

Dariusz Zdebik, Krzysztof Korczak**

OPTIMALIZACJA TECHNOLOGII OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W ASPEKCIE ROZBUDOWY SYSTEMU KANALIZACYJNEGO

Streszczenie

Procesy inwestycyjne, związane z rozbudową systemu kanalizacyjnego, mają wpływ na zmianę parametrów ścieków dopływających do oczyszczalni. Zwiększenie obciążenia układu technologicznego oczyszczalni dodatkowym ładunkiem zanieczyszczeń skutkuje koniecznością dostosowania go do zmienionych warunków, przez działania inwestycyjne bądź też optymalizację technologii w celu jej intensyfikacji.

Pod tym kątem w artykule oceniono trzy oczyszczalnie ścieków, pracujące w warunkach przebudowy i rozbudowy systemu kanalizacyjnego. Przedstawiono obciążenie oczyszczalni ładunkiem zanieczyszczeń oraz scharakteryzowano podatność ścieków w procesie ich biologicznego oczyszczania. Dokonano prognozy dopływu ścieków z terenów objętych inwestycją i określono ich wpływ na obecnie pracujące instalacje. Przedstawiono także ocenę planowanej modernizacji oczyszczalni w zlewni.

Conditioning of wastewater treatment technology optimization of sewage treatment in terms of expansion of the sewerage system

Abstract

Led investment processes related to expansion of sewage system have influence on a change of parameters of sewage floating to sewage treatment plant. An increase of technological system of sewage treatment plant burden with additional pollutant load cause that adjustment of technological system through investment activities or optimisation of technology towards its intensification is the necessity.

An analysis was carried out in sewage treatment plant with throughput from 15 000 to 100 000 PE, with reference to identification of current sewage treatment process and changes, which an additional pollutant load evokes. An comparative analysis includes 3 sewage treatment plants working in the condition of rebuilding and expansion of sewage system. Sewage treatment plant burden with pollutant load was presented and susceptibility of sewage in the biological sewage treatment process was characterised. Forecast of sewage inflow from investment area was carried out and their influence on currently working facilities was determined. An assessment of planned investment purposes in the sewage treatment plant's catchment in the aspect of its adjustment to increased pollutant load inflow as an effect of realization of infrastructure investments co – financed by European Union funds was also presented.

WPROWADZENIE

W wyniku rozbudowy systemu kanalizacji sanitarnej następuje zwiększenie dopływu ścieków do oczyszczalni. Zmianie ulegają również ich stężenia. Zwiększenie poziomu stężenia zanieczyszczeń w ściekach dopływających obserwuje się w jednostkach osadniczych, do których są odprowadzane duże ładunki zanieczyszczeń z zakładów przemysłowych (np. powstające w przemyśle mięsnym, spożywczym itp.). Nowa sieć kanalizacji obejmuje natomiast tereny, z których są odprowadzane ścieki bytowe,

* Główny Instytut Górnictwa.

pochodzące z gospodarstw domowych o relatywnie niewielkim ładunku zanieczyszczeń. Zmiany te powodują jednak, że w wielu przypadkach oczyszczalnie muszą odprowadzać ścieki z uwzględnieniem redukcji azotu ogólnego i fosforu, zgodnie z wymaganiami dla oczyszczalni od 15 000 do 99 999 równoważnej liczby mieszkańców (RLM) (Oleszkiewicz 2008).

Za wyposażenie aglomeracji w zbiorcze systemy kanalizacyjne i oczyszczalnie ścieków o odpowiednim stopniu oczyszczania są odpowiedzialne gminy (KPOŚK 2009).

1. UWARUNKOWANIA PRACY ISTNIEJĄCYCH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W ASPEKTCIE PLANOWANEJ ICH PRZEBUDOWY I ROZBUDOWY

Do optymalizacji technologii oczyszczania ścieków jest uzasadnione stosowanie symulacji komputerowej. Aktualny stan wiedzy pozwala bowiem na sporządzanie dynamicznych modeli matematycznych procesów biologicznego ich oczyszczania. Zbudowany na bazie modelu symulator oczyszczalni ścieków ułatwia podejmowanie decyzji o zmianach technologicznych oczyszczalni. Przy wyborze właściwej technologii oczyszczania ścieków pomocne są zarówno programy komputerowe autorskie, jak i komercyjne, np. BioWin (Zdebik 2008, 2009b). Powyższe wymaga od projektantów szczegółowej znajomości kinematyki procesów biochemicznych, zachodzących w poszczególnych urządzeniach. Dodatkowymi czynnikami, jakie należy uwzględnić w sporządzanym modelu jest zmienność parametrów panujących w ciągu technologicznym oczyszczalni, czyli zmiany składu ścieków dopływających, a także odcieków powstających w czasie odwadniania osadów. Niejednokrotnie odcieki te zawierają znaczny ładunek zanieczyszczeń, który ma wpływ na biologiczne procesy oczyszczania ścieków (Praca zbiorowa 1997).

1.1. Ocena stanu istniejącego oczyszczalni na etapie projektowania i modernizacji

Do uzyskania optymalnej pracy oczyszczalni ścieków i wyboru najlepszej technologii eksploatacyjnej jest niezbędna analiza różnych wariantów technologicznych. Prace przygotowawcze powinny więc polegać między innymi na określeniu stabilnych parametrów pracy oczyszczalni, analizie wariantów sterowania procesem oczyszczania ścieków, doborze systemu napowietrzania, analizie stanu przejściowego procesów oczyszczania (np. rozruchu obiektów, okresów przeciążenia, istotnych zmian warunków procesu zima – lato) oraz analizie awarii itp.

1.2. Ocena przepustowości hydraulicznej oczyszczalni

Przepustowość oczyszczalni jest zwykle definiowana w odniesieniu do przepływu średniego i maksymalnego. Przepływ maksymalny określa zazwyczaj przepustowość hydrauliczną, podczas gdy przepustowość średnia wynika z obliczeń na podstawie uproszczonej kinetyki procesów w warunkach ustalonych. Zarówno charakter przepływów, jak i reżim procesów są jednak bardziej złożone. Proponowane rozwiązania koncepcyjne, wykonane na podstawie obliczeń przy wykorzystaniu programów symu-

lacyjnych, umożliwiając oszacowanie parametrów ścieków oczyszczonych dla różnych natężeń przepływu, w danej jednostce czasu. Ocena przepustowości umożliwia ponadto znalezienie optymalnych rozwiązań, pozwalających na utrzymanie parametrów ścieków oczyszczonych w okresie maksymalnych obciążeń oczyszczalni (np. w czasie deszczy nawalnych) (Heidrich, Kozak 2008).

