



## Analysis of the technological process in the sewage treatment plant

*Damian RICHTER<sup>1</sup>, Ewa FOKCZYŃSKA<sup>2</sup>, Paweł OGLAZA<sup>2</sup>, Agnieszka KIJO-KLECZKOWSKA<sup>1</sup>, Katarzyna ŚRODA<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Instytut Maszyn Ciepłych, al. Armii Krajowej 21, 42-201 Częstochowa; e-mail: richter\_damian@imc.pcz.czyst.pl*

<sup>2</sup>*EKO-SAN mgr inż. Ewa Fokczyńska Wodociągi, Kanalizacja i Instalacje Sanitarne, ul. Piłsudskiego 4, 42-700 Lubliniec*

### Abstract

Analysis of the technological process of wastewater treatment plant and sludge preparation. The paper presents an analysis of the technological process of wastewater treatment and the process of preparation of sludge in a wastewater treatment plant in Koszęcin. Firstly we presented the location of the plant, described its characteristics and discussed the environmental conditions of the functioning of the plant. Then we investigated parameters of the process and technology in the considered plant, the stages of wastewater treatment and dewatering of excess sludge. Also we presented laboratory tests of wastewater and sludge.

**Keywords:** sewage treatment plant, sewage, sewage sludge.

### Streszczenie

Analiza procesu technologicznego w zakładzie oczyszczania ścieków i przygotowania osadów

W pracy zaprezentowano analizę procesu technologicznego oczyszczania ścieków oraz przygotowania osadów w oczyszczalni ścieków w Koszęcinie. Na wstępie zaprezentowano lokalizację zakładu, dokonano jego charakterystyki oraz omówiono warunki środowiskowe funkcjonowania wspomnianej oczyszczalni. Rozpatrzono parametry procesowo-technologiczne w rozpatrywanym zakładzie, etapy oczyszczania ścieków i odwadnianie osadu nadmiernego. Przedstawiono również badania laboratoryjne ścieków i osadów.

**Słowa kluczowe:** oczyszczalnia ścieków, ściek, osad ściekowy.

## 1. Wprowadzenie

Miejscowość Koszęcin położona jest w południowej części powiatu lublinieckiego, w województwie śląskim. Teren zajmowany przez zakład oczyszczalni ścieków znajduje się w odległości ok. 1 km od centrum zabudowy Koszęcina, w pobliżu ulicy Piaskowej. Działka należąca do oczyszczalni ścieków jest własnością Gminy oraz Agencji Własności Rolnej Skarbu Państwa. Powierzchnia działki, na której znajduje się oczyszczalnia wynosi 4125 m<sup>2</sup>, co zapewnia odpowiedni obszar terenu dla prawidłowej pracy zakładu. Został on wyposażony w niezbędne powierzchnie utwardzone pełniące funkcje placów manewrowych dla jego obsługi, dostarczania ścieków i osadów dowożonych, wywozu odpadów stałych i odwodnionych nadmiernych osadów. Wody opadowe spływające z powierzchni utwardzonych na terenie analizowanej oczyszczalni można uznać za „czyste”, gdyż nie splukują one żadnych zanieczyszczeń, z uwagi na fakt zwracania do procesu technologicznego oczyszczania ewentualnych rozlewów w ścieków dowożonych. Płyta betonowa punktu zlewnego wyposażona jest w kratkę ściekową i punkt poboru wody. Odcieki powstające w różnych fazach procesu technologicznego kierowane są w całości do wewnętrznej kanalizacji oczyszczalni, co eliminuje ich powierzchniowy spływ. Spływy powierzchniowe z połąci dachowych obiektów kubaturowych i częściowo z powierzchni utwardzonych odprowadzone są do kanalizacji i kierowane do oczyszczalni ze względu na

możliwość skażenia terenu poza zakładem. Dla celów pitnych i gospodarczych woda pobierana jest z wodociągu komunalnego. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych, odprowadzanych z oczyszczalni jest rzeka Leśnica, będąca dopływem Małej Panwi zlokalizowanej w zlewni rzeki Odry. Mała Panew wypływa ze wzniesień w rejonie miejscowości Cynków. Całkowita długość rzeki wynosi 131,8 km, natomiast powierzchnia zlewni została oszacowana na ok. 231,5 km<sup>2</sup>. Główne dopływy Małej Panwi to rzeki: Stoła, Piła i Lublinica. Mała Panew uchodzi do rzeki Odry na terenie województwa opolskiego i znajduje się na granicy Opola i gminy Dobrzeń Wielki, w pobliżu wsi Czarnowąsy. Zanieczyszczenia Małej Panwi powodują ośrodki miejsko-przemysłowe, takie jak: Kalety, Tarnowskie Góry, Lubliniec oraz zakłady przemysłowe: Huta Cynku „Miasteczko Śląskie” i zakład tworzy w sztucznych „Nitron-Erg”, znajdujący się w Krupskim Młynie. W zlewni Małej Panwi, w okresie badań prowadzonych przez sanepid, znajduje się 5 punktów monitoringu krajowego i 5 regionalnego. Rzeka Leśnica nie jest objęta badaniami monitoringowymi jakości wód powierzchniowych. Takie punkty zlokalizowane są na Małej Panwi i jej większych dopływach: Stole, Pile i Lublinicy.

Miejsce zrzutu ścieków oczyszczonych do rzeki Leśnicy oddalone jest od terenu oczyszczalni o ok. 80 m. W miejscu zrzutu ścieków szerokość rzeki wynosi ok. 5 m, głębokość 0,39 m, dla miarodajnej wydajności 0,308 m<sup>3</sup>/s.

Z terenu analizowanej zlewni (Koszęcin, Prądy, Strzebień) do oczyszczalni doprowadzane są ścieki dopływające istniejącą kanalizacją sanitarną oraz dowożone w ilości 50 m<sup>3</sup> w ciągu doby. Przepustowość obiektu oczyszczalni w Koszęcinie wynosi 1056 m<sup>3</sup>/dobę.

