Biuro Projektowo - Handlowe „EKOPROJEKT”
41-811 Zabrze, ul. Żurawia 1, Regon 272671670, NIP 648-100-90-34
Fax 32 275 65 11 Tel 603 60 71 22 e-mail: ekoprojekt@ekoprojekt.com.pl

Zleceniodawca:

Gmina Ciasna
ul. Nowa 1A, 42-793 Ciasna

Temat opracowania:

Program Funkcjonalno-Użytkowy dotyczący modernizacji oczyszczalni ścieków w miejscowości Ciasna ul. Zjednoczenia 137a w ramach zadania „Modernizacja oczyszczalni ścieków w miejscowości Ciasna, ul. Zjednoczenia 137a wraz z modernizacją kanalizacji podciśnieniowej w miejscowości Ciasna”

Obliczenia technologiczne dla okresu aktualnego i docelowego dla oczyszczalni ścieków w Ciasnej

Zespół autorski:

dr inż. Jan Sikora	
mgr inż. Witold Sikora Uprawnienia nr: 316/94 i Ek-VI-7210/588/94	
mgr inż. Agata Sikora Uprawnienia nr: 620/92	
inż. Tomasz Sikora	

Data opracowania: **listopad 2019 r.**

SPIS TREŚCI

1. Część ogólna ... 3
1.1. Zamawiający i autor opracowania ... 3
1.2. Podstawy formalne i merytoryczne opracowania ... 3
1.3. Cel i zakres opracowania ... 4
2. Charakterystyka oczyszczalni w stanie aktualnym ... 5
2.1. Lokalizacja i zlewnia oczyszczalni ... 5
2.2. Układ technologiczny oczyszczalni ... 6
2.3. Charakterystyka podstawowych obiektów technologicznych oczyszczalni ... 8
3. Charakterystyka pracy oczyszczalni dla aktualnego obciążenia ... 20
3.1. Ilość i jakość dopływających ścieków ... 20
3.2. Parametry technologiczne oczyszczalni ... 22
3.3. Warunki odprowadzania ścieków i efekty ich oczyszczania ... 29
3.4. Graniczne obciążenie oczyszczalni i jej warunki pracy ... 29
3.5. Problemy technologiczne i eksploatacyjne ... 30
4. Proponowany zakres przebudowy oczyszczalni dla aktualnego obciążenia ... 32
4.1. Proponowany schemat procesowy oczyszczalni dla aktualnego obciążenia ... 32
4.2. Parametry technologiczne oczyszczalni dla aktualnego obciążenia ... 34
4.3. Proponowany zakres przebudowy i rozbudowy oczyszczalni dla aktualnego obciążenia ... 42
5. Proponowany zakres przebudowy oczyszczalni dla docelowego obciążenia ... 44
5.1. Proponowany schemat procesowy oczyszczalni dla docelowego obciążenia ... 44
5.2. Parametry technologiczne oczyszczalni dla docelowego obciążenia ... 45
5.3. Proponowany zakres przebudowy i rozbudowy oczyszczalni dla docelowego obciążenia ... 46
5.4. Parametry technologiczne oczyszczalni dla obciążenia docelowego ... 46
6. Podsumowanie ... 55

1. Część ogólna

1.1. Zamawiający i autor opracowania

Zamawiający: Gmina Ciasna
ul. Nowa 1A
42-793 Ciasna

Autor: Biuro Projektowo-Handlowe „Ekoprojekt”, Witold Sikora
ul. Żurawia 1
41-811 Zabrze

1.2. Podstawy formalne i merytoryczne opracowania

Formalną podstawą opracowania jest umowa zawarta pomiędzy: Gminą Ciasna a Biurem Projektowo-Handlowym „Ekoprojekt”, Witold Sikora z Zabrza.