1.3. Obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń wyrażone RLM

W praktyce projektowej stosuje się często pojęcie równoważnej liczby mieszkańców (RLM). Jest ona obliczana na podstawie parametru BZT₅ w ściekach surowych. Najczęściej przy projektowaniu oczyszczalni ścieków przyjmuje się jednostkowe ładunki zanieczyszczeń, według niemieckich wytycznych ATV – Abwassertechnische Vereinigung (Heidrich, Witkowski 2005; Wytyczne... 2001), wynoszące:

- ChZT = 120g/M·d,
- BZT₅ = 60 g/M·d,
- zawiesiny ogólne = 70 g/M·d,
- azot ogólny = 11 g N/M·d,
- fosfor ogólny = 1,8 g P/M·d.

1.4. Kluczowe czynniki wpływające na pracę oczyszczalni

Spodziewany dopływ ścieków do oczyszczalni może ulegać zmianom w wyniku oszczędności wody, podłączania nowych użytkowników komunalnych i przemysłowych oraz działań ograniczających infiltrację do sieci kanalizacyjnej. Inną przyczyną może być ewentualna duża sezonowa zmienność ilości ścieków komunalnych lub przemysłowych. Ocena ilości dopływających ścieków jest wykorzystywana do określenia oddziaływania zmienności dopływu ścieków na pracę oczyszczalni, a w konsekwencji do zidentyfikowania krytycznych punktów układu technologicznego (np. średnicy rurociągu tłoczego) i ustalenia możliwych sposobów ich likwidacji.

1.5. Optymalizacja energetyczna systemu

W większości oczyszczalni ścieków znaczącymi kosztami eksploatacyjnymi są koszty energii elektrycznej, stosowanej między innymi do napowietrzania reaktorów biologicznych. Analiza jakości ścieków po poszczególnych stopniach oczyszczania, z uwzględnieniem ich retencji w obiektach, może być wykorzystana do określania możliwości zmniejszenia zużycia energii. Zmniejszenie to można uzyskać przez zmianę intensywności napowietrzania wzdłuż reaktora, w reżimie dobowym i sezonowym (np. lato – zima) lub przez zastosowanie napowietrzania przerywanego.

W praktyce istotne jest także ustalenie zapotrzebowania energetycznego dla całego systemu tłoczenia ścieków; w tym celu analizie są poddawane obiekty zasilane energią elektryczną. Ważnym problemem podczas optymalizacji energochłonności oczyszczalni, w warunkach wzrostu dopływu ładunku zanieczyszczeń, jest zwiększenie, głównie w części biologicznej, efektywności oczyszczania ścieków. W tym celu należy:

- dokonać analizy stanu istniejącego,
- przeanalizować zmienność dopływu ścieków oraz stężeń zanieczyszczeń w ściekach surowych,
- przeanalizować możliwości zmiany pracy istniejących urządzeń, które zostały uznane za najbardziej energochłonne,
- określić warunki brzegowe pracy oczyszczalni:
 - wpływ ładunków zanieczyszczeń na pracę oczyszczalni w cyklu dobowym – nierównomierność dopływu – stan obecny i prognozowany,
 - wpływ ładunków zanieczyszczeń na pracę części biologicznej oczyszczalni z uwzględnieniem retencji,
 - ustalenie warunków pracy komór biologicznych – obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń – w cyklu usuwania związków biogennych,
- zaproponować zmiany w technologii oczyszczania ścieków oraz gospodarki osadami (w tym wykorzystanie biogazu).

1.6. Ograniczanie dopływu ścieków do części biologicznej w sytuacjach nieprzewidzianych

W wielu oczyszczalniach, w celu utrzymania projektowanych parametrów ścieków oczyszczonych z osadników wtórnych, jest praktykowane kierowanie części ścieków surowych i(lub) mechanicznie oczyszczonych, przelewem burzowym do odbiornika. Zwiększenie przepływu przez część biologiczną może spowodować niewielkie pogorszenie jakości tych parametrów, ale przy jednoczesnym ograniczeniu zrzutu ścieków surowych bezpośrednio do odbiornika. Na podstawie oceny pracy oczyszczalni można określić ilość ścieków zrzucanych do odbiornika z pominięciem części biologicznej, minimalizując sumaryczny ładunek zanieczyszczeń wprowadzonych do wód powierzchniowych.

1.7. Analiza wpływu wód opadowych

Jednym ze sposobów ograniczania zrzutów z przelewów na ogólnospławnej sieci kanalizacyjnej jest budowa zbiorników retencyjnych, z których zatrzymane ścieki są później odprowadzane do oczyszczalni. Należy ocenić wpływ dużych przepływów, powstających w czasie opróżniania zbiorników wód deszczowych, na pracę oczyszczalni ścieków.

1.8. Określanie ilości powstającego osadu

Na podstawie modelu można przewidywać ilość osadu produkowanego w procesach oczyszczania ścieków. Łatwo można też przetestować różne sposoby kontroli wieku osadu oraz ocenić wpływ zmian sposobu eksploatacji na ilość osadu nadmierne, kierowanego do dalszych procesów, tj. stabilizacji tlenowej lub fermentacji metanowej.

2. PRZYKŁADY ROZWIĄZAŃ TECHNOLOGICZNYCH STOSOWANYCH W PRAKTYCE

2.1. Stan istniejący systemu oczyszczania ścieków

Ze względu na wymagania, jakim powinny odpowiadać ścieki oczyszczone w oczyszczalniach poniżej 14 999 RLM, należy stwierdzić, że operatorzy obiektów:

- dysponują małą liczbą badań i analiz w celu wytypowania reprezentatywnych okresów do oceny rzeczywistego obciążenia hydraulicznego i ładunkiem zanieczyszczeń obiektu,
- dysponują niewystarczająco opomiarowanym obiektem w system kontrolno-pomiarowy do prowadzenia ciągłego monitoringu parametrów technologicznych,
- proces oczyszczania ścieków prowadzą na podstawie standardowej nastawy urządzeń,
- ze względu na małe zaplecze laboratoryjne dokonują rutynowych pomiarów parametrów fizyczno-chemicznych w ograniczonym zakresie.

Ustalenie rzeczywistego obciążenia oczyszczalni wymaga wykonania dodatkowych pomiarów w celu oceny efektywności procesów prowadzonych przez eksploatatora. Wykonanie badań fizyczno-chemicznych na poszczególnych stopniach oczyszczania ścieków i odwadniania osadów stanowi podstawę do właściwego zbilansowania ładunku zanieczyszczeń, od czego zależy dobór technologii i urządzeń w ciągu technologicznym dla docelowego modelu oczyszczania.