Proces oczyszczania ścieków w rozpatrywanym zakładzie można podzielić na dwa etapy. Pierwszy stanowi oczyszczanie mechaniczne, etap drugi natomiast oczyszczanie biologiczne. Wadą oczyszczalni jest stałe przyjmowanie ścieków, co powoduje niejednokrotnie kłopoty z podziałem dostarczonego ładunku bakterii. Oczyszczalnia przyjmuje ścieki całodobowo, nie ma zatem możliwości zatrzymania ścieków przed zakładem. Teren oczyszczalni posiada poletko przelewowe. Jest jednak miejscem podwyższonego ryzyka. Mogą bowiem na nim występować bakterie groźne dla zdrowia człowieka oraz środowiska. Każda osoba przebywająca na terenie oczyszczalni ścieków powinna zostać wcześniej przeszkolona przez kompetentne osoby oraz spełniać wymogi sanitarne i zdrowotne.

Oczyszczalnia ścieków w Koszęcinie ma za zadanie nie tylko oczyszczanie ścieków dopływających i dowożonych do zakładu, ale również unieszkodliwianie części stałych znajdujących się w surowym ścieku. W zakładzie powstaje również osad ściekowy, który może być dalej racjonalnie wykorzystywany.

Pierwszy etap oczyszczania ścieków odbywa się w pompowni, do której ścieki dopływają przewodem kanalizacyjnym DN 300. Na wlocie do pompowni zainstalowana jest krata koszowa wyposażona w wciągnik elektryczny pozwalający na opuszczanie kraty koszowej i zabezpieczający wlot ścieków do pompowni. Pompownia pełni jednocześnie funkcję zbiornika retencyjnego o pojemności ok. 10 m<sup>3</sup> na ścieki dowożone. W pompowni, na przewodzie tłocznym DN 150, wykonane jest odejście przewodu DN 80 ze stali nierdzewnej z armaturą odcinającą. Odejście to umożliwia w razie potrzeby odwodnienie przewodu tłoczonego. Ścieki dowożone ze zbiorników bezodpływowych w ilości Q=50 m<sup>3</sup>/dobę zlewane są na terenie oczyszczalni w obszarze stanowiska zlewnego, po czym następnie wraz ze ściekami surowymi kierowane są do pompowni głównej. Ścieki z pompowni głównej są podawane na blok mechanicznego oczyszczania, tj. sita bębnowe, które znajdują się w budynku technologicznym. Do sit doprowadzane są ścieki z pompowni. Dzięki specjalnej konstrukcji sit oddziela się na nich zanieczyszczenia mechaniczne, zawiesiny organiczne oraz piasek. Do płukania sit wykonana jest specjalna instalacja wody zimnej i ciepłej działająca automatycznie i sterowana naprzemiennie przez sterownik programowalny z uwzględnieniem wytycznych eksploratorów. Odseparowane na sitach skratki i piasek są odwadniane i gromadzone w rękawach foliowych, przesypane wapnem chłorowym i w takiej postaci składowane w wyznaczonym miejscu na oczyszczalni ścieków. Po uzbieraniu na składowisku większych ilości wspomnianego materiału jest on zabierany i utylizowany. Ściek oczyszczony w taki sposób trafia następnie do zbiornika uśredniającego. Pojemność zbiornika uśredniającego wynosi ok. 73 m<sup>3</sup>, co pozwala na zmagazynowanie ścieków oczyszczonych mechanicznie. W zbiorniku uśredniającym dokonuje się również uzdatniania ścieków w procesie biologicznym. Pompowanie ścieków do reaktorów biologicznych odbywa się w cyklu automatycznym, według cyklogramu, rurociągiami tłocznymi pomp, wykonanymi z stali nierdzewnej o DN 150.

Technologia biologiczna oczyszczania ścieków opiera się na metodzie niskoobciążonego osadu czynnego z symultaniczną stabilizacją tlenową osadu nadmiernego. Całkowita pojemność czynna istniejącego reaktora biologicznego wynosi 2 x 1200 m<sup>3</sup> (SBR1 i SBR2). Parametry procesu dostosowane są tak, aby reaktory działały

naprzemiennie (przyjmowanie ścieków odbywa się naprzemiennie). Ścieki oczyszczone biologicznie i sklarowane ujmowane są za pomocą pływających przelewów - dekanterów, które zainstalowane są parami na każdej z komór reaktora biologicznego. Poprzez przelew dekanterów ściek oczyszczony przekierowany jest do komór odpływowych ścieków oczyszczonych. Wszystkie urządzenia zainstalowane w reaktorze biologicznym działają w cyklu automatycznym, zgodnie z cyklogramem. Cykl odprowadzania ścieków oczyszczonych następuje po otwarciu się elektrycznej przepustnicy.

Ustabilizowany tlenowo osad nadmierny, powstający w procesach oczyszczania biologicznego ścieków, odprowadzany jest pompowo do zbiornika osadu pełniącego funkcję grawitacyjnego zagęszczacza, a następnie za pomocą pompy umieszczonej w budynku technologicznym porcjowo podawany jest na prasę taśmową, gdzie następuje jego odwadnianie. Zbiorniki osadu nadmiernego znajdują się tuż przy reaktorze biologicznym. Powierzchnia jednego zbiornika wynosi ok. 85 m<sup>3</sup>, co pozwala na gromadzenie się osadu nadmiernego przez okres 4 dni. Odwodniony osad zbierany jest na przyczepę i okresowo wywożony na poletka składowe unieszkodliwiania osadu [1].

## 2. Warunki środowiskowe funkcjonowania zakładu

Niezwykle istotna jest ocena oddziaływania i funkcjonowania oczyszczalni ścieków na środowisko naturalne. Została ona przygotowana i opracowana na etapie zagospodarowania terenu otaczającego zakład oczyszczalni, po ustaleniu warunków jego zabudowy. Przygotowane opracowanie wskazuje na brak uciążliwości obiektu na otoczenie podczas jego prawidłowej eksploatacji. Wynika to z zamierzonych cech konstrukcyjnych (hermetyzacji zbiorników technologicznych), zastosowaniu tlenowych procesów oczyszczania ścieków oraz przyjętego sposobu zagospodarowania osadów nadmiernych.

Brak uciążliwości zapewniają w szczególności następujące rozwiązania projektowe:

- wyeliminowanie źródeł nadmiernego hałasu (obudowy dźwiękochłonne dmuchaw),
- zastosowanie hermetycznych sit bębnowych zamiast krat piaskownika,
- hermetyczne magazynowanie i składowanie skratek,
- tlenowa stabilizacja i higienizacja osadów nadmiernych,
- skierowanie odcieków z oczyszczalni do ponownego oczyszczenia.

