

Magdalena KUŚNIERZ<sup>1\*</sup>, Agnieszka ZARZYCKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Środowiska  
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław

\* e-mail: magdalena.kusnierz@up.wroc.pl

<sup>2</sup> REUS Polska Sp. z o.o.

ul. Świdnicka 39, 50-029 Wrocław

## Zakres i częstotliwość prowadzenia badań i pomiarów w racjonalnej eksploatacji oczyszczalni ścieków

Zgodnie z uregulowaniami prawnymi, praca oczyszczalni powinna zapewniać wymagany stopień oczyszczania ścieków w celu minimalizacji ich negatywnego wpływu na środowisko przyrodnicze. Jednocześnie w warunkach rosnących wymagań dotyczących stopnia oczyszczania ścieków i konieczności usuwania substancji biogennej osiągnięcie i utrzymanie założonego efektu ekologicznego ma ścisły związek z prawidłową eksploatacją oczyszczalni ścieków. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie zagadnienia eksploatacji oczyszczalni ścieków z punktu widzenia zakresu i częstotliwości wykonywanych pomiarów i badań jakościowych oraz ilościowych ścieków i osadu czynnego.

**Słowa kluczowe:** oczyszczanie ścieków, eksploatacja, kontrola jakościowa, kontrola ilościowa

### Wprowadzenie

System ciągłych lub regularnie prowadzonych obserwacji i pomiarów, jakości oraz ilości ścieków w zależności od wielkości oczyszczalni oraz złożoności stosowanych procesów może mieć różny charakter. W przypadku lokalnych oczyszczalni ścieków badanie parametrów ścieków oczyszczonych wprowadzanych do odbornika ma miejsce rzadko i wykonywane jest tylko w ograniczonym zakresie [1]. Na bieżąco kontroluje się wyłącznie częstość wywożenia osadów ściekowych, a także stan techniczny urządzeń i armatury pomiarowej, m.in. drożność kanałów, sprawność pomp oraz czujników [2]. Wraz ze wzrostem przepustowości oczyszczalni ścieków wzrastać powinien zakres oraz częstotliwość wykonywanych pomiarów. Obiekty o małej przepustowości przeważnie nie posiadają zaplecza laboratoryjnego, a pomiary prowadzone są w sposób tradycyjny i niezautomatyzowany. Bardziej zaawansowane są obiekty wyposażone w proste automatyczne systemy sterowania w oparciu o wcześniej wprowadzone algorytmy. Oczyszczalnie o przepustowości powyżej 5000 m<sup>3</sup>/d powinny posiadać regularną kontrolę parametrów ścieków surowych, oczyszczonych i osadów. Obiekty tego typu coraz częściej wyposażone są też w systemy automatycznego monitoringu.

Racjonalna eksploatacja oczyszczalni ścieków musi być oparta o kontrolę procesów technicznych oraz technologicznych i tym samym wiąże się z ciągłym lub

okresowym nadzorem nad całym procesem oczyszczania ścieków [2, 3]. Kontrola techniczna obiektów ma na celu zachowanie urządzeń w ciągłej gotowości do pracy. Podwyższenie niezawodności technicznej oczyszczalni wpływa na szybkie wykrywanie awarii urządzeń i armatury pomiarowej oraz umożliwia określenie terminów okresowych przeglądów i remontów na podstawie czasu pracy urządzeń [4]. Z kolei kontrola technologiczna, obejmująca prowadzenie codziennych obserwacji jakości i ilości odpływu i dopływu, kondycji osadu czynnego oraz innych parametrów oczyszczalni ścieków, w sposób szczególny wpływa na efekty oczyszczania ścieków.