Układ technologiczny istniejący w oczyszczalniach, które obsługują do 14 999 RLM, w większości przypadków nie może gwarantować oczyszczania ścieków z azotu ogólnego i fosforu, przy zwiększeniu ładunku powyżej 15 000 RLM. Oczyszczalnie te będą musiały ulec przebudowie lub rozbudowie w związku z planowaną rozbudową sieci kanalizacyjnej na terenie aglomeracji. Do oczyszczalni takich należą między innymi Oczyszczalnie Ścieków w Piekoszowie, Kalwarii Zebrzydowskiej i Oleśnie. W związku z docelowym obciążeniem ich ładunkiem powyżej 15 000 RLM, w ramach kompleksowych programów opracowanych w Zakładzie Ochrony Wód Głównego Instytutu Górnictwa dla przedsiębiorstw wodociągowych oraz gmin, określono zakres działań inwestycyjnych (Zdebik 2008). W tablicy 1 przedstawiono założenia projektowe, a w tablicy 2 obecne średnioroczne parametry ścieków dopływających i oczyszczonych wraz z obciążeniem ładunkiem wyrażonym jako RLM dla poszczególnych oczyszczalni (Zawartka, 2009, 2008; Zdebik 2007).

Tablica 1. Parametry ścieków dopływających – założenia projektowe

Parametr	Jednostka	OS Piekoszów	OS Kalwaria Zebrzydowska	OS Oleśno
<i>Parametry projektowe</i>				
Q _{śrd}	m ³ /d	2050	600	2400
RLM		13 756	3000	8040
<i>Stężenie średnie dobowe – ścieki dopływające</i>				
BZT ₅	mgO ₂ /l	403	300	201
ChZT	mgO ₂ /l	b.d.	600	402
Zawiesina ogólna	mg/l	403	300	200
Azot ogólny	mgN/l	66	55	40
Fosfor ogólny	mgP/l	16	12,5	8

Stężenie średnie dobowe – ścieki oczyszczone				
BZT ₅	mgO ₂ /l	25	25	25
ChZT	mgO ₂ /l	125	125	125
Zawiesina ogólna	mg/l	35	35	35
Azot ogólny*)	mgN/l	n.o.	n.o.	n.o.
Fosfor ogólny*)	mgP/l	n.o.	n.o.	n.o.

* Parametr niewymagany pozwoleniem wodnoprawnym dla oczyszczalni < 14 999 RLM; n.o. – nie określono, b.d. – brak danych.

Tablica 3. Parametry ścieków dopływających – stan istniejący

Parametr	Jednostka	OS Piekoszów	OS Kalwaria Zebrzydowska	OS Olesno
<i>Parametry eksploatacyjne</i>				
Q _{srd}	m ³ /d	745	312	1 637,8
RLM		14 058	1674	9648
Liczba obsługiwanych mieszkańców	mk	5146	810	7000
<i>Stężenie średnie dobowe – ścieki dopływające</i>				
BZT ₅	mgO ₂ /l	1132	322	404,4
ChZT	mgO ₂ /l	2593	972	912
Zawiesina ogólna	mg/l	881	504	260
Azot ogólny	mgN/l	140,7	51	80,57
Fosfor ogólny	mgP/l	39,5	12	8,85
<i>Stężenie średnie dobowe – ścieki oczyszczone</i>				
BZT ₅	mgO ₂ /l	7,4	8,0	8,55
ChZT	mgO ₂ /l	38,3	35,5	48,3
Zawiesina ogólna	mg/l	14,1	17,9	26,5
Azot ogólny*)	mgN/l	19,3	19,6	39,8
Fosfor ogólny*)	mgP/l	4,47	1,5	0,62

* Parametr niewymagany pozwoleniem wodnoprawnym dla oczyszczalni < 14 999 RLM.

Oceniając stan istniejący stwierdzono, że ścieki oczyszczone w opisywanych oczyszczalniach spełniają wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku w zakresie parametrów: BZT₅, ChZT, zawiesiny ogólnej. Oczyszczalnie ścieków, zgodnie z obowiązującym prawem nie muszą spełniać wymagań dotyczących związków biogenych, takich jak azot ogólny i fosfor.

Oczyszczalnia ścieków w Piekoszowie

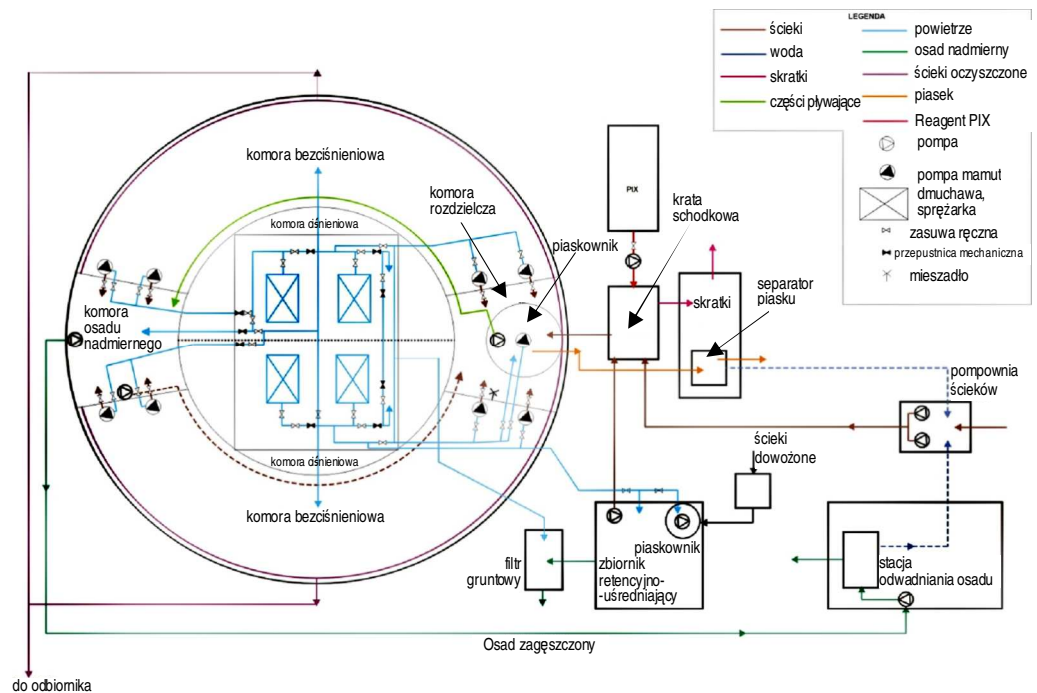
Mieszanka ścieków z sieci kanalizacyjnej i punktu zlewnego, po przepłynięciu przez kratę schodkową, zostaje zmieszana z preparatem PIX i trafia do wielofunkcyjnego reaktora biochemicznego typu „Hydrocentrum”. Jest to zblokowany obiekt żelbetonowy podzielony na wiele komór o różnych funkcjach technologicznych. Pierwszym obiektem, do którego trafiają ścieki, jest komora rozdzielcza wyposażona w piaskownik, usytuowana w pierścieniu zewnętrznym reaktora. Jest ona wyposażona w rurociągi odprowadzające ścieki do dwóch komór ciśnieniowych reaktora biochemicznego. Rurociągi te mają zamontowane zasuwę umożliwiające odcięcie dopływu ścieków w przypadku użytkowania jednego z dwóch ciągów technologicznych reaktora (co może nastąpić przy małej ilości dopływających ścieków lub w przypadku konieczności remontu instalacji napowietrzającej). Końcówki przewodów w komorze rozdzielczej są umieszczone tuż nad dnem, poniżej poziomu osiąganego przez ścieki w komorze ciśnieniowej reaktora, w fazie spustu. Do komory rozdzielczej są odprowadzone wyloty z instalacji recyrkulacji osadu z beciśnieniowych komór oczyszczania.