Należy podkreślić, iż działka na której znajduje się zakład została ogrodzona, a rejon z nią sąsiadujący wolny jest od zabudowy. Najbliższy w lokalizacji oczyszczalni budynek mieszkalny znajduje się w odległości przekraczającej 150 m. W sąsiedztwie obiektu zlokalizowane są ponadto rowy melioracyjne odprowadzające wody do rzeki Leśnicy.

W oparciu o dane dotyczące ustaleń miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dla gminy Koszęcin, zrzut ścieków z oczyszczalni gminnej w miejscowości Koszęcin do rzeki Leśnicy odbywa się poza:

- rejonem chronionego krajobrazu,
- obszarem stref ochronnych ujęć wód podziemnych,
- rejonem uciążliwości dla mieszkańców.

Ważną kwestią w przypadku zagospodarowania rzeki Leśnicy jest fakt, iż poniżej zrzutu ścieków z oczyszczalni gminnej w miejscowości Koszęcin, wody te nie są ujmowane do celów bytowych i przemysłowych.

W celu zabezpieczenia wód wglębnych, zastosowano szereg zabezpieczeń gwarantujących minimalizację oddziaływania oczyszczalni na środowisko naturalne.

Na uwagę zasługuje fakt, iż:

- obiekty oczyszczalni w miejscowości Koszęcin są zaprojektowane jako szczelne,
- obiekty gospodarki odpadowej (plac składowy osadu), punkt zlewny ścieków posadowione zostały na płycie betonowej,
- drogi wewnętrzne i powierzchnie manewrowe dla obsługi oczyszczalni wykonane zostały jako szczelne,

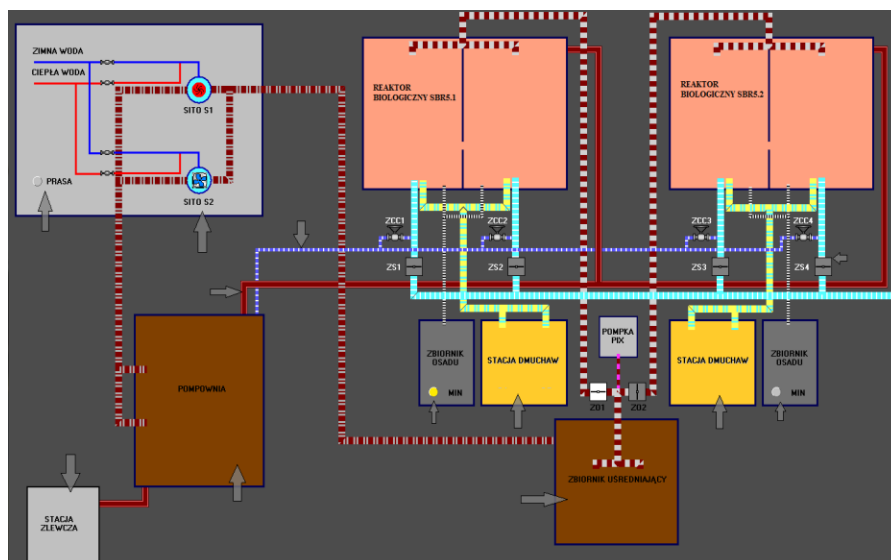
- procesy odwadniania osadu przebiegają w budynku wielofunkcyjnym, a powstające odcieki w części są wykorzystywane wtórnie do procesu, a pozostałość trafia do części układu oczyszczania ścieków,
- obiekt wyposażony jest w wewnętrzny system kanalizacji do ujmowania i kierowania do procesu technologicznego odcieków i ścieków,
- kolektor odprowadzający ścieki oczyszczone do odbiornika i sieci międzyobiektowych wykonane zostały z PCV, PE i stali kwasoodpornej.

Normatywy i warunki wprowadzania ścieków do wód lub do ziemi określa [2]. Jak wynika z systematycznie przeprowadzanych badań oraz wykonywanych operatów wodno-prawnych, zastosowana technologia oczyszczania ścieków komunalnych w instalacji zakładu w Koszęcinie oraz urządzenia i materiały zastosowane do wykonania obiektów instalacji spełniają wymogi dla analizowanej instalacji w zakresie norm dla ścieków oczyszczonych, warunków wprowadzania ścieków do płynących wód powierzchniowych i oddziaływania instalacji na wody powierzchniowe i podziemne. Prowadzona zgodnie z wymogami eksploatacja tak wykonanej instalacji oczyszczalni ścieków w nie zagraża wodom powierzchniowym i podziemnym w rejonie jej lokalizacji.

### 3. Analiza procesu technologicznego oczyszczalni ścieków

Oczyszczalnia ścieków w Koszęcinie jest zakładem biologicznym, sekwencyjnym, o działaniu automatycznym SBR. Została zaprojektowana przez firmę PROKOM Sp.zo.o. w Warszawie. Oczyszczalnia pracuje w oparciu o jeden ciąg technologiczny o przepustowości  $Q_{\text{śrd}} = 500 \text{ m}^3/\text{dobę}$  (rys.3.1). W jego skład wchodzi następujące obiekty:

- Obiekt nr 1 - pompownia ścieków,
- Obiekt nr 2 - stanowisko zlewcze,
- Obiekt nr 3 - budynek technologiczno-socjalny,
- Obiekt nr 4 - zbiornik uśredniający,
- Obiekt nr 5 - reaktor technologiczny (dwa ciągi),
- Obiekt nr 6 - zbiornik osadu,
- Obiekt nr 7 - stacja dmuchaw,
- Obiekt nr 8.1 i 8.2 - komora odpływu ścieków oczyszczonych,
- Obiekt nr 9 - awaryjny plac składowania osadu i skratek.



Rys.3.1. Schemat oczyszczalni ścieków [1]

Oczyszczalnię wyposażono w system automatycznego sterowania pracą urządzeń. Jego podstawą jest program operacyjny (cyklogram).

### 3.1. Etapy procesu oczyszczania ścieków

Jak wspomniano oczyszczanie ścieków jest procesem wieloetapowym, a prawidłowe jego przeprowadzenie jest niezbędne, nie tylko z punktu widzenia produkcji osadu, ale przede wszystkim z uwagi na aspekty środowiskowe.