## **1. Zakres i częstotliwość wykonywania badań w kontroli technologicznej**

Zakres kontroli technologicznej opracowywany jest dla każdego obiektu indywidualnie w sposób umożliwiający charakterystykę parametrów pracy oczyszczalni ścieków określonych w pozwoleniu wodnoprawnym oraz projekcie wykonawczym. Pomiar ilościowy na oczyszczalni ścieków powinny być prowadzone i rejestrowane w sposób ciągły. Ogólny zakres badań o charakterze ilościowym przedstawiony został w tabeli 1, natomiast w tabeli 2 wskazane zostały stosowane metody pomiaru oraz miejsca wykonywania pomiarów ilościowych. W przypadku badań jakościowych rodzaje oznaczeń, odstępy czasowe, w jakich należy pobierać próbki, oraz metody referencyjne badań określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku w sprawie warunków, jakie trzeba spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (DzU 2006, Nr 137, poz. 984). Do częstotliwości wykonywania badań oraz ich zakresu odwołuje się także pozwolenie wodnoprawne. Wymagania w zakresie klasycznych badań jakości ścieków uzależnione są od obciążenia oczyszczalni, wyrażonego równoważną liczbą mieszkańców RLM. Rozporządzenie [5] nie wskazuje jednak zakresu kontroli komór osadu czynnego. Aktualnie w komorach osadu czynnego istnieje możliwość monitorowania on-line takich parametrów, jak: temperatura, stężenie osadu, potencjał redox, stężenie tlenu rozpuszczonego,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  oraz recyrkulacji wewnętrznej [6]. Dodatkowo od składu, kondycji osadu czynnego i jego powierzchni właściwej w dużym stopniu zależy efekt oczyszczania ścieków [7, 8]. Fizyczne właściwości kłaczków osadu czynnego mają istotny wpływ na jakość procesu sedymentacji, który prowadzony jest w osadnikach wtórnych. W większości oczyszczalni ścieków stosuje się niewielki zakres badań osadu czynnego, obejmujący przeważnie oznaczenia zawiesiny ogólnej, indeksu osadu (IO), opadalności osadu oraz uwodnienia [7]. Rozszerzona analiza prowadzona na niektórych oczyszczalniach ścieków dotyczy pomiaru szybkości zużycia tlenu, aktywności enzymów oddechowych (TTC) oraz oceny składu biocenozy za pomocą obserwacji mikroskopowych. Obserwacje mikroskopowe dostarczają informacji na temat zależności pomiędzy sterowaniem procesem, biocenozą a parametrami ścieków oczyszczonych [9]. Identyfikacja mikroskopowa pozwala również na kontrolę zjawiska puchnięcia osadu czynnego [10].

Tabela 1. Zakres wykonywanych pomiarów ilościowych na oczyszczalni ścieków [15]

Table 1. The extent of quantitative measurements taken at wastewater treatment plant [15]

Zakres kontroli		Jednostka pomiaru
Pomiar ilości:	ścieków surowych dopływających na oczyszczalnię, tj. średnie dobowe i ewentualnie ekstremalne godzinowe przepływy przy pogodzie suchej i mokrej	m <sup>3</sup> /d; m <sup>3</sup> /h
	ścieków oczyszczonych (przepływy na odpływie)	m <sup>3</sup> /d; m <sup>3</sup> /h
	osadu wstępnego, recykulowanego, nadmiernego	m <sup>3</sup> /d
	osadu po zagęszczeniu, po fermentacji lub stabilizacji tlenowej	kg/d; kg/miesiąc
	odcieków z przeróbki osadów	m <sup>3</sup> /d; m <sup>3</sup> /miesiąc
	piasku	m <sup>3</sup> /d; m <sup>3</sup> /miesiąc
	skratek	m <sup>3</sup> /d; m <sup>3</sup> /miesiąc
	wytworzonego biogazu	m <sup>3</sup> /d; m <sup>3</sup> /h

Tabela 2. Przegląd metod i miejsc prowadzenia pomiarów ilościowych na oczyszczalni ścieków [15]

Table 2. Review of methods and places of quantitative measurements taken at wastewater treatment plant [15]

Wielkości mierzone	Medium mierzone	Miejsce pomiaru	Metody pomiaru	Urządzenia pomiarowe
Natężenie przepływu Q	Powietrze Gaz	Komora osadu czynnego; Komora fermentacji	Ciśnienie czynne, ścieżka wirowa Karmanna	Kryzy, dysze, rotometry
	Ścieki	Dopływ/odpływ	Koryta pomiarowe, metody kombinowane z pomiarem v i h	Koryta Venturiego, Marshalla, Khafagiego; Przepływomierze ultradźwiękowe - pomiar czasu przebiegu fali i efekt Dopplera; Przepływomierze elektromagnetyczne
	Osad	Osad powrotny, osad wstępny, osad nadmierny	Indukcja elektromagnetyczna, ultradźwiękowa	Przepływomierze elektromagnetyczne i ultradźwiękowe
Pomiar poziomu zwierciadła ścieków	Ścieki	Kanały popiętrzone; Przelewy odciażające; Zbiorniki; Kraty; Filtry	Ultradźwięki; Hydrostatyczny pomiar ciśnienia; Barbotaż; Pływak	Ultradźwiękowe wskaźniki poziomu; Sondy ciśnieniowe, barbotażowe, pojemnościowe, pływakowe