W celu zabezpieczenia przed przelaniem się ścieków z komory rozdzielczej, w przypadku pracy jednego ciągu technologicznego w fazie spustu, zaprojektowano instalację przelewową na dno bezcisnieniowych komór oczyszczania. Z komory ciśnieniowej ścieki przepływają otworami usytuowanymi przy dnie do komory bezcisnieniowej. Równocześnie rusztami napowietrzającymi sprężone powietrze jest włączane do układu obu komór reaktora. Powietrze dostarcza tlen niezbędny do utrzymania osadu czynnego w postaci zawiesiny równomiernie wypełniającej reaktor. Z chwilą, gdy ścieki w komorze ciśnieniowej osiągną odpowiedni poziom lub upłynie zadany czas, zostaje wstrzymany dopływ sprężonego powietrza do reaktora. Rozpoczyna się cykl sedimentacji. Dopływające do komory ciśnieniowej, z komory rozdzielczej, ścieki są gromadzone w reaktorze i powodują powolne i stopniowe podwyższanie się poziomu ścieków w komorze bezcisnieniowej. Po osiągnięciu poziomu maksymalnego oraz zadowalającym opadnięciu osadu, zdekantowane ścieki oczyszczone, w sposób wymuszony za pomocą sprężonego powietrza włączanego do komory ciśnieniowej, przelewają się do koryt zbiorczych i dalej odpływają do odbiornika. W momencie, gdy ścieki w komorze ciśnieniowej osiągną poziom minimalny zostaje odcięty dopływ sprężonego powietrza i otworzona przepustnica odpowietrzająca. Tym samym rozpoczyna się kolejny cykl oczyszczania – napełnianie reaktora i biochemiczne oczyszczenie. Od chwili zakończenia procesu napowietrzania, powstające w komorze warunki beztlenowe sprzyjają kumulacji fosforanów w biomase osadu czynnego oraz uwalnianiu się azotu cząsteczkowego w procesach denitryfikacji. Zagęszczony i bogaty w fosfor osad nadmierny jest usuwany do komory osadowej za pomocą podnośników powietrznych (pomp mamut) pod koniec cyklu spustu ścieków oczyszczonych. Inny podnośnik powietrzny umożliwia w razie potrzeby, podawanie osadu z komory bezcisnieniowej do komory rozdzielczej i dalej do komory ciśnieniowej, wspomagając recyrkulację osadu, która w założeniu odbywa się przez otwory znajdujące się w ścianie między komorą ciśnieniową i bezcisnieniową. Komora osadowa, do której jest kierowany nadmierny osad z komór oczyszczania, jest wyposażona w instalację napowietrzającą, służącą do ewentualnej stabilizacji osadu, oraz pompę tłoczącą osad z dna komory do stacji odwadniania osadu, a także pompę do odprowadzania wód nadosadowych. Stacja odwadniania osadu, usytuowana w budynku technicznym oczyszczalni, składa się ze zbiornika pośredniego na osad oraz urządzeń mechanicznych: prasy do osadu, pompy dozującej osad, stacji przygotowania i dawkowania polielektrolitu, pompy płuczającej.

Odwodniony osad jest transportowany bezpośrednio na przyczepę samowładową i wywożony w celu wykorzystania przyrodniczego lub na składowisko odpadów, ewentualnie gromadzony czasowo na placu zlokalizowanym w pobliżu budynku technicznego oczyszczalni. Sterowanie pracą reaktora odbywa się za pomocą sterownika mikroprocesorowego. Przewidziano monitorowanie przebiegu procesu oczyszczania na ekranie panela zainstalowanego w budynku obsługi, a także w budynku stacji dmuchaw. Monitorowaniu podlega aktualny stan urządzeń w obiektach.

Oczyszczone ścieki są kierowane przez istniejące rowy melioracyjne nr B2 i B do ciekłu Babia, który uchodzi do Bobrzy.

Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Piekoszowie przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat oczyszczalni ścieków w Piekoszowie – stan obecny

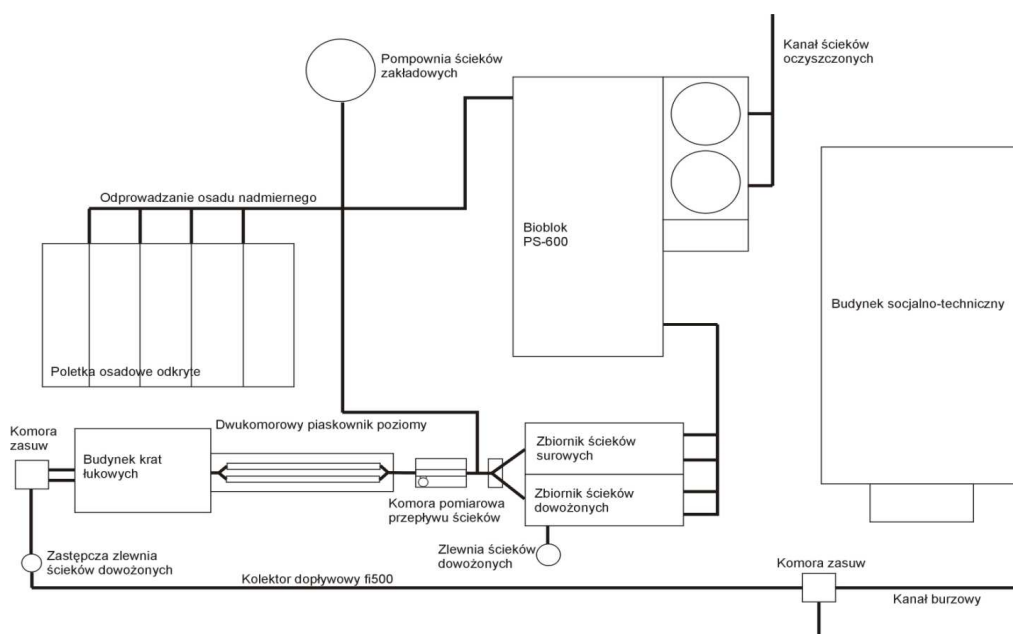
Fig. 1. Layout of sewage treatment plant in Piekoszów – an actual state