Opracowanie przygotowano na podstawie informacji uzyskanych w trakcie wizji lokalnej oczyszczalni oraz na podstawie informacji i materiałów przekazanych przez Zleceniodawcę. Materiały te, obejmowały:

- Projekt budowlany oczyszczalni ścieków dla m. Ciasna – część technologiczna, autor: Pracownia Projektowa Budownictwa Komunalnego PROKOM Sp. z o.o. z Warszawy, data opracowania: kwiecień 2001 r.
- Projekt budowlany – wykonawczy rozbudowy i modernizacji oczyszczalni ścieków w Ciasnej – część technologiczna, autor: Pracownia Projektowa Budownictwa Komunalnego PROKOM Sp. z o.o. z Warszawy, data opracowania: listopad 2007 r.
- Projekt budowlany – wykonawczy rozbudowy i modernizacji oczyszczalni ścieków w Ciasnej – sieci zewnętrzne, autor: Pracownia Projektowa Budownictwa Komunalnego PROKOM Sp. z o.o. z Warszawy, data opracowania: listopad 2007 r.
- Instrukcję eksploatacji technologicznej i BHP oczyszczalni ścieków w Ciasnej gm. Ciasna, autor: Ecol-Unicon Sp. z o.o. z Gdańska, data opracowania: listopad 2011 r.
- Raport z rozruchu technologicznego reaktora SBR nr 1 na oczyszczalni ścieków w Ciasnej, autor: mgr inż. Beata Kulejewska, data opracowania: wrzesień 2018 r.
- Zestawienie ilości ścieków dopływających do oczyszczalni w Ciasnej w latach 2015-19.
- Wyniki badań jakości ścieków oczyszczonych biologicznie dla oczyszczalni w Ciasnej z lat 2015-19.
- Zestawienie ilości i jakości odpadów wytwarzanych w oczyszczalni w Ciasnej w latach 2015-19.
- Pozwolenie wodnoprawne nr WOŚ.6341.39.2012 z dnia 06.07.2012 r. wydane przez Starostę Lublinieckiego na wprowadzanie oczyszczonych ścieków komunalnych do rzeki Jeżowski z terminem obowiązywania do 31 lipca 2022 roku.
- Informacje otrzymane do Zleceniodawcy.
- Informacje zamieszczone na stronach internetowych.
- Obowiązujące akty prawne.

1.3. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest wykonanie obliczeń technologicznych dla okresu aktualnego i docelowego dla gminnej oczyszczalni ścieków w Ciasnej, z których wynikać będzie zakres wymaganej przebudowy lub rozbudowy tej oczyszczalni. Zakres opracowania obejmuje między innymi następujące zagadnienia:

- ogólną charakterystykę techniczno-technologiczną istniejącej oczyszczalni ścieków,
- obciążenie ilościowe i jakościowe oczyszczalni w stanie aktualnym i docelowym,
- ograniczenia wpływające na efektywność pracy oczyszczalni oraz na warunki jej eksploatacji,
- zakres wymaganej przebudowy i rozbudowy oczyszczalni dla obciążenia aktualnego i docelowego.

2. Charakterystyka oczyszczalni w stanie aktualnym

2.1. Lokalizacja i zlewnia oczyszczalni

Oczyszczalnia ścieków zlokalizowana jest w miejscowości Molna, gmina Ciasna na działce nr 154 obręb Molna. Powierzchnia działki w granicach ogrodzenia wynosi około 6000 m^2. Działka położona jest na obrzeżach miejscowości, otoczona nieużytkami, a od strony północno-zachodniej w odległości około 45 m Potokiem Jeżowskim, który jest odbiornikiem ścieków oczyszczonych. Aktualna przepustowość oczyszczalni według pozwolenia wodnoprawnego wynosi $Q_{śrd}$ = 694 m^3/d. Na **rysunku 2.1-1** pokazano orientacyjną lokalizację oczyszczalni.

Rysunek 2.1-1 *Orientacyjna lokalizacja oczyszczalni ścieków w Ciasnej (źródło: internet)*

2.2. Układ technologiczny oczyszczalni

Oczyszczalnia ścieków w Ciasnej jest mechaniczno-biologiczną oczyszczalnią, która wykorzystuje technologię osadu czynnego realizowaną w dwóch reaktorach SBR. Układ technologiczny oczyszczalni, przedstawiony na **rysunku 2.2-1**, obejmuje następujące procesy jednostkowe:

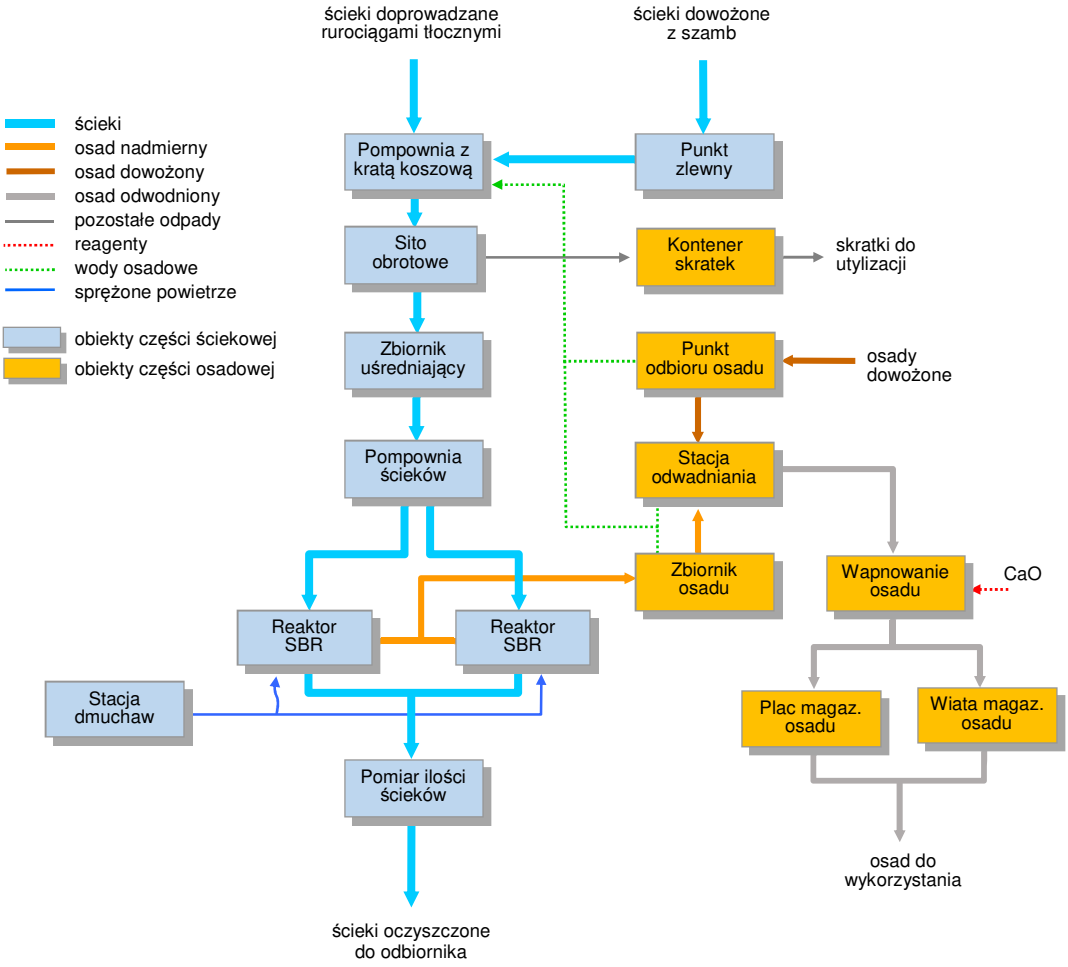
- w zakresie mechanicznego oczyszczania ścieków: odbiór ścieków dopływających kolektorem do oczyszczalni oraz dowożonych z szamb, pompowe wprowadzenie mieszaniny ścieków na sito, usuwanie skratek ze ścieków na sicie mechanicznym, gromadzenie ścieków w zbiorniku uśredniającym.
- w zakresie biologicznego oczyszczania ścieków: oczyszczanie ścieków w dwóch reaktorach sekwencyjnych SBR, które są dostosowane do prowadzenia procesu biologicznej defosfatacji, utleniania związków organicznych, nitryfikacji i denitryfikacji oraz sedymentacji zawiesin osadu czynnego, odprowadzenie oczyszczonych ścieków do odbiornika (Potok Jeżowski).
- w zakresie przeróbki osadu: odbiór osadu nadmiernego z oczyszczalni ścieków z Sierakowa Śląskiego, magazynowanie i zagęszczanie osadu nadmiernego w zbiorniku osadu, odwadnianie zagęszczonego osadu na prasie mechanicznej, higienizacja osadu wapnem, magazynowanie osadu na placu składowania lub pod wiatą osadu.