Wykonywanie pomiarów ilości ścieków oraz stężeń zanieczyszczeń umożliwia określenie miarodajnych ładunków zanieczyszczeń i warunkuje efektywność pracy oczyszczalni ścieków [11], dlatego też kontrolę parametrów fizykochemicznych dopływu oraz odpływu ścieków należałoby przeprowadzać częściej niż wynika to z zapisów prawa, wprowadzając tym samym system tzw. autokontroli. Takim systemem autokontroli może być np. monitoring on-line wybranych parametrów. W przypadku ścieków surowych i oczyszczonych za pomocą kontroli on-line można określić: odczyn, temperaturę, przewodność, potencjał redox, OWO, azot, amoniak,

fosfor, ChZT, BZT<sub>5</sub>, stężenie zawiesin [4]. Należy jednak pamiętać, iż automatyczny monitoring nie eliminuje konieczności prowadzenia badań laboratoryjnych, co wynika chociażby z zapisów rozporządzenia [5]. Zakres, częstotliwość oraz cel najczęściej wykonywanych oznaczeń jakościowych zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Zakres, częstotliwość oraz cel najczęściej wykonywanych oznaczeń jakościowych ścieków i osadu czynnego [2, 4]

Table 3. The extent, frequency and aim of mostly taken measurements of wastewater and activated sludge [2, 4]

Oznaczenie	Punkty poboru próbek					Cel badania
	Ścieki surowe	Ścieki oczyszczone mechanicznie i biologicznie	Ścieki oczyszczone po dezynfekcji	Osad czynny		
Temperatura	1/d	1/d	1/d	–	Kontrola składu ścieków; kontrola procesu biologicznego oczyszczania ścieków	
pH	1/d	1/d	1/d	–	Kontrola składu ścieków; kontrola przebiegu procesów technologicznych	
BZT <sub>5</sub>	1/d	1/d	1/m	–	Ocena zawartości stężeń zw. organicznych; kontrola efektywności oczyszczania ścieków	
ChZT	1/t	1/t	1/t	–	Kontrola ładunku związków organicznych w ściekach	
Zasadowość	1/d	1/d	1/d	–	Kontrola przebiegu procesów nityfikacji i denityfikacji	
Azot ogólny	1/t	1/t	1/m	–	Kontrola efektów usuwania miogenów	
Azot amonowy	1/m	1/t	1/m	–	Kontrola składu ścieków surowych oraz po procesie nityfikacji	
Azot azotanowy	1/m	1/t	1/m	–	Kontrola procesu denityfikacji	
Fosfor ogólny	1/t	1/t	1/m	–	Kontrola efektów usuwania fosforu	
Zawiesiny ogólne	1/t	1/t	1/m	–	Kontrola sprawności pracy osadników; kontrola ładunków zanieczyszczeń w ściekach	
Ortofosforany	1/m	1/t	1/m	–	Kontrola procesu defosfatacji	
Metale ciężkie	1/m	1/m	1/m	–	Kontrola przydatności na cele rolnicze	
Badania bakteriologiczne	1/m	1/d	1/d	–	Kontrola stanu sanitarnego; kontrola przydatności na cele rolnicze	
Tlen rozpuszczony	–	–	–	1/d	Kontrola stężenia nieopadających, rozpuszczonych i koloidalnych związków organicznych, wieku osadu, funkcja utrzymania zawartości komory osadu w stanie zawieszenia	
Indeks osadu	–	–	–	1/d	Kontrola zdolności sedymentacyjnych osadu	
Stężenie osadu	–	–	–	1/d	Kontrola przyrostu osadu; kontrola wieku osadu	
Substancje organiczne	–	–	–	1/d	Kontrola stabilności osadu	
Obraz mikroskopowy	–	–	–	1/d	Ocena stanu sanitarnego; kontrola przydatności do celów rolniczych	