Oczyszczalnia ścieków w Kalwarii Zebrzydowskiej

Oczyszczanie ścieków w ciągu technologicznym oczyszczalni BIOBLOK PS-600 następuje drogą biochemicznego rozkładu zanieczyszczeń z zastosowaniem niskoobciążonego osadu czynnego, przez biochemiczną denitryfikację i defosfatację. Proces ten jest realizowany w warunkach beztlenowo-tlenowych we wspólnym procesie przemian związków węgla, azotu i fosforu. Osad nadmierny jest stabilizowany tlenowo w komorze stabilizacji. Proces oczyszczania ścieków i stabilizacji osadu nadmiernego jest prowadzony w powiązonym hydraulicznie układzie komór: beztlenowej, niedotlenionej, tlenowej i w osadniku wtórnym. Doprowadzane do oczyszczalni ścieki, pozbawione uprzednio skrutek lub części mineralnych, są doprowadzane do komory beztlenowej, w której są mieszane z osadem recykulowanym z osadnika wtórnego lub komory niedotlenionej. W komorze beztlenowej rozpoczyna się proces oczyszczania ścieków i aktywizacja mikroorganizmów absorbujących fosfor w komorze tlenowej. Mieszanina ścieków z osadem przepływa następnie do komory niedotlenionej, do której jest recykulowana mieszanina ścieków oraz osad z komory tlenowej. W komorze tej przebiega proces denitryfikacji, dla którego źródłem azotanów jest recykulant z komory tlenowej, zaś źródłem węgla organicznego są ścieki z komory beztlenowej. Z komory niedotlenionej mieszanina przepływa do komory tlenowej, w której nastę-

pują: ostatni etap rozkładu związków organicznych, nityfikacja oraz pobieranie fosforu z roztworu. Oddzielenie ścieków oczyszczonych od osadu czynnego następuje w osadnikach wtórnych usytuowanych po komorze tlenowej. Wewnątrz komory tlenowej jest wydzielona komora substancji, w której następuje proces odgazowania ścieków, tj. oddzielenie drobnych pęcherzyków gazu od kłaczków osadu czynnego. Osad wydzielony w osadnikach wtórnych jest zawracany do komory niedotlenionej. Osad nadmierny natomiast jest odprowadzany do wydzielonej komory tlenowej. Oczyszczone ścieki, kolektorem Ø500 mm, są odprowadzane do potoku Cedron w km 15+200. Całość osadu nadmiernego jest składowana na poletkach osadowych, na których następuje grawitacyjne ich odwadnianie. Odcieki z poletek są zawracane do kanalizacji wewnętrznej funkcjonującej w oczyszczalni.

Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Kalwarii Zebrzydowskiej przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat oczyszczalni ścieków w Kalwarii Zebrzydowskiej – stan obecny
Fig. 2. Layout of sewage treatment plant in Kalwaria Zebrzydowska – an actual state

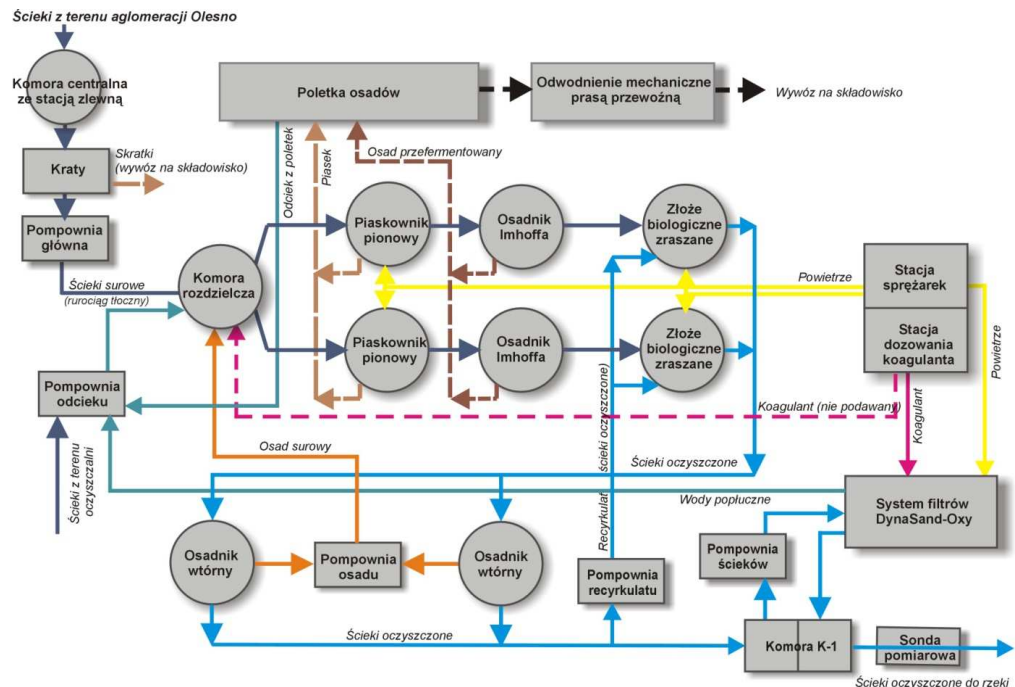
Oczyszczalnia ścieków w Oleśnie

Ścieki z terenu miasta spływają siecią kanalizacji sanitarnej do komory centralnej, skąd kanałem dopływowym są kierowane do komory krat. Do komory centralnej są wprowadzane również ścieki dowożone wozami asenizacyjnymi. W komorze krat (na kratkach mechanicznych) następuje oczyszczanie ścieków z grubych zawiesin i zanieczyszczeń (skratek), a następnie są one przepompowywane do komory rozdzielczej (do oczyszczalni ścieków). Z komory rozdzielczej są kierowane na piaskowniki, gdzie są oczyszczane z zawiesin mineralnych, a dalej na osadniki Imhoffa. Z osadników, ścieki są podawane na złożo biologiczne. Po biologicznym oczyszczeniu ścieki wpływają

wają do osadnika wtórnego, gdzie następuje proces klarowania. Z osadnika radialnego oczyszczone ścieki płyną kolektorem do komory rozdzielczej K-1, w której ścieki są mieszane z reagentem. Przed komorą K-1 część ścieków przez przepompownię recyrkulacyjną jest zwracana na złoża zraszane w celu zmniejszenia ich obciążenia. Następnie, ścieki wpływają do przepompowni stacji filtrów; z przepompowni są przetłaczane na filtry, gdzie następuje końcowe oczyszczenie ścieków (III stopień oczyszczania). Oczyszczone ścieki wpływają do komory K-1, z której kolektorem są odprowadzane do rzeki.

Osad wytrącony w osadniku radialnym jest zasysany pompami osadu, a następnie tłoczony do komory rozdzielczej, skąd przez piaskownik wpływa do osadnika Imhoffa, gdzie następuje proces fermentacji beztlenowej. Następnie, osad okresowo jest spuszcany na poletka osadowe, gdzie podlega odwadnianiu i stabilizacji. Wody powstałe w wyniku odwodnienia osadu (odciek) są kierowane do przepompowni odcieku i stąd ponownie wracają do oczyszczalni przez komorę rozdzielczą. Do przepompowni odcieku poza odciekiem z poletek są także wprowadzane popłuczyny z filtrów typu DynaSand-Oxy oraz ścieki z lokalnej sieci kanalizacyjnej.

Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Oleśnie przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat oczyszczalni ścieków Oleśno – stan obecny
Fig. 3. Layout of sewage treatment plant in Oleśno – an actual state

3. WPŁYW ROZBUDOWY SIECI KANALIZACYJNEJ NA PRACĘ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Wymienione oczyszczalnie będą dociążane ściekami z terenów przewidzianych do skanalizowania, w ramach środków z funduszy europejskich przez Gminy (lub ich spółki) na rozbudowę systemu kanalizacyjnego.

Przyrost obciążenia oczyszczalni, wyrażony przez równoważną liczbę mieszkańców (RLM), wraz z ilością ścieków, jaka dodatkowo dopłynie do oczyszczalni w wyniku realizacji założonego programu inwestycyjnego, przedstawiono w tabelicy 4. Podano w niej także sumaryczny dopływ ścieków oraz ładunku zanieczyszczeń do oczyszczalni wraz ze stężeniami azotu i fosforu ścieków dopływających.

Tablica 4. Zestawienie parametrów ścieków dopływających do analizowanych oczyszczalni

Parametr	Jednostka	OS Piekoszów	OS Kalwaria Zebrzydowska	OS Olesno	Wymagania dla ścieków oczyszczonych powyżej 15 000 RLM
Q_{srd}	m ³ /d	1500	1700	2730	–
RLM	–	25 080	15 221	17 252	–
Liczba mieszkańców	–	10 846	12 910	15 270	–
BZT ₅	mgO ₂ /l	1 003,20	537,2	379,30	15 lub 90% red.
ChZT	mgO ₂ /l	1 868,35	1139	303,80	125 lub 75% red.
Zawiesina ogólna	mg/l	769,57	639,2	37,70	35 lub 90% red.
Azot ogólny	mgN/l	127,75	87,3	83,20	15 lub 80% red.
Fosfor ogólny	mgP/l	31,15	15,6	10,00	2 lub 85% red.

Z powyższego zestawienia wynika, że wszystkie oczyszczalnie będą musiały spełnić wymagania dla oczyszczalni z grupy 15 000–99 999 RLM.

W przypadku poszczególnych oczyszczalni zostały przeprowadzone analizy wariantowych rozwiązań w zakresie technologii i oczyszczania ścieków oraz gospodarki osadami. W docelowych rozwiązaniach przebudowy oczyszczalni został uwzględniony również istniejący stan zagospodarowania działki oraz możliwość wykupu (pozy-skania) nowych terenów pod przyszłą rozbudowę.

3.1. Zakres prac modernizacyjnych w celu spełnienia wymagań dla oczyszczalni powyżej 15 000 RLM

W fazie koncepcyjnej przeanalizowano wszystkie możliwe warianty technologiczne i techniczne w celu wybrania najwłaściwszego, gwarantującego osiągnięcie ścieków oczyszczonych o wymaganych parametrach, jak i celów środowiskowych określonych zarówno w dokumentach strategicznych, jak i programach operacyjnych. Na podstawie przedstawionych w nich zaleceń, przedstawiono zakres prac modernizacyjnych dla poszczególnych oczyszczalni, które będą gwarantowały spełnienie wymagań oczyszczalni obsługujących powyżej 15 000 RLM.

Zakres prac związanych z przebudową Oczyszczalni Ścieków w Piekoszowie

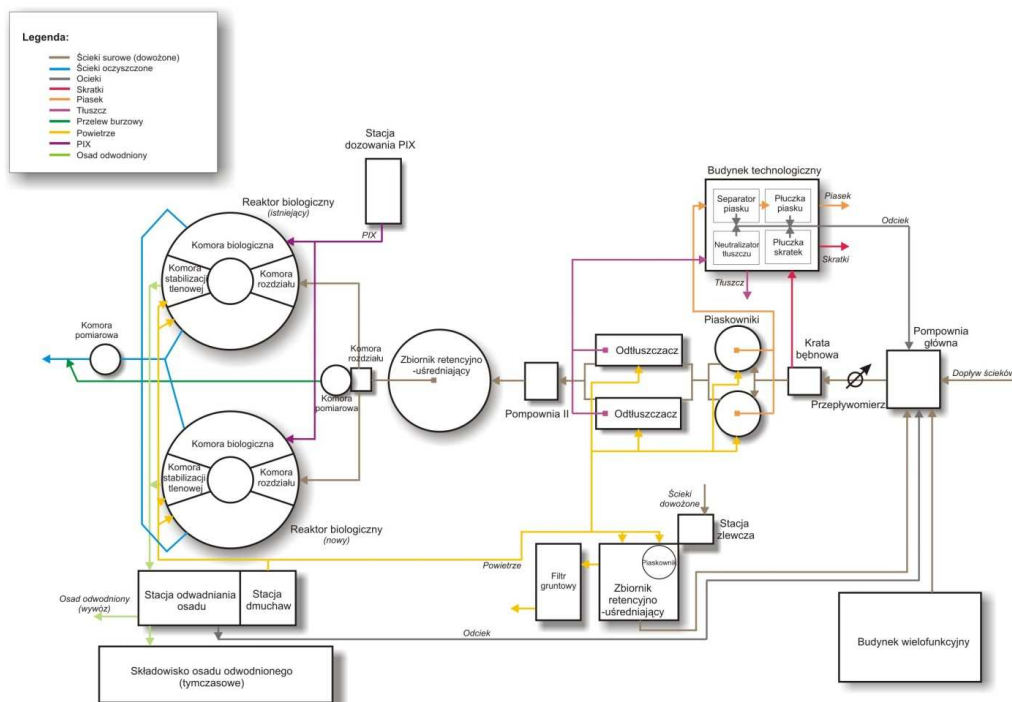
Przewidziano między innymi:

- przebudowę przepompowni głównej wraz z zainstalowaniem:
 - kraty rzadkiej,

- czterech pomp i jednej rezerwowej o mniejszej wydajności, w miejsce istniejących dwóch pomp i jednej rezerwowej,
- przepływomierza elektromagnetycznego do prowadzenia odczytów przepływu umożliwiającego, w układzie automatycznym, sterowanie dopływem ścieków do reaktora biologicznego przez zbiornik uśredniający,
- budowę kraty gęstej za przepompownią główną (np. kraty bębnowej) wraz z węzłem gospodarki skratkami, piaskiem i tłuszczami,
- budowę dwóch piaskowników wirowych wraz z płuczką skratek i neutralizatorem,
- budowę separatora tłuszczów (odtłuszczacza) wraz z instalacją do ich unieszkodliwiania,
- budowę budynku technologicznego, w którym zostaną zainstalowane: płuczka skratek, separator piasku oraz urządzenia do neutralizacji skratek, piasku i tłuszczów,
- budowę przepompowni II,
- budowę zbiornika uśredniającego o pojemności około 1000 m³,
- przebudowę istniejącego reaktora biologicznego (uszczelnienie),
- rozbudowę i przebudowę systemu napowietrzania reaktora,
- budowę bliźniaczego sekwencyjnego reaktora biologicznego (SBR) o kubaturze 2025 m³,
- przebudowę stacji dozowania PIX,
- budowę stacji odwadniania mechanicznego wyposażonej w prasę taśmową,
- budowę przelewu burzowego na odpływie ze zbiornika retencyjno-uśredniającego,
- rozbudowę istniejącego budynku obsługi z podręcznym warsztatem, pomieszczeniami dla kierowców, laboratorium, magazynem oraz szatnią,
- przebudowę stacji zlewczej,
- likwidację istniejącego placu do magazynowania osadów ściekowych,
- wykonanie nowego placu do magazynowania osadów ściekowych,
- przebudowę i rozbudowę systemu sterowania aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki, sieci i rurociągów technologicznych.