Oczyszczanie mechaniczne ma za zadanie oddzielenie od wody części stałych (pływających i wleczonych) oraz piasku i tłuszczu. Proces ten przebiega dzięki zastosowaniu kraty koszowej o prześwicie 4 cm, zainstalowanej w pompowni ścieków surowych - obiekt nr 1.

Krata koszowa ma na celu wychwytywanie części stałych o dużych rozmiarach. Docelowo wymagane jest jej kilkakrotne czyszczenie na dobę. Spowodowane jest to dopływem ścieków surowych oraz dowożonych. Zaleca się czyszczenie kraty koszowej każdorazowo po przyjęciu ścieków dowożonych. Pompownia ma za zadanie przechwytywać również zawieszynę, która tworzy się w pompowni. Usuwanie powstałej zawieszyny polega na podniesieniu poziomu ścieków surowych w pompowni oraz wygarnięciu powierzchniowym zanieczyszczeń powstałych na lustrze ścieków. Operację tę zaleca się powtarzać kilka razy tygodniowo [3,4,5,6].

Drugą fazą oczyszczania mechanicznego jest zastosowanie dwóch sit bębnowych znajdujących się w obiekcie nr 3. Zainstalowano je w budynku technologicznym. Sita te działają naprzemiennie. Wybór pracy danego sita sterowany jest ręcznie w zależności od przeglądów serwisowych oraz ilości przepracowanych godzin. Ścieki surowe (mieszanka ścieków z kanalizacji i ścieków dowożonych), po wstępnym oczyszczeniu na kratce koszowej doprowadzane są do sita bębnowego pompami zatapialnymi, z pompowni na terenie oczyszczalni – obiekt nr 1. Pompownia odbiera ścieki surowe ze wsi Koszęcin, Prądy, Strzebień oraz ścieki dowożone i powstające na terenie oczyszczalni, jak również odcieki z odwadniania osadu, przelewy, wody z mycia pomieszczeń technologicznych i placów oraz tzw. czarną chmurę.

Retencjonowanie ścieków oczyszczonych mechanicznie następuje w zbiorniku uśredniającym (obiekt nr 4). W zbiorniku buforowym zainstalowane są dwie pompy zatapialne służące do przepompowywania ścieków do reaktora biologicznego – obiekt nr 5. W celu uniknięcia odkładania się osadów na dnie w najniższej części zbiornika uśredniającego zainstalowano system perforowanych rur napowietrzających. Zbiornik uśredniający umożliwia również dodawanie różnego rodzaju wspomagaczy poprawiających procesy biologiczne oraz wytrącanie złych nadmiernych bakterii. Retencjonowanie ścieków jest wymagane w cyklu biologicznym ich oczyszczania, podczas którego w reaktorze biologicznym przebiega proces sedymentacji i dekantacji. W pozostałych fazach cyklu pracy oczyszczalni zbiornik uśredniający spełnia zadanie pompowni oraz zbiornika retencyjnego.



Rys.3.2. Sito bębnowe [6]

Ścieki przechowywane są w następujących obiektach [1]:

- zbiornik uśredniający (pojemność czynna 73 m<sup>3</sup>),
- reaktor SBR 5.1 (pojemność czynna 1200 m<sup>3</sup>),

- reaktor SBR 5.2 (pojemność czynna 1200 m<sup>3</sup>).

Biologiczne oczyszczanie ścieków zachodzi w reaktorze biologicznym – obiekt nr 5 (rys.3.3), przy zastosowaniu metody niskoobciążonego osadu czynnego. Proces ten polega na utlenieniu związków węgla organicznego i azotu w wyniku napowietrzania. Do napowietrzania ścieków stosuje się system dyfuzorów napowietrzających Flygt Sanitaire.

Rozpatrując ten etap oczyszczania ścieków, niezbędna jest analiza procesów pośrednich, które szczegółowo opisano poniżej.



Rys.3.3.Reaktor biologiczny SBR 5.1 i SBR 5.2 [6]

*Nitryfikacja*, czyli przemiana azotu amonowego w azot nieorganiczny (azotyny i azotany) jest to proces przebiegający w reaktorze biologicznym podczas fazy napowietrzania. Faza napowietrzania jest ustalana poprzez technologa i zmienia się w czasie cyklu. Proces nitryfikacji powtarza się w zaprogramowanym cyklogramie. Nad prawidłowością przebiegu fazy napowietrzania czuwa sterownik z sondą tlenu, za pośrednictwem którego następuje nadzór i zapis odczytu zmiennego w czasie.

*Denitryfikacja*, czyli usuwanie azotu nieorganicznego (azotanów i azotynów) poprzez rozkład na drodze biologicznej do azotu gazowego jest to proces przebiegający w reaktorze biologicznym, w warunkach niedotlenienia (bez napowietrzania), dzięki intensywnemu mieszaniu całej zawartości komory (po dwa mieszadła w każdej części reaktora). Mieszadła mają za zadanie poruszanie osadu czynnego, dzięki czemu nie zachodzą zbyt szybko procesy zagnicia.

*Defosfatacja* (strącanie związków fosforu metodą koagulacji - defosfatacja chemiczna) przebiega w reaktorze biologicznym, w sposób symultaniczny w wyniku wprowadzania do reaktora koagulantu „PIX” (7% roztwór Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>). Koagulant PIX jest dozowany pompą membranową zainstalowaną w budynku technologicznym oczyszczalni (obiekt nr 3). Do szybkiego wymieszania koagulantu ze ściekami surowymi doprowadzonymi do reaktora służy przewód PIX DN 20 włączony do przewodu tłoczącego ścieków oczyszczonych mechanicznie podawanych pompowo ze zbiornika uśredniającego - obiekt nr 4. Do reaktora biologicznego (obiekt nr 5) wprowadzana jest zatem mieszanina ścieków oczyszczonych mechanicznie z koagulantem PIX [4].

Tlenowa stabilizacja osadu nadmiernego przebiega w reaktorze biologicznym podczas wydłużonego cyklu napowietrzania. Efektywność procesu zależy od koncentracji osadu w komorze biologicznej i „ogólnego wieku osadu”.