Zastosowane skróty: 1/d - raz na dobę, 1/t - raz na tydzień, 1/m - raz na miesiąc

Nieodłącznym elementem w eksploatacji nowoczesnych oczyszczalni ścieków stają się systemy zarządzania, a także gromadzenia i obsługi uzyskiwanych podczas eksploatacji obiektu danych [12]. Systemy SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) posiadają również moduły symulacji komputerowej opisującej rzeczywisty przebieg procesów technologicznych [13]. Warto jednak zauważyć, iż nawet w przypadku systemów SCADA w dalszym ciągu istnieje potrzeba posiadania odpowiednich danych wejściowych odnośnie do wymaganych parametrów ilościowych i jakościowych procesów technologicznych [14].

## 2. Obiekt badawczy

W celu rozpoznania zakresu realizowanych w praktyce inżynierskiej zadań eksploatacyjnych analizie poddano przykładową mechaniczno-biologiczną oczyszczalnię ścieków o przepustowości 2500 m<sup>3</sup>/d i wielkości 14 800 RLM. Zebrane informacje dotyczą przede wszystkim kontroli technologicznej obiektu i mają na celu określenie zakresu i częstotliwości rzeczywiście wykonywanych pomiarów i badań jakościowych oraz ilościowych ścieków oczyszczonych i surowych oraz osadu czynnego. Przedstawione informacje na temat funkcjonowania oczyszczalni pochodzą z bezpośrednio przeprowadzonych obserwacji oraz od eksploatatora obiektu. Oczyszczanie ścieków na obiekcie realizowane jest w wyniku procesów separacji, defosfatacji, denitryfikacji, nityfikacji oraz utleniania węgla organicznego w układach stref anaerobowej, anoksycznej i aerobowej. Poszczególne elementy układu technologicznego analizowanej oczyszczalni ścieków przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Elementy układu technologicznego analizowanej oczyszczalni ścieków

Table 4. Technical elements of the sample wastewater treatment plant

Podział oczyszczalni	Elementy układu technologicznego
Część mechaniczna	1. Komora krat, 2. Przepompownia, 3. Sitopiaskownik, 4. Osadnik wstępny
Część biologiczna	1. Zbiornik biosorpcji z defosfatacją
	2. Komora denitryfikacji, 3. Komora nityfikacji, 4. Osadnik wtórny (Blok A)
	2. Komora denitryfikacji, 3. Komora nityfikacji, 4. Osadnik wtórny (Blok B)

## 3. Wyniki i analiza przeprowadzonych obserwacji

Zakres prowadzonej kontroli jakościowej i ilościowej na analizowanej oczyszczalni ścieków ma na celu utrzymanie założonego efektu ekologicznego. Szczegółowy system organizacji działań eksploatacyjnych w tym zakresie przedstawiono w tabelach 5 oraz 6.

Tabela 5. Zakres oraz częstotliwość wykonywanych pomiarów jakościowych ścieków surowych, oczyszczonych i osadu czynnego na analizowanej oczyszczalni ścieków

Table 5. The extent and frequency of taken qualitative measurements of raw sewage, treated sewage and activated sludge on the sample wastewater treatment plant

Oznaczenie	Częstotliwość wykonywania pomiarów		
	Ścieki surowe	Ścieki oczyszczone mechanicznie i biologicznie	Osad czynny
Temperatura zewnętrzna	–	on-line	–
Temperatura w komorze osadu czynnego	–	–	On-line bez przekazu, sczytywana z urządzenia raz na dobę razem z tlenem rozpuszczonym
pH	–	–	–
BZT <sub>5</sub>	1 raz na 3 miesiące	1 raz na 3 miesiące	–
ChZT	1 raz na 3 miesiące	1 raz na 3 miesiące	–
Zasadowość	–	–	–
Azot ogólny	1 raz na 3 miesiące	1 raz na 3 miesiące	–
Azot amonowy	1 raz na 3 miesiące	1 raz na 3 miesiące	–
Azot azotanowy	1 raz na 3 miesiące	1 raz na 3 miesiące	–
Fosfor ogólny	1 raz na 3 miesiące	1 raz na 3 miesiące	–
Zawiesiny ogólne	1 raz na 3 miesiące	1 raz na 3 miesiące	–
Zawiesiny łatwo opadające	–	–	–
Zagniwalność	–	–	–
Ortofosforany	–	–	–
Metale ciężkie	–	–	–
Badania bakteriologiczne	–	–	–
Tlen rozpuszczony	–	–	On-line bez przekazu, sczytywany z urządzenia - 1 raz na dobę
Opadalność osadu czynnego	–	–	1 raz na dobę
Indeks osadu	–	–	–
Stężenie osadu	–	–	–
Substancje organiczne	–	–	–
Obraz mikroskopowy osadu czynnego	–	–	–