Rozwiązanie takie przyczyni się do oszczędności energii elektrycznej przy minimalnych dopływach ścieków.

Schemat blokowy oczyszczalni ścieków w Piekoszowie po modernizacji przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Schemat technologiczny Oczyszczalni Ścieków w Piekoszowie po modernizacji

Fig. 4. Technological layout of Sewage Treatment Plant in Piekoszów – after modernization

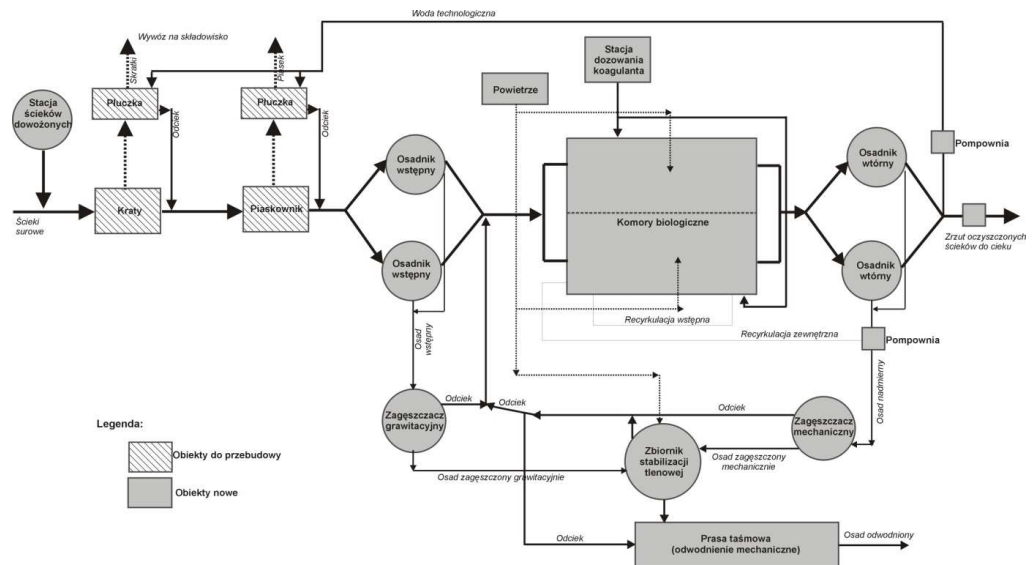
Zakres prac związanych z przebudową Oczyszczalni Ścieków w Kalwarii Zebrzydowskiej

Zaproponowano budowę oczyszczalni w układzie przepływowym. Zakres przedsięwzięcia obejmował:

- w części mechanicznej:
 - budowę stanowiska zlewnego ścieków dowożonych – w formie kontenerowej stacji zlewniej wyposażonej w szybkozłącze, identyfikator dostawców ścieków i pomiar ilości ścieków dowożonych oraz w sito mechaniczne,
 - budowę obiektu przeznaczonego na urządzenia mechanicznego oczyszczania ścieków, w którym zostanie zamontowana instalacja do mechanicznego usuwania skrutek i piasku typu Combo, składająca się z:
 - sita spiralnego zintegrowanego z prasą do skrutek i układem płuczającym,
 - piaskownika poziomego ze spiralami transportującymi i wsuwającymi piasek z instalacji płuczki,
- w części biologicznej:
 - budowę reaktora biologicznego – dwóch ciągów komór biologicznych o kubaturze po 1000 m³, w postaci zbiorników żelbetowych, wyposażonych w system napowietrzania i mieszadła,
 - budowę stacji dmuchaw do zasilania systemów napowietrzania w reaktorze oraz w komorze stabilizacji tlenowej,

- budowę zbiornika reagenta wraz z instalacją dozującą,
- budowę pompowni wody technologicznej (do pobierania wody ze ścieków oczyszczonych),
- w części osadowej:
 - budowę zagęszczacza grawitacyjnego dla osadów odprowadzonych z osadnika wstępnego w celu uzyskania LKT (lotnych kwasów tłuszczowych),
 - budowę zbiornika stabilizacji tlenowej wraz z filtrem biologicznym spełniającego jednocześnie funkcję zbiornika zagęszczania osadu, do którego będzie odprowadzany osad wstępny i nadmierny z reaktora biologicznego; w celu ograniczenia procesów zagniwania osadu, zbiornik będzie wyposażony w urządzenie napowietrzająco-mieszające,
 - budowę obiektu do mechanicznego odwadniania i higienizacji osadu (linii odwadniającej złożonej z prasy filtracyjno-taśmowej),
 - budowę zadaszzonego stanowiska odpadów,
- budowę kotłowni,
- instalację, automatykę, sterowanie,
- zagospodarowanie terenu oczyszczalni.

5. Schemat technologiczny OS Podlesie po przebudowie przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Schemat technologiczny OS Podlesie po modernizacji
 Fig. 5. Technological layout of STP Podlesie – after modernization