Podstawowe obiekty wchodzące w skład układu technologicznego oczyszczalni ścieków w Ciasnej obejmują:

- punkt zlewny ścieków dowożonych,
- punkt zlewny osadów dowożonych,
- pompownia zbiorcza ścieków z kartą koszową,
- budynek techniczno-socjalny z sitem bębnowym do mechanicznego oczyszczania, prasą taśmową do mechanicznego odwadniania osadu oraz stacją do higienizacji osadu,
- zbiorniki uśredniający,
- sekwencyjny reaktor biologiczny nr 1,
- sekwencyjny reaktor biologiczny nr 2,
- zbiornik osadu,
- stacja dmuchaw,
- komory odpływu ścieków oczyszczonych,
- węzeł pomiarowy ścieków oczyszczonych,
- wiata odbioru osadu odwodnionego,
- sieci międzyobiektowe obejmujące: kanalizację ścieków surowych, kanalizację ścieków oczyszczonych, kanalizację wewnętrzna sanitarna oczyszczalni, rurociągi sprężonego powietrza, rurociągi osadu i sieć wodociągową.

Ścieki komunalne doprowadzane są przewodem tłocznym do komory rozprężnej znajdującej się na terenie oczyszczalni ścieków, a następnie płyną grawitacyjnie do głównej pompowni ścieków. Ścieki z pompowni podawane są stopniowo na blok mechanicznego oczyszczania (sito bębnowe), znajdujący się w budynku technologicznym. Oczyszczone mechanicznie ścieki spływają grawitacyjnie do zbiornika

uśredniającego, stąd przewodem tłocznym doprowadzane są porcjami do dwóch sekwencyjnych reaktorów biologicznych SBR.



Rysunek 2.2-1 *Schemat procesowy oczyszczalni ścieków w Ciasnej*

Technologia biologicznego oczyszczania ścieków opiera się na metodzie niskoobciążonego osadu czynnego z symultaniczną stabilizacją tlenową osadu nadmiernego oraz redukcją związków biogennych (azotu i fosforu) metodami biologicznymi. Przeznaczeniem dwóch reaktorów biologicznych jest skuteczna i efektywna realizacja procesów oczyszczania, prowadząca do wymaganego usunięcia nadmiaru zanieczyszczeń mechanicznych oraz rozkładu związków węgla organicznego, azotu i fosforu na drodze biologicznej. Po zakończeniu procesów defosfatacji, nitryfikacji i denitryfikacji, w reaktorze zachodzą procesy sedymentacji osadu i dekantacji ścieków oczyszczonych. Oczyszczone ścieki kierowane są poprzez komory odpływowe i studnię pomiaru ilościowego do odbiornika, którym jest Potok Jeżowski.

Ustabilizowany tlenowo osad nadmierny, powstający w procesach oczyszczania biologicznego ścieków, pompowany jest do zbiornika osadu pełniącego funkcję grawitacyjnego zagęszczacza, a następnie za pomocą pompy osadowej umieszczonej w

budynku technologicznym, porcjowo podawany jest na prasę taśmową, gdzie następuje jego odwodnienie.

Do oczyszczalni dowożony jest również osad nadmierny z drugiej gminnej oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w Sierakowie Śląskim. Osad ten poprzez punkt zlewny osadu dowożonego kierowany jest do pompowni osadu, z której jest bezpośrednio podawany na prasę odwadniającą.

Odwodniony osad, niezależnie od źródła pochodzenia, jest kierowany do węzła higienizacji osadów składającego się z podajnika, mieszarki i przenośnika osadu po higienizacji. Tak spreparowany osad kierowany jest do kontenera lub na środek transportowy stacjonujący pod wiatą odbioru osadu lub też jest okresowo magazynowany na placu składowym. Plac składowy osadu podzielony jest na część niezadaszoną oraz na wiatę, pod którą następuje dojrzewanie osadu.

2.3. Charakterystyka podstawowych obiektów technologicznych oczyszczalni

W dalszej części niniejszego punktu przedstawiono krótką charakterystykę podstawowych obiektów oczyszczalni, wskazując na ich technologiczną funkcję i wyposażenie. Szczegółowe dane techniczne najważniejszych obiektów oraz zainstalowanych w nich urządzeń mechanicznych zestawiono w **tabeli 2.3-2**.