Tabela 6. Zakres oraz częstotliwość wykonywanych pomiarów ilościowych ścieków surowych, oczyszczonych i osadu czynnego na analizowanej oczyszczalni ścieków

Table 6. The extent and frequency of taken quantitative measurements of raw sewage, treated sewage and activated sludge on the sample wastewater treatment plant

Wielkości mierzone	Częstotliwość wykonywania pomiarów		
	Ścieki surowe	Ścieki oczyszczone mechanicznie i biologicznie	Osad czynny
Natężenie przepływu	każdorazowo pomiar za pomocą przepływomierza tylko ilości ścieków dowożonych	on-line	–
Pomiar poziomu zwierciadła ścieków	–	–	–
Ilość piasku	1 raz na miesiąc	–	–
Ilość skratek	obliczana w zależności od częstości napełnienia pojemnika 1100 dm <sup>3</sup>	–	–
Ilość osadu wstępnego	–	–	–
Ilość dodawanego PIX	–	–	Stosowany okresowo w zależności od potrzeb
Ilość osadu recykulowanego	–	–	–
Ilość osadu nadmiernego	–	–	1 raz na dwa miesiące

Badania i pomiary realizowane w ramach kontroli jakościowej i ilościowej umożliwiają określenie parametrów i wskaźników technologicznych pracy oczyszczalni, jednak ich zakres jest ograniczony. Kontrola ilościowa prowadzona na analizowanej oczyszczalni ścieków dostarcza informacji na temat odpływu dobowego z osadników wtórnych, ilości ścieków dowożonych do stacji zlewczej oraz powstających skratek, piasku i osadów ściekowych. Ilości ścieków oczyszczonych odprowadzanych do środowiska wodnego uregulowana jest zapisami pozwolenia wodnoprawnego, stąd oczyszczalnia zmuszona jest do kontroli wielkości odpływu. Pominięte zostają jednak pomiary ścieków dopływających do oczyszczalni. Brak informacji na temat natężenia dopływu ścieków surowych uniemożliwia prognozowanie i określenie stopnia przeciążenia hydraulicznego oczyszczalni ścieków np. podczas pogody mokrej, a intensywne opady czy też roztopy, występujące szczególnie w okresie wiosennym, mogą wywołać liczne zaburzenia pracy oczyszczalni ścieków [16].

Ograniczony zakres ma również monitoring ilościowy osadów ściekowych. Powstające na oczyszczalni osady nie są wykorzystywane rolniczo, stąd nie prowadzi się dla nich badań bakteriologicznych, a także nie jest oznaczana zawartość metali ciężkich. Z kolei ilość osadu nadmiernego oraz ilość skratek kontrolowana

jest na podstawie napełnienia kontenerów służących do ich składowania. Praktycznych wytycznych dotyczących realizacji i eksploatacji optymalnych rozwiązań w zakresie przeróbki i zagospodarowania osadów ściekowych można szukać w pracy autorstwa Wójtowicza i in. [17].

