeracji wiejskich, czyli dużą nierównomierność dopływu ścieków i znaczną zmienność ich składu jakościowego,
2. W projektowaniu małych oczyszczalni ścieków poza aspektem technologicznym należy brać pod uwagę także uwarunkowania lokalne, np. warunki geotechniczne podłoża, oddziaływanie obiektu na otoczenie oraz uwarunkowania eksploatacyjne. Oczyszczalnie te powinny cechować prostota i łatwość w obsłudze,
3. Rozwiązania architektoniczno-konstrukcyjne powinny uwzględniać istniejące zagospodarowanie terenu w miejscu lokalizacji oczyszczalni. Wskazane są rozwiązania maksymalnie minimalizujące oddziaływanie oczyszczalni na środowisko. Zastosowane rozwiązania analizowanej oczyszczalni warte są popularyzacji. Układ technologiczny, to system zamkniętych zbiorników przykrytych warstwą gruntu. Zbiorniki pokryte są laminatem poliestrowo-szklanym, co gwarantuje wysoką odporność na korozję.

LITERATURA

- [1] ANIELAK A.M., ADAMOWSKA H., DIAKUN H., *Oczyszczanie ścieków w systemie SBR w Człuchowie*, Gaz Woda i Technika Sanitarna, 2009, nr 11, 26–30.

- [2] BUGAJSKI P., KACZOR G., BERGEL T., *Skuteczność eliminacji azotu w przydomowych oczyszczalniach z osadem czynnym*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2013, nr 3/IV, 205–216.
- [3] CHMIEŁOWSKI K., *Usuwanie zanieczyszczeń w zablokowanej biologicznej oczyszczalni ścieków typu „SUPERBOS 200” w miejscowości Szczerców*, Gaz Woda i Technika Sanitarna, 2012, nr 8, 331–333.
- [4] GROMIEC M.J., *NEREDA – innowacyjna technologia granulowanego osadu czynnego do oczyszczania ścieków przemysłowych i komunalnych*, Gaz Woda i Technika Sanitarna, 2011, nr 5, 179–183.
- [5] GRYGORCZUK-PETERSONS E., *Ocena efektywności oczyszczalni ścieków w gminie Narewka*, Gaz Woda i Technika Sanitarna, 2008, nr 9, 66–69.
- [6] HEIDRICH Z., WITKOWSKI A., „*Ocena działania oczyszczalni ścieków w Śmiglu i w Człuchowie z zastosowaniem reaktorów SBR*”. *Badania, projektowanie i eksploatacja reaktorów o działaniu sekwencyjnym*” Konferencja N-T Instytutu Zaopatrzenia w Wodę i Budownictwa Wodnego Politechniki Warszawskiej, 2004. Wydawnictwo Seidel Przywecki.
- [7] KACZOR G., BUGAJSKI P., *Wpływ wybranych czynników na efekt oczyszczania ścieków w przydomowej oczyszczalni ścieków typu Turbojet EP-2*, Gaz Woda i Technika Sanitarna, 2005, nr 11, 36–39.
- [8] MAKOWSKA M., WENCEL R., GADZIŃSKI B., *Usuwanie zanieczyszczeń organicznych i biogenych w minioczyszczalniach z osadem czynnym*, Gaz Woda i Technika Sanitarna, 2004, nr 9, 310–315.
- [9] MARZEC M., JÓZWIAKOWSKI K., GIZIŃSKA M., PYTKA A., *Problemy funkcjonowania i efekty usuwania zanieczyszczeń w oczyszczalniach ścieków typu BIOVAC*, Gaz Woda i Technika Sanitarna, 2012, nr 2, 85–87.
- [10] Projekt Budowlany, *Przebudowa oczyszczalni ścieków „Łambinowice” gm. Łambinowice*, 2012.
- [11] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, Dz.U. 2006 nr 137 poz. 984 z późniejszymi zmianami.
- [12] ŚCISŁOWSKA M., WOLNY L., *Charakterystyka wybranych gminnych oczyszczalni ścieków*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, 2010, t. 13, nr 2, 133–146.
- [13] WĄSIK E., CHMIEŁOWSKI K., *Ocena funkcjonowania oczyszczalni ścieków Skala-Nowa Wieś*, Gaz Woda i Technika Sanitarna, 2013, nr 8, 328–330.

ANALYSIS OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT IN THE CONDITIONS OF IRREGULAR SUPPLY AND VARIED COMPOSITION OF WASTEWATER IN CHOSEN EXAMPLE

In this paper, the characteristics of a wastewater treatment plant and the functioning of the initial period of operation on the example of a wastewater treatment plant in Łambinowice is presented. Also describes the construction and operation of the facility after the upgrade. The actual values of the effectiveness of pollution reduction with project assumptions were compared. The uneven flow of wastewater to the treatment plant and the content of dissolved oxygen in the aeration chambers are showed. A comparison of the average and maximum daily flow of wastewater from the values folded into the design calculations was made. The analysis of plant operation confirmed the specificity of functioning of small sewage systems in rural agglomeration, such as large uneven flow of wastewater and considerable variability their qualitative composition.