Tabela 2.3-1 *Wykaz najważniejszych obiektów technologicznych oczyszczalni ścieków w Ciasnej*

Numer obiektu	Nazwa obiektu
01	Pompownia główna
02	Punkt zlewny ścieków dowożonych
03	Budynek technologiczny
04	Zbiornik uśredniający
05	Reaktor biologiczny SBR1
06	Zbiornik osadu
07	Stacja dmuchaw
08	Komora odpływowa ścieków oczyszczonych 1
09	Punkt zlewny osadu dowożonego
10	Pompownia osadu dowożonego
11	Budynek higienizacji osadu
12	Wiata odbioru osadu
13	Komora zasuw
14	Reaktor biologiczny SBR2
15	Komora odpływowa ścieków oczyszczonych 2
16	Punkt pomiaru ilości ścieków oczyszczonych
17	Plac składowania osadu
18	Wiata składowania osadu

Pompownia główna (obiekt 01). Pompownia wykonana jest z prefabrykatów żelbetowych o średnicy 2,5 m i o głębokości 5,5 m. Pompownia jest przykryta wiatą o konstrukcji stalowej. Ścieki do pompowni dopływają przewodem kanalizacyjnym PVC Dy 315 mm. Na wlocie rurociągu do pompowni miała zostać zainstalowana krata koszowa o prześwicie miedzy prętami 4 cm, wyposażona we wciągnik elektryczny do wyciągania kraty oraz opuszczaną kratkę zabezpieczającą wlot ścieków do pompowni, w czasie gdy krata koszowa będzie wyciągana do oczyszczenia. Krata koszowa miała pełnić funkcję zabezpieczenia pomp przed większymi gabarytowo częściami zanieczyszczeń doprowadzanymi wraz ze ściekami (zwłaszcza dowożonymi) do oczyszczalni. Krata finalnie nie została zainstalowana, stąd eksploatacja pompowni jest bardzo utrudniona. W pompowni są zainstalowane dwie pompy zatapialne z wirnikiem otwartym (w tym jedna rezerwowa). Pompownia pełni również funkcję zbiornika retencyjnego na ścieki dowożone o pojemności około 8 m^3.

Instalacja pomp wyposażona jest w odpowiednie orurowania ze stali kwasoodpornej oraz armaturę zaporową i zabezpieczającą. Do przesyłania ścieków do sita obrotowego służy przewód tłoczny PE Dy 110 mm.

W pompowni, na przewodzie tłocznym Dy 110 mm, zaprojektowano odejście przewodu DN 50 mm ze stali kwasoodpornej z kulową armaturą odcinającą. Odejście to umożliwia (w razie potrzeby) odwodnienie przewodu tłocznego. Na zaworze zainstalowany jest sztywny trzpień o długości 1,6 m. Wolny koniec trzpienia umieszczony został w rurze osłonowej ze stali ocynkowanej umieszczonej w otworze stropu pompowni.

Do pompowni doprowadzane są również ścieki dowożone poprzez punkt zlewny. Na przewodzie DN 100 mm za przyłączem szybkozłącznym punktu zlewnego zainstalowana jest zasuwa nożowa DN 100 mm z napędem elektrycznym, otwierana sygnałem z identyfikatora przewoźnika, a zamykana sygnałem czasowym.

Punkt zlewny ścieków dowożonych (obiekt 02). Punkt zlewny ścieków dowożonych składa się z tacy ociekowej i systemu odbiorowego. Stanowisko zlewne ścieków dowożonych wykonane jest w postaci żelbetowej tacy o wywarach 4,5 x 8,0 m wyposażonej w odwodnienie liniowe służące do odprowadzania odcieków z przewodu zasilającego oraz ze spłukiwania zanieczyszczeń z tacy. Do rozładunku samochodu asenizacyjnego wykonane zostało hermetyczne przyłącze typu szybkozłącznego (system odbioru). Zrzut ścieków jest możliwy po sczytaniu sygnału z identyfikatora przewoźnika w jednostce identyfikacyjnej. Do utrzymania czystości i do spłukiwania ewentualnych rozlewów przewidziano punkt czerpalny wody wodociągowej. Ścieki dowożone oraz wszystkie odcieki są skierowane do pompowni głównej.

Budynek technologiczny (obiekt 03). Jest to budynek jednokondygnacyjny o wymiarach w planie 10,75 x 6,85 m. Budynek jest podzielony na część socjalną oraz technologiczną. W części socjalnej o wymiarach w planie 4,20 x 6,85 m i wysokości 2,5 m znajdują się następujące pomieszczenia: sterownia, komunikacja, umywalnia (WC, natrysk, umywalka). Część technologiczna o wymiarach 6,55 x 6,85 m i wysokości 3,0 m przewidziana jest jako pomieszczenie sita bębnowego i prasy filtracyjnej.