W przypadku kontroli jakościowej prowadzonej na oczyszczalni ścieków zauważono, że regularne badania wykonywane są tylko dla podstawowych wskaźników zanieczyszczeń, takich jak: BZT<sub>5</sub>, ChZT, azot ogólny, azot amonowy, azot azotanowy, fosfor ogólny i zawiesina ogólna. Wyżej wymienione wskaźniki monitorowane są zgodnie z wytycznymi zawartymi w pozwoleniu wodnoprawnym, sporządzonym na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku [5]. Pomiar poziomu tlenu rozpuszczonego wykonywany jest systematycznie raz na dobę, jednak brakuje systemu przesyłania wskazań tlenomierza do dyspozytorni. Wyniki pomiarów muszą być każdorazowo sczytywane z urządzenia przez pracownika oczyszczalni ścieków. Poziom tlenu rozpuszczonego regulowany jest poprzez automatyczne czujniki tlenowe współdziałające ze stacją dmuchaw. W przypadku zastosowania tego typu urządzenia, które wymaga każdorazowego odczytu danych, nie ma możliwości ich archiwizacji. Na tej podstawie brak jest możliwości predykcji przyszłych zachowań obiektu oraz ewentualnej optymalizacji procesu technologicznego. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku pomiaru temperatury powietrza zewnętrznego oraz temperatury w komorach osadu czynnego. Brak przesyłu danych powoduje, iż parametry te są odczytywane raz w ciągu doby przez pracowników oczyszczalni. Raz na dobę badana jest także opadalność osadu czynnego, na podstawie której oceniane jest zjawisko sedymentacji osadu czynnego. Prawidłowa sedymentacja osadu czynnego jest sprawą kluczową dla osiągnięcia wymaganej jakości odpływu z osadników wtórnych, gdyż osad wymywany z osadnika wprowadza ładunek zanieczyszczeń do odbiornika. W przypadku kontroli osadu czynnego istotnym zadaniem jest także prowadzenie obserwacji mikroskopowych osadu oraz kontrola zawartości suchej masy osadu. Poprzez badanie suchej masy oraz opadalności można określić indeks osadu czynnego, który świadczy o jego dobrych lub złych właściwościach sedymentacyjnych. Analizowana oczyszczalnia ścieków nie prowadzi kontroli zawartości suchej masy osadu, a także obserwacji mikroskopowych, które mają praktyczne znaczenie w codziennej eksploatacji [18].

Obok monitoringu technologicznego prowadzonego na oczyszczalni równie ważna jest kontrola techniczna. Odpowiednia konserwacja, a także utrzymywanie w ciągłej gotowości do użytku części składowych urządzeń oraz całego wyposażenia oczyszczalni ma na celu niedopuszczenie do przerw w pracy i zakłóceń. Taka przezorność jest opłacalna z punktu widzenia efektywnej eksploatacji obiektu. Kontrola techniczna na oczyszczalni ścieków swoim zakresem obejmuje:

- obserwacje prawidłowości działania urządzeń w czasie doby;
- obserwacje rodzaju oraz czas trwania usterek i awarii;
- kontrolowanie zużycia energii elektrycznej, paliwa, smarów, chemikaliów;
- prowadzenie konserwacji urządzeń.



Analizując aktualny zakres badań i pomiarów prowadzony na omawianej oczyszczalni ścieków, warto zaznaczyć, iż zaspokaja on potrzeby eksploatacyjne obiektu z punktu widzenia skuteczności oczyszczania ścieków, pomimo iż nie jest on zgodny z zakresem badań, jaki jest zalecany do stosowania przez różnych autorów ze względów technologicznych. Dużym problemem oczyszczalni jest natomiast brak możliwości automatycznego przesyłu danych służących lepszemu sterowaniu i określeniu efektywności pracy oczyszczalni. W tym zakresie uzyskiwane do tej pory dane pomiarowe mają małą wartość eksploatacyjną. Zastosowanie na oczyszczalni systemu automatyki umożliwiłoby uzyskanie pełnych informacji na temat parametrów ilościowych i jakościowych ścieków surowych, oczyszczonych oraz osadu czynnego. Aktualnie próby zautomatyzowania analizowanej oczyszczalni ścieków ograniczone zostały wyłącznie do montażu przepływomierzy, tlenomierzy i termometrów oraz regulacji procesu napowietrzania reaktorów biologicznych przez zastosowanie falowników sterujących pracą dmuchaw. Automatykacja oczyszczalni ścieków, zgodnie z algorytmami ustalonymi przez technologa, pozwoli na współpracę od strony obiektu z urządzeniami kontrolno-pomiarowymi i wykonawczymi, które mają bezpośredni wpływ na przebieg procesów technologicznych. Możliwości rozbudowy systemu automatyki są dość duże, stąd istotne jest właściwe przyjęcie koncepcji i zakresu budowy systemu automatyki.