Sedymentacja wstępna jest to oddzielenie osadu czynnego od ścieków oczyszczonych biologicznie. Proces przebiega w reaktorze biologicznym w warunkach statycznych. Osad czynny gromadzi się na dnie reaktora. Przyrost masy osadu, czyli tzw. „osad nadmierny” jest cyklicznie usuwany przy pomocy pomp zatapialnych do zbiornika magazynowego osadu – obiekt nr 6. Zbiornik osadu nadmiernego jest jedną z trzech komór stanowiących reaktor biologicznego oczyszczania.

Dekantacja jest to doprowadzenie sklarowanych ścieków oczyszczonych biologicznie. Proces przebiega w reaktorze biologicznym za pośrednictwem czterech dekanterów, umieszczonych po dwie sztuki w każdej komorze reaktora. Dekantery zabierają powierzchniowo ścieki sklarowane kierując je do dwóch studni odpływowych – obiekt nr 8.1 i 8.2, a następnie do odbiornika. Zrzut ścieków oczyszczonych odbywa się w określonym etapie cyklu oczyszczania ścieków w reaktorze biologicznym. W studniach odpływowych ścieków oczyszczonych umieszczone są przepustnice z napędem elektrycznym, które umożliwiają kontrolny zrzut ścieków oczyszczonych.

Pomiar objętości ścieków oczyszczonych odbywa się za pośrednictwem sondy hydrostatycznej, zliczającej porcje odprowadzonych ścieków oczyszczonych z reaktora biologicznego. Zainstalowano po jednej sondzie w każdej komorze reaktora biologicznego.

Wstępne zagęszczenie i magazynowanie osadu nadmiernego następuje w zbiorniku osadu – (obiekt nr 6). Osad nadmierny, po zagęszczeniu grawitacyjnym do ok 2% s.m., jest pobierany pompą ślimakową i podawany na odwadniającą prasę filtracyjną. Pompa osadowa wraz z układem do mechanicznego odwadniania osadu (pras a, system przygotowania i dozowania poliektrolitu) umieszczone są w budynku technologicznym - obiekt nr 3. Odwadniany na prasie osad o zawartości ok. 20% s.m. odprowadzany jest przenośnym ślimakiem na przyczepę znajdującą się w pomieszczeniu odbioru osadu.

Opisane powyżej procesy przebiegają sekwencyjnie (cyklicznie) i są sterowane automatycznie (rys.3.4) [1].

Elementem sterującym pracą urządzeń są odpowiednio zaprogramowane sterowniki mikroprocesorowe zlokalizowane w części socjalnej budynku oczyszczalni w pomieszczeniu sterowni. Czasy reakcji dostosowane są do charakteru procesów technologicznych. Mogą być one korygowane w sposób odpowiadający procesowi oczyszczania ścieków dla danej oczyszczalni. Zmianę cykli pracy oczyszczalni ścieków przeprowadzać może jedynie osoba przeszkolona i uprawniona.

REAKTOR 5.2			PODAWANIE ŚCIEKÓW
CYKLOGRAM 1X24h			
01	1Denityfikacja	3:00:00	PODAWANIE ŚCIEKÓW
02	1Nityfikacja	3:00:00	
03	2Denityfikacja	4:00:00	
04	2Nityfikacja	2:00:00	
05	3Denityfikacja	3:40:00	BLOKADA PODAWANIA ŚCIEKÓW
06	3Nityfikacja	2:00:00	
07	4Denityfikacja	2:50:00	
08	4Nityfikacja	1:00:00	
09	Sedymentacja	0:45:00	
10	Sedym.+Cz.Ch.	0:15:00	
11	Dekantacja+PO	0:10:00	
12	Dekantacja	1:00:00	
13	Dekantacja+PO	0:20:00	

Rys.3.4. Część cyklogramu [1]

### 3.2. Parametry procesowo-technologiczne oczyszczalni ścieków

Prawidłowe funkcjonowanie oczyszczalni ścieków gwarantuje odpowiedni dobór parametrów procesowych, ściśle związanych z ilością i jakością doprowadzonych ścieków, a także pory roku czy godzin doby ich dopływu. Poniżej przedstawiono ich charakterystykę i znaczenie w prowadzeniu poszczególnych etapów technologicznych w oczyszczalni (Tablice 3.1-3.3) [1].

Tablica 3.1. Przykładowe wartości wskaźników jakości ścieków doprowadzonych [1]

Wskaźnik	Jednostka	Wartość
$Q_{\text{średnie}}$	$\text{m}^3/\text{d}$	1056
$Q_{\text{max d}}$	$\text{m}^3/\text{d}$	1373
$Q_{\text{max h}}$	$\text{m}^3/\text{d}$	127
$Q_{\text{max h}}$	$\text{dm}^3/\text{s}$	35,3

Tablica 3.2. Przykładowe wartości wskaźników jakości ścieków doprowadzonych [1]

Wskaźnik	Jednostka	Ścieki surowe	Ścieki Oczyszczone biologicznie	Procent redukcji
Stężenie – BZT <sub>5</sub>	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	513	30	94,1
Ładunek – BZT <sub>5</sub>	kg/d	542	31,7	
Stężenie – Z <sub>og</sub>	g/m <sup>3</sup>	513	50	90,3
Ładunek – Z <sub>og</sub>	kg/d	542	52,8	
Stężenie – N <sub>og</sub>	g/m <sup>3</sup>	94	30	68,1
Ładunek – N <sub>og</sub>	kg/d	99	31,7	
Stężenie – P <sub>og</sub>	g/m <sup>3</sup>	17	5	70,6
Ładunek – P <sub>og</sub>	kg/d	18	5,3	

Tablica 3.3. Przykładowe wartości parametrów procesowych funkcjonowania oczyszczalni ścieków [1]

Rodzaj parametru	Jednostka	Wartość parametru
Pojemność czynna reaktora biologicznego	m <sup>3</sup>	2x1200
Temperatura ścieków	°C	12-14
Stężenie osadu w reaktorze	kg s.m./m <sup>3</sup>	5,0
Wiek osadu	d	23
Przyrost osadu	kg/kg BZT <sub>5</sub>	0,86
Maksymalne godzinowe zużycie tlenu	kg O <sub>2</sub> /godz.	31,5
Ilość osadu łącznie	kg s.m./d	426
Objętość osadu – (1,0% s.m.)	m <sup>3</sup> /d	42,6
Objętość osadu – (2,0% s.m.)	m <sup>3</sup> /d	21,3
Objętość osadu – (20% -25% s.m.)	m <sup>3</sup> /d	1,7-2,1
Średni czas magazynowania osadu	d	4-6

### 3.3. Odwadnianie osadu nadmiernego

Etapem wiążącym proces technologiczny oczyszczalni ścieków w Koszęcinie jest odwadnianie osadu nadmiernego oraz odzysk wody płuczanej.