Budynek technologiczny jest wyposażony w instalację wodno-kanalizacyjną, instalacje wentylacji grawitacyjnej i mechanicznej oraz instalację oświetleniową. Obiekt jest ogrzewany elektrycznie. W okresie zimowym w pomieszczeniach technicznych utrzymana jest temperatura +5°C, w dyspozytorni (sterowni) +20°C, a w pomieszczeniu sanitarnym +25°C.

W pomieszczeniu technologicznym zainstalowane są następujące urządzenia:

Sito obrotowe, bębnowe. Jest to sito z otworami o prześwicie 2,5 mm. Do sita doprowadzane są ścieki z pompowni głównej. Dzięki specjalnej konstrukcji sita oddzielane są na nim zanieczyszczenia mechaniczne, zawiesiny organiczne oraz piasek.

Do płukania sita wykonana została instalacja wody zimnej i ciepłej działająca automatycznie. Odseparowane na sicie skratki i piasek są wstępnie odwadniane na prasce i gromadzone w pojemnikach o pojemności 65 l w rękawach foliowych. Skratki są higienizowane za pomocą wapna i na bieżąco wywożone na składowisko tak, aby czas ich składowania na oczyszczalni wynosił maksymalnie 2 – 3 dni. Istnieje możliwość awaryjnego ominięcia sita i odprowadzania ścieków bezpośrednio do zbiornika uśredniającego (obiekt 04). Przewód tłoczny ścieków surowych DN 100 mm w obszarze pomieszczenia wykonany jest ze stali kwasoodpornej. Przewód odprowadzający ścieki oczyszczone mechaniczne wykonany jest z rury kwasoodpornej D 204 x 2 mm.

Stacja odwadniania osadu. Osad podawany jest na prasę z pomocą pompy ślimakowej. Do osadu dodawany jest również polielektrolit przygotowywany w stacji magazynowania i roztwarzania polielektrolitu. Na prasę może być podawany (alternatywnie) zagęszczony osad ze zbiornika osadu (obiekt 06) lub bezpośrednio osad z pompowni osadów dowożonych (obiekt 10). Osad zagęszczony i wymieszany z roztworem polielektrolitu kierowany jest na prasę taśmową, dzięki której następuje jego odwodnienie do około 20% zawartości suchej masy. Po odwodnieniu osad gromadzony jest w kontenerze lub na przyczepie. Może być również składowany na placu składowania osadu wraz z wiatą (obiekt 17 i 18).

Zbiornik uśredniający (obiekt 04). Jest to zbiornik o kubaturze wewnętrznej 95 m^3 w konstrukcji żelbetowej wylewanej, zagłębiony, pokryty żelbetowym stropem wyposażonym w otwory montażowe i włazy zamykane pokrywani stalowymi ocynkowanymi. Pojemność czynna zbiornika wynosi około 83 m^3, co pozwala na zmagazynowanie ścieków oczyszczonych mechanicznie na czas trwania procesów sedymentacji i dekantacji w reaktorach biologicznych. W zbiorniku zainstalowane są dwie pompy zatapialne (1P+1R) z wirnikiem otwartym. Pompowanie ścieków do reaktorów biologicznych następuje w cyklu automatycznym. Do okresowego mieszania zawartości zbiornika uśredniającego przewidziano ruszt z rur ciśnieniowych perforowanych PVC o średnicy Dy 50 mm zasilanych sprężonym powietrzem ze stacji dmuchaw (obiekt 07). Orurowanie pomp wykonano ze stali kwasoodpornej. Armatura zaporowa i odcinająca pomp umieszczona została w wydzielonej komorze zasuw (obiekt 13).