## Podsumowanie

Kontrola obejmująca prowadzenie systematycznych obserwacji jakości oraz ilości odpływu i dopływu, kondycji osadu czynnego, a także pozostałych parametrów często postrzegana jest jako zbyteczna, jednak jest uzasadniona. W przypadku analizowanej oczyszczalni ścieków realizowany zakres badań i pomiarów, pomimo iż jest zgodny z zakresem pomiarów koniecznych do realizacji według pozwolenia wodnoprawnego, w niewielkim stopniu odzwierciedla zakres badań, jaki jest zalecany w przypadku kompleksowej kontroli parametrów technologicznych tego typu obiektów. Brak kontroli ilości ścieków dopływających do oczyszczalni, suchej masy osadu, indeksu osadu oraz automatycznego przesyłu rejestrowanych danych uniemożliwiają pełną regulację pracy oczyszczalni. W wyniku przeprowadzonych obserwacji obiektu ustalono, iż zakres pomiarów i sterowań, który powinien być docelowo realizowany na oczyszczalni, to:

- rejestracja pomiarów natężenia dopływu ścieków do oczyszczalni;
- kontrola suchej masy osadu, indeksu osadu;
- zdalne przekazywanie aktualnie wykonywanych pomiarów on-line;
- centralne sterowanie pracą urządzeń (sterowanie nadrzędne pracą przepustnic, falowników, pomp i dozowników).

Należałoby również zapewnić możliwość rozbudowy zastosowanego systemu automatyki np. o pomiary stężenia biogenów oraz BZT<sub>5</sub> i ChZT, jak również pomiary poziomów ścieków w reaktorach biologicznych i osadnikach. Obecnie przy wielkości oczyszczalni 14 800 RLM, a także braku dostatecznego zaplecza

finansowego na prowadzenie rozległych obserwacji i monitoringu pomiarów biogenów nie są konieczne.

Pomiary i rejestracja danych pochodzących z tych pomiarów dają eksploatacjom możliwość racjonalnego zarządzania obiektami, identyfikacji stanów pracy oczyszczalni ścieków, poznanie dynamiki zmian oraz przyczyn trudności w prowadzeniu procesów technologicznych. Ponadto współczesne metody eksploatacji oczyszczalni ścieków powinny wykorzystywać modelowanie matematyczne, opisujące rzeczywisty przebieg procesów zachodzących na oczyszczalni. Dane pochodzące z pomiarów on-line i oznaczeń wykonywanych metodami klasycznymi mogą posłużyć właśnie jako dane wejściowe do modelowania, a następnie wykonania symulacji poprawnej pracy oczyszczalni ścieków. Wraz z upływem czasu symulacja komputerowa stawać się będzie nieodłącznym elementem projektowania nowych i zarządzania istniejącymi oczyszczalniami ścieków i w takim przypadku nie bez znaczenia będą udokumentowane wyniki badań i pomiarów.

## Literatura

- [1] Ścisłowska M., Wolny L., Charakterystyka wybranych gminnych oczyszczalni ścieków, *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 2010, 11, 2, 133-146.
- [2] Łomotowski J., Szpindor A., *Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1999.
- [3] Wyrwik S., Jeleń U., Niemczyk W., Doświadczenia z eksploatacji małych obiektów na przykładzie wybranych oczyszczalni ścieków rejonu chrzanowsko-olkuskiego, *Forum Eksploatatora* 2007, 4, 16-22.
- [4] Bartoszewski K., Bicz W., Dymaczewski Z., Jaroszyński T., Kujawa K., Lemański J., Łomotowski J., Nalberczyński A., Niedzielski W., Oleszkiewicz J., Sawicki M., Sozański M., Urbaniak A., Wasilewski M., *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Poznań 1997.
- [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku w sprawie warunków, jakie trzeba spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (DzU 2006, Nr 137, poz. 984).
- [6] Soczek A., Oczyszczalnia ścieków „Kujawy” w Krakowie - doświadczenia i problemy eksploatacyjne, *Forum Eksploatatora* 2009, 5, 18-21.
- [7] Barbusiński K., Pomiar powierzchni właściwej osadu czynnego w oczyszczalni ścieków, *Forum Eksploatatora* 2010, 4, 40-43.
- [8] Barbusiński K., Kościelniak H., Oznaczanie powierzchni właściwej osadu czynnego, *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 2009, 2, 119-132.
- [9] Pajdak-Stós A., Fiałkowska E., Analiza mikroskopowa osadu czynnego jako cenne narzędzie eksploatatora oczyszczalni ścieków, *Forum Eksploatatora* 2009, 6, 30-31.
- [10] Pajdak-Stós A., Fiałkowska E., Alternatywne metody zwalczania bakterii nitkowatych w osadzie czynnym, *Forum Eksploatatora* 2009, 5, 22-23.
- [11] Sadecka Z., Weryfikacja danych do modernizacji oczyszczalni ścieków, *Forum Eksploatatora* 2011, 2, 58-62.
- [12] Łomotowski J., Siwoń Z., Metodyka analizy danych pochodzących z monitoringu systemów wodociągowych i kanalizacyjnych, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2010, 3, 16-20.
- [13] Krause K., System SCADA w nowoczesnym monitorowaniu i sterowaniu oczyszczalnią ścieków, *Wodociągi i Kanalizacja* 2005, 4, 18-20.