Odwadnianie osadu nadmiernego polega na usunięciu z niego w jak największym stopniu wody, w celu zmniejszenia jego objętości. Odbywa się to dzięki mechanicznemu węzłowi do odwadniania osadu. Węzeł ten składa się z prasy filtracyjnej MONOBELT NP 8 (rys.3.5), pompy ślimakowej osadu (rys.3.6) oraz stacji przygotowania i dozowania polielektrolitu CMP 10XL (rys.3.7) Do prasy doprowadzony jest osad wstępnie zagęszczony w zbiorniku osadu. Oczyszczalnia posiada dwie komory wstępnie zagęszczonego osadu nadmiernego. Odwadnianie odbywa się zatem naprzemiennie i jest zautomatyzowane. Należy jedynie kontrolować ilość sprężonego powietrza dostarczonego do filtracji. Osad doprowadzony do prasy ma uwodnienie ok. 98%, a po jej opuszczeniu zawiera 20-25% s.m [1].





Rys.3.5. Prasa taśmowa [6]



Rys.3.6. Pompa ślimakowa [6]



Rys.3.7. Stanowisko przygotowania osadu [6]

Uwodniony osad dopływa do górnej części prasy, gdzie znajduje się zagęszczacz wstępny. Jego zadaniem jest wstępne odwodnienie osadu. Po procesie wstępnym kierowany jest na taśmę filtracyjną w dolnej części prasy taśmowej. Filtrat i wody popłuczne zbierane są w zbiorniku dolnym oraz kierowane do urządzenia odzyskującego i oczyszczającego wodę. W zagęszczaczu wstępnym następuje odseparowanie wody zwiększające koncentrację osadu uwodnionego z 0,5-3% do wartości 5-12% - dla osadów biologicznych i ok. 18% - dla osadów mineralnych. Zastosowanie zespolonego zagęszczacza wstępnego umożliwia odwadnianie osadów (rys.3.8) o dużym uwodnieniu początkowym.



Rys.3.8. Proces odwadniania osadu [6]

Osad zagęszczony w zagęszczaczu ślimakowym podawany jest zsysem na taśmę do strefy niskiego ciśnienia. W strefie tej osad jest równomiernie rozprowadzany na całej szerokości taśmy i odwadniany pod stopniowo zwiększającym się naciskiem kolejnych płyt dociskowych usytuowanych naprzemiennie z grzebieniami rozgarniającymi. Na końcu strefy niskiego ciśnienia osad dostaje się do strefy klinowej, gdzie jest stopniowo ściskany między taśmą ruchomą a taśmą-okładziną cylindra filtracyjnego. Specjalne klinowe osłony boczne zabezpieczają przed wyciskaniem osadu na boki w miarę wzrastającego ciśnienia, co często ma miejsce w tradycyjnych konstrukcjach. Ze strefy klinowej osad wprowadzany jest do strefy maksymalnego ciśnienia.

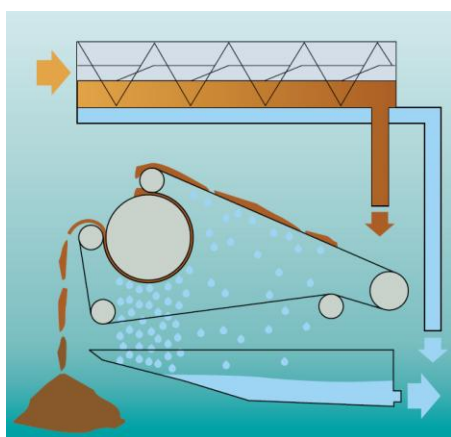
Osad w tej strefie znajduje się pod działaniem dwóch sił:

- siły ściskającej wytwarzanej przez naprężenie taśmy przesuwnej napinanej pneumatycznie pod ciśnieniem 2-6 barów, z możliwością płynnej regulacji naciągu,
- siły ścinającej wywołanej ruchem taśmy obrotowej przenoszonym na taśmę przesuwną poprzez warstwę osadu, co odgrywa dużą rolę w wyciskaniu z osadu, tzw. wody kapilamej znajdującej się wewnątrz flokuł osadu.

Niezwykle istotny jest prawidłowy dobór parametrów technicznych półautomatycznej stacji przygotowania i dozowania polielektrolitu. Stację typu CMp10-XL tworzy zbiornik z PE o pojemności  $V=1000$  l z podziałką poziomu napełnienia, pokrywką inspekcyjną oraz zaworem ręcznie spustowym. Stacja wyposażona jest w:

- mieszadło ze stali nierdzewnej z silnikiem o mocy  $N_s = 0,75$  kW,
- numikową pompę dozującą o wydajności  $Q_{max} = 300$  l/h i mocy silnika  $N_s = 0,3$  kW, z regulacją przepływu od 10 do 100%.

Polielektrolit dozowany jest przewodem PVC DN 20 do króćca tłoczego pompy osadowej. Dawka polielektrolitu powinna wynosić średnio 5g /kg s.m.o. Polielektrolit należy przygotować w postaci roztworu o stężeniu 0,2%.



Rys. 3.9. Proces odwadniania osadu na prasie MONOBELT [1,6]

Tablica 3.4. Parametry techniczne prasy filtracyjnej [1]

Parametr	Jednostka	Wartość parametru
Szerokość taśmy	m	0,8
Wydajność robocza	m <sup>3</sup> /h	2 - 6
Wymiary	m	3,3 x 1,5 x 1,93
Przepustowość maksymalna	kg s.m./h	110 - 240
Moc silnika prasy i zagęszczacza	kW	0,62
Moc silnika pompy płuczającej	kW	0,62
Masa netto/użytkowa	kg	1120/1270
Ilość wody płuczającej	m <sup>3</sup> /h	4

Tablica 3.5. Parametry techniczne działania pompy osadowej [1]

Parametr	Jednostka	Wartość parametru
Wydajność robocza	m <sup>3</sup> /h	Q = 2 do 10
Ciśnienie	bary	p = 2
Moc silnika	kW	N <sub>s</sub> = 1,5

Na przewodzie ssawnym pompy DN 80 zainstalowano kulowy zawór odcinający oraz dodatkowo króciec z zaworem kulowym odcinającym i złączką do węża. Połączenie to umożliwia przepłukanie przewodu ssawnego osadu wodą wodociągową.