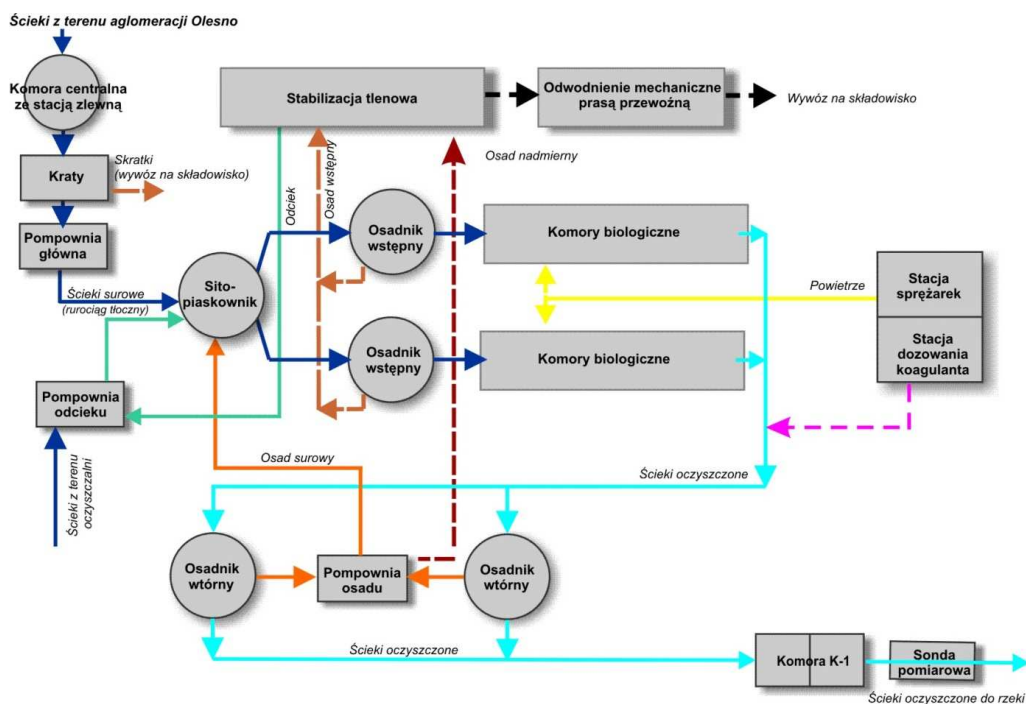
Zakres prac związanych z przebudową Oczyszczalni Ścieków w Oleśnie

W układzie przepływowym planuje się budowę następujących obiektów:

- osadniki wstępne – radialne: 2 szt. o pojemności 340 m³ każdy,
- sito piaskowników: 2 szt.,

- komory biologiczne:
 - defosfatacji: 1 szt. o pojemności 170 m³,
 - nitryfikacji: 2 szt. o pojemności 250 m³ każda,
 - denitryfikacji: 2 szt. o pojemności 250 m³ każda,
- węzły zagęszczania osadów:
 - zagęszczacz grawitacyjny: 1 szt. o wydajności 120 m³/d,
 - zagęszczacz mechaniczny: 1 szt. o wydajności 25 m³/h

Bez zmian pozostaną osadniki wtórne. Zlikwidowane zostaną: komora rozdziału, piaskowniki, osadniki Imhoffa, złoża zraszane biologiczne, filtry typu DynaSand-Oxy. Schemat technologiczny OS Olesno po przebudowie przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Schemat technologiczny Oczyszczalni Ścieków Olesno po modernizacji
Fig. 6. Technological layout of Sewage Treatment Plant Olesno – after modernization

PODSUMOWANIE

Zgodnie z zaproponowanymi zasadami optymalizacji technologii oczyszczania ścieków, ustalono zakres niezbędnej przebudowy istniejących oczyszczalni. Konieczność przebudowy wyniknęła przede wszystkim z faktu, że przy przekroczeniu wartości 15 000 RLM muszą one uzyskiwać wymagane parametry ścieków oczyszczonych, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości: azotu ogólnego poniżej 15 mg/l i fosforu ogólnego poniżej 2 mg/l. Obecna technologia stosowana w istniejących oczyszczal-

niach umożliwia oczyszczanie dopływających do niej ścieków, jednak zwiększenie obciążenia oczyszczalni ładunkiem biogenów wymusza konieczność wprowadzenia zmian w procesie oczyszczania. Niejednokrotnie wiąże się ze zwiększeniem kubatury części biologicznej.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że przygotowanie programu modernizacji oczyszczalni powinno być poprzedzone wykonaniem:

- oceny stanu technicznego istniejącej oczyszczalni,
- oceny przepustowości hydraulicznej i obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń,
- analizy podstawowych czynników wpływających na pracę oczyszczalni,
- analizy zapotrzebowania oczyszczalni na energię elektryczną,
- analizy ilości i jakości ścieków dopływających do oczyszczalni, zwłaszcza w sytuacjach nietypowych, tj. podczas deszczy nawalnych,
- analizy ilości osadów powstających w procesie oczyszczania ścieków i dalszej przeróbki tych osadów.

Podstawą wyboru właściwego kierunku modernizacji oczyszczalni była symulacja jej pracy z wykorzystaniem programów komputerowych oraz analiza opcji techniczno-technologicznych, pozwalająca na wybór rozwiązania optymalnego pod względem inwestycyjnym, eksploatacyjnym oraz uzyskania założonych parametrów ścieków oczyszczonych.

Literatura

1. Heidrich Z., Kozak T. (2008): Ocena stopnia wykorzystania przepustowości istniejących miejskich oczyszczalni w Polsce. Gaz, Woda i Technika Sanitarna nr 12.
2. Heidrich Z., Witkowski A. (2005): Urządzenia do oczyszczania ścieków, projektowanie przykłady obliczeń. Warszawa, Wydaw. Seidel-Przywecki.
3. KOPŚK (2009): Aktualizacja „2008” Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych, Warszawa, marzec 2009.
4. Oleszkiewicz J.A. (2008): Usuwanie azotu i fosforu do zaostrzonych wymogów Dyrektywy UE: praktyka i nowe technologie. Nowoczesna przeróbka osadów ściekowych. Kraków, Wydaw. Lemtech.
5. Praca zbiorowa (1997): Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków. Poznań, PZITS Oddz. Poznań.
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 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. Nr 137, poz. 984 z późn. zm.
7. Wytoczne ATV-DVWK-131P (2001): Abwassertechnische Vereinigung und Deutsche Verband für Wasserwirtschaft und Kulturben (Wymiarowanie jednostopniowych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym). Warszawa, Wydaw. Seidel-Przywecki.
8. Zawartka P. (2008): Koncepcja wraz ze studium wykonalności dla przedsięwzięcia pn.: „Gospodarka wodno-ściekowa w Gminie Kalwaria Zebrzydowska”. Katowice, GIG (niepublikowana).
9. Zawartka P. (2009): Koncepcja wraz ze studium wykonalności dla przedsięwzięcia pn.: „Uporządkowanie gospodarki wodno-ściekowej na terenie Gminy Piekoszów”. Katowice, GIG (niepublikowana).
10. Zdebik D. (2007): Koncepcja kanalizacji Miasta i Gminy Olesno. Katowice, GIG (niepublikowana).

11. Zdebik D. (2008) Wytyczne programowania modernizacji układów technologicznych oczyszczalni ścieków w aspekcie bilansu energetycznego oczyszczalni. Praca statutowa. Katowice, GIG (niepublikowana).
12. Zdebik D. (2009a): Model gospodarki osadami ściekowymi z uwzględnieniem migracji zanieczyszczeń na poszczególnych etapach technologicznego utylizacji. Praca statutowa. Katowice, GIG (niepublikowana).
13. Zdebik D. (2009b): Model komputerowy technologii oczyszczania ścieków wraz z wytycznymi wspomaganiami decyzji. Praca statutowa. Katowice, GIG (niepublikowana).

Recenzent: dr Zbigniew Bzowski