- [14] Mikosz J., Badania analityczne jako podstawa symulacji komputerowej w oczyszczaniu ścieków, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2007, 9, 25-28.
- [15] Heinz G., *Technika pomiarów wody i ścieków*, Seidel-Przywecki, Warszawa 1999.
- [16] Kuśnierz M., Świerczek E., Infrastruktura krytyczna a niezawodność systemu odprowadzania i oczyszczania ścieków w niekorzystnych warunkach pogodowych, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 2014, 1, 125-135.
- [17] Wójtowicz A., Jędrzejewski C., Bieniowski M., Darul H., Modelowe rozwiązania w gospodarce osadowej, *Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie* 2013.
- [18] Liwarska-Bizukojć E., Rola cyfrowej analizy obrazu w monitoringu osadu czynnego w oczyszczalniach ścieków, *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 2012, 51, 4, 151-153.

### **The Extent and Frequency of Tests and Measurements in the Rational Operation of Wastewater Treatment Plant**

The objective of the development of wastewater treatment technology is to ensure constant improvement of the efficiency of the operation of wastewater treatment plants. Pursuant to existing legal regulations, the operation of a wastewater treatment plant should ensure the required degree of wastewater treatment in order to minimise the negative impact of wastewater on the natural environment. At the same time, as the requirements concerning the degree of treatment of wastewater and the necessity to remove biogenic substances are becoming stricter, the possibility to achieve and maintain the required environmental results is strongly linked to the proper and systematic operation of wastewater treatment plants. The process of operation of wastewater treatment plants can be realised comprehensively, in numerous aspects. It encompasses more than the control over such technological processes as maintenance and repair of the facilities and the equipment connected thereto, but also technical inspection. Technical inspection, consisting in daily observations of the quality and quantity of the outflows and inflows, the condition of activated sludge and other parameters of a wastewater treatment plant, directly influences the improved efficiency of the operation of the plant.

The aim of this study is to present the issue of operation of wastewater treatment plants in the aspect of the extent and frequency of actually taken measurements, qualitative and quantitative analyses of wastewater and activated sludge, based on a sample wastewater treatment plant of the capacity 2500 m<sup>3</sup>/d. The recording of data obtained in the course of such measurements provides the operator with the possibility to rationally manage the facility, to identify the statuses of operation of the wastewater treatment plant and to learn about the dynamics of changes and identify the causes of difficulties in the operation of technological processes.

As a result of the conducted tests, it has been determined that the quantitative inspections carried out in the analysed wastewater treatment plant analyse the daily intensity of outflow of wastewater from secondary settlement tanks and the amount of created screenings, sand and sewage sludge. On the other hand, the facility does not record the amount of inflow of raw sewage, and the quantitative inspection is carried out only on raw sewage delivered in septic tanks. As for the quality inspections carried out in the wastewater treatment plant, it was noted that regular inspections are carried out only for basic pollution indicators, including: BOD<sub>5</sub>, COD, total nitrogen, ammonia nitrogen, nitrate nitrogen, total phosphorus and total suspended solids, which is compliant with existing legal requirements. During inspections of activated sludge chambers the amount of dissolved oxygen, temperature and sedimentation of activated sludge are analysed. The results of the conducted tests show that the extent of analyses and measurements carried out in the wastewater treatment plant reflects the scope of tests recommended for comprehensive inspection of technological parameters in such facilities only to a small extent, although it is compliant with the extent of measurements required pursuant to the permit required under the Water Law Act.

**Keywords:** wastewater treatment, operation, qualitative inspection, quantitative inspection