Osad wstępnie zagęszczony w zbiorniku osadu do ok. 2%, po zmieszaniu z roztworem polielektrolitu w rurociągu tłocznym pompy ślimakowej, kierowany jest na prasę taśmową, gdzie następuje jego odwodnienie do ok 20% - 25% zawartości s.m. Do kontroli flokulacji osadu po zmieszaniu go z polielektrolitem służy króciec probierczy z zaworem kulowym odcinającym umieszczonym na rurociągu tłocznym przed wejściem na prasę. W przypadku zbyt słabej flokulacji osadu istnieje możliwość włączenia przewodu polielektrolitu przed pompę ślimakową 5].

Po procesie odwodnienia (rys.3.9, Tablice 3.4-3.5) osad kierowany jest przenośnikiem ślimakowym do kontenera w celu jego dalszego wykorzystania.

#### Odzysk wody płuczającej

Ważnym urządzeniem spełniającym funkcje odzysku wody płuczającej jest zespół ZOW-0 (rys.3.10-3.11) umożliwiający pozyskanie wody do płukania taśmy z filtratu pochodzącego z odwodnionego osadu na prasie MONOBELT, w ilościach zapewniających 100% pokrycie zapotrzebowania na wodę płuczającą. Zastosowanie układu ZOW-01 zapewnia znaczne oszczędności eksploatacyjne oczyszczalni. Zamienne wykorzystanie przystawki również może obniżyć koszty inwestycji i eksploatacji, ponieważ stacja odwadniania osadu nie wymaga zastosowania dodatkowych rurociągów i przepompowni. Ponadto, mając na uwadze fakt, iż woda po płukaniu trafia do kanalizacji, zastosowanie filtratu do płukania prasy umożliwia zmniejszenie o tę objętość ilości ścieków w oczyszczalni przynosząc dalsze wymiary oszczędności. W połączeniu z przystawką prasa może pracować niezależnie od dostaw wody wodociągowej czy ścieku oczyszczonego. Wstępne obliczenia ilości wody zaoszczędzonej w okresie miesięcznym stanowią znaczną ilość całkowitego zapotrzebowania zakładu na wodę czystą, a co za tym idzie dużą oszczędność.



Rys.3.10. Układ ZOW-01 [6]

Zespół odzysku wody wyposażony jest w zbiornik wykonany ze stali nierdzewnej, tablicę kontrolno-sterującą, elektrozwór, zawór zwrotny, czujnik poziomu cieczy, króćce dopływu i przelewu oraz zawór spustowy denny. Pracą zespołu steruje tablica kontrolna, w skład której wchodzi: wyłącznik główny, kontrolki poziomu cieczy, system alarmowy, przełączniki sterujące i sekcja zasilania. Sekcja zasilania składa się z bezpieczników i przekaźników.



Rys.3.11. Sterowanie układem ZOW-01 [6]

Skratki (rys.3.12) stanowią części stałe doprowadzone ze ściekami. Są nimi tłuszcze, części stałe o małych rozmiarach oraz piasek. Magazynowanie ich odbywa się na awaryjnym placu składowania osadu i skratek a następnie po zebraniu większej ilości zabierane są one do utylizacji.



Rys.3.12. Skratki [6]

#### 4. Badania laboratoryjne ścieków i osadów

Na terenie zakładu w Koszęcinie istnieje kilka miejsc poboru próbek materiału do badań laboratoryjnych.

Oczyszczalnia ścieków w Koszęcinie ma bowiem za zadanie:

- oczyszczanie mechanicznie i biologicznie ścieków komunalnych,
- monitorowanie oczyszczonego ścieku, a także osadu czynnego.

Zadania te realizowane są poprzez całodobową kontrolę pracy oczyszczalni. Podczas procesu oczyszczania ścieków monitorowane są ścieki dopływające do zakładu, ścieki oczyszczone mechanicznie oraz, najważniejsze z punktu widzenia zakładu, ścieki oczyszczone biologicznie.

Wykorzystywane są tutaj:

- stanowisko zlewcze, w którym badany jest ściek surowy,
- komora odpływu ścieków oczyszczonych, z której pobierany jest ściek oczyszczony mechanicznie i biologicznie,
- zbiornik uśredniający, w którym znajduje się ściek oczyszczony mechanicznie.

Ściek surowy kierowany jest do oczyszczalni bez wcześniejszego przygotowania. Trafia on do zakładu i przechodzi kolejne procesy oczyszczania mechanicznego oraz biologicznego. Rysunek 3.13 ilustruje porównanie ścieku surowego z wodą czystą. W ścieku można wyróżnić części stałe, piasek oraz substancje zawiesiste.



Rys.3.13.Porównanie woda czysta - ściek surowy [6]

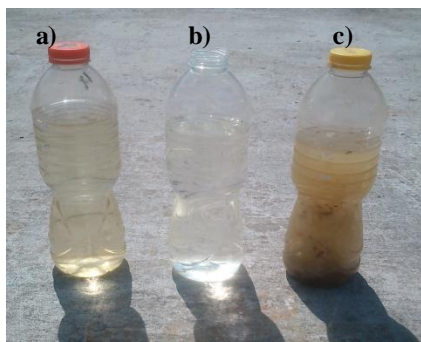


Rys.3.14. Porównanie woda czysta- ściek oczyszczony mechanicznie [6]

Ściek oczyszczony mechanicznie, w odróżnieniu od ścieku surowego, nie posiada już w swoim składzie skrutek, piasku i tłuszczu. W porównaniu do wody (rys.14) wyróżnia się jednak barwą. Charakteryzuje go również specyficzny zapach, mniej intensywny jednak, od ścieku surowego.