Reaktor biologiczny SBR1 (obiekt 05). Reaktor ten posiada łączną kubaturę wewnętrzną około 670 m^3. Wykonany jest w konstrukcji żelbetowej wylewanej i przykryty stropem żelbetowym wyposażonym w otwory montażowe i włazy zamykane pokrywami stalowymi ocynkowanymi. Reaktor jest częściowo wyniesiony nad terenem i obsypany. Reaktor jest wyposażony w następujące urządzenia:

- system napowietrzania - ruszt z rur PVC z dyfuzorami membranowymi: 1 kpl.,
- mieszadła zatapialne: 2 szt.,
- pompę zatapialną do osadu: 1 szt.,
- przelewy pływające wykonane ze stali kwasoodpornej: 2 kpl.,
- hydrostatyczną sondę głębokości: 1 szt.,
- pływakowe sygnalizatory poziomu: 2 szt.,
- sondę tlenową z oprzyrządowaniem do montażu: 1 kpl.

Całkowita pojemność czynna reaktora biologicznego wynosi 605 m^3. Do natleniania ścieków zastosowano ruszt drobnopęcherzykowy. Powietrze do rusztu napowietrzającego dostarczają dwie dmuchawy rotacyjne w zabudowie dźwiękochłonnej. W celu zapewnienia optymalnego wymieszania ścieków zastosowano dwa mieszadła zatapialne. Mieszadła zapewnią odpowiednią intensywność cyrkulacji w reaktorze. Do okresowego usuwania osadu nadmiernego zastosowano pompę zatapialną. Jest ona uruchamiana

automatycznie w końcowej fazie cyklu dekantacji w celu odprowadzenia określonej porcji osadu do zbiornika osadu (obiekt 06). Ścieki oczyszczone biologicznie i sklarowane są ujmowane za pomocą przelewów pływających i kierowane do komory odpływowej ścieków oczyszczonych (obiekt 08). Wszystkie urządzenia zainstalowane w reaktorze biologicznym są eksploatowane w cyklu automatycznym. Cykl odprowadzenia ścieków oczyszczonych następuje po otwarciu się elektrycznej przepustnicy. W reaktorze biologicznym, za pomocą hydrostatycznej sondy głębokości, prowadzony jest ciągły pomiar ilości ścieków oczyszczonych odprowadzanych do odbiornika.

Zbiornik osadu (obiekt 06). Zbiornik osadu posiada łączną pojemność czynną około 85 m^3. Zbiornik wykonany jest w konstrukcji żelbetowej wylewanej, przykryty stropem żelbetowym wyposażonym w otwory montażowe i włazy zamykane pokrywami stalowymi ocynkowanymi. Zbiornik jest częściowo wyniesiony nad terenem i ocieplony, zblokowany z reaktorem biologicznym (obiekt 05). Zbiornik osadu jest wyposażony w rurę centralną ze stali ocynkowanej ogniowo DN 250 mm oraz przelew wód nadosadowych do zbiornika uśredniającego (obiekt 04) wykonany z rur kwasoodpornych o średnicy D 204 mm.

Osad zagęszczony ze zbiornika jest podawany do stacji mechanicznego odwadniania osadu za pomocą pompy ślimakowej, znajdującej się w budynku technologicznym (obiekt 03), a następnie do węzła higienizacji osadu (obiekt 11 i 12).

Stacja dmuchaw (obiekt 07). Jest to budynek o powierzchni użytkowej około 22 m^2 i o wymiarach w planie 4,9 x 5,3 m oraz wysokości wewnętrznej 3,0 m. Budynek wykonany został w konstrukcji murowanej na fundamentach betonowych z dachem o konstrukcji drewnianej ze stropem podwieszanym. Budynek jest wyposażony we wrota stalowe ocieplane o wymiarach 1,5 x 2,0 m, instalację oświetleniową i wentylację mechaniczną. W budynku zainstalowane są dwie dmuchawy rotacyjne z silnikami dwubiegowymi zabudowane w wentylowanych obudowach dźwiękochłonnych. Dmuchawy ustawione są na fundamentach o wymiarach 1,2 x 2,3 m. Sprężone powietrze tłoczone jest do jednego przewodu tłocznego DN 200 mm wykonanego ze stali kwasoodpornej. Obie dmuchawy pracują równolegle na jeden, będący w fazie natleniania, reaktor (2P+0R). Na rurociągach tłocznych z dmuchaw do kolektora zbiorczego zainstalowane są przepustnice z napędem elektrycznym, które umożliwiają właśnie skierowanie powietrza z obu dmuchaw na właściwy reaktor. Tryb zamykania i otwierania przepustnic odbywa się zgodnie z przyjętym cyklem pracy reaktorów sekwencyjnych