Ściek oczyszczony mechanicznie i biologicznie kierowany jest do rzeki Leśnicy. Na rys.3.15 zestawiono porównanie ścieku oczyszczonego mechanicznie i biologicznie (a), wody czystej (b) oraz ścieku surowego (c). Widoczne na pierwszy rzut oka różnice pomiędzy ściekiem oczyszczonym a ściekiem surowym to brak elementów pływających, piasku, zawiesin oraz części stałych. Ważnym czynnikiem różnicującym ściek oczyszczony mechanicznie od oczyszczonego biologicznie jest klarowność tego ostatniego. Ściek oczyszczony

ma lekkie zabarwienie, które prawdopodobnie spowodowane jest dużą zawartością żelaza w wodzie gminnej. Jest on jednak klarowny, pozbawiony części stałych i może zostać odprowadzony bezpiecznie do rzeki.



Rys.3.15.Porównanie ściek oczyszczony, woda czysta, ściek surowy [6]

W oczyszczalni ścieków w Koszęcinie dokonuje się pobierania, opisywania i przechowywania próbek ścieków, zgodnie z odpowiednimi procedurami. Rysunek 3.16 ilustruje próbki ze ściekami oczyszczonymi, pobranymi w ciągu kolejnych 10 dni. Muszą one zostać przebadane i odpowiednio przechowywane. Wytyczna ta stanowi, w przypadku skażenia rzeki, jedyny dowód jakości oraz właściwości ścieku odprowadzonego. Jest to bardzo ważne kryterium podczas ciągłej pracy zakładu oczyszczania ścieków [2,3].

W tabelicy 3.6 przedstawiono raport z poboru próbek ścieków. Istnieje możliwość porównania parametrów w ścieku surowego ze ściekiem oczyszczonym. Utrzymywanie wartości parametrów na poziomie dopuszczalnym wskazuje na prawidłowo prowadzony proces oczyszczania ścieków.



Rys.3.16.Próbki ścieków oczyszczonych [6]

Tabela 3.6. Raport z poboru próbek ścieków surowych i oczyszczonych [1]

Badany wskaźnik (substancja)			Rodzaj próby	Wynik pomiaru			Stosunek wartości na odpływie do dopuszczalnej
Nazwa	Metoda pomiarów	Jedn.		Ścieki		Wartość dopuszcz. starosty	
			surowe	oczyszczone			
BZT 5	PN EN 1899-1	mg/L	Średnio godzinowa	171	< 3,0	25	< 0,12
				480	42	125	0,336
ChZT - Cr	ISO15705	mg/L					
				304	6,8	35	0,19
Zawiesina	PN EN 872	mg/L					

**Badania specjalistyczne** obejmują natomiast wyznaczenie parametrów przedstawionych w tablicach 7 i 8. Tablica 3.7 ilustruje procentową zawartość podstawowych pierwiastków, które mogą się znajdować w osadzie nadmiernym, poddanym wstępnemu odwodnieniu w zakładzie oczyszczania ścieków w Koszęcinie.

Tablica 3.7. Raport z poboru próbek osadu [1]

Składnik	OSAD, % s.m.
Fosfor	1,78
Azot	7,32
Azot amonowy	0,47
Wapń	2,13
Magnez	0,51
Substancje organiczne	78
Sucha masa	10

Tablica 3.8. Raport z poboru próbek osadu [1]

Metal	Badany osad, mg/kg s.m.	Ilość metali ciężkich w mg/kg suchej masy osadu, nie większa niż:		
		Przy stosowaniu komunalnych osadów ściekowych:		
		Tereny rolne	Tereny nie rolne	Tereny nie produkcyjne
Kadm - Cd	2,40	20	25	50
Miedź - Cu	112	1000	1200	2000
Nikiel - Ni	11,1	300	400	500
Ołów - Pb	25,8	750	1000	1500
Cynk - Zn	500	2500	3500	5000
Rtęć - Hg	0,53	16	20	25
Chrom -Cr	12,0	500	1000	25000

Raport z poboru próbek osadu ściekowego oraz zawartości w nich metali ciężkich przedstawia tablica 3.8. Kryteria zawartości metali ciężkich w osadach są rygorystyczne i znormalizowane dla całego kraju. Dzięki badaniom bakteriologicznym można stwierdzić czy oczyszczalnia ścieków w Koszęcinie spełnia wymogi do zagospodarowania osadów dla terenów rolnych, nie rolnych, jak również nie produkcyjnych.

## 5. Podsumowanie

Oczyszczalnia ścieków w Koszęcinie jest zakładem, którego zadaniem jest nie tylko oczyszczanie ścieków, ale przede wszystkim ciągła analiza procesu technologicznego, mająca na celu przygotowanie spełniającego wymogi środowiskowe osadu.

Rozwój cywilizacyjny naszego kraju, a co za tym idzie narastająca produkcja ścieków, a także coraz to bardziej rygorystyczne uwarunkowania prawne dotyczące unieszkodliwiania osadów, wymuszają na zakładach oczyszczania udoskonalanie procesu technologicznego. Jak wspomniano, niezbędne jest systematyczne prowadzenie badań właściwości ścieków i osadów, a także odpowiednia ich neutralizacja. Prawidłowe, przede wszystkim, pod kątem sanitarnym przygotowanie osadów ściekowych w oczyszczalni w Koszęcinie umożliwi obecnie ich zagospodarowanie do celów rolnych.

**Literatura**

1. Materiały własne zakładu oczyszczania ścieków w Koszęcinie. Dane i wykresy uzyskane dzięki pozwoleniu Dyrekcji zakładu w Koszęcinie.
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego.
3. Bever J., Stein A., Teichmann H. (1997). Zaawansowane metody oczyszczania ścieków. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO Bydgoszcz.
4. Dymaczewski Z., Oleszkiewicz A., Sozański M. (1997). Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział w Poznaniu.
5. Imhoff K., Imhoff K. (1996). Kanalizacja miast i oczyszczalnie ścieków. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO Bydgoszcz.
6. Richter D. (2015). Analiza i kontrola procesu technologicznego w zakładzie oczyszczania ścieków i przygotowania osadów. Praca dyplomowa magisterska.

**Podziękowanie**

*Autorzy składają podziękowania byłemu Wójtowi Gminy Koszęcin, Panu mgr. inż. Grzegorzowi Ziaja za wyrażenie zgody na wykorzystanie materiałów dotyczących funkcjonowania Oczyszczalni Ścieków w Koszęcinie oraz procesu technologicznego we wspomnianym zakładzie do przygotowania niniejszej publikacji naukowej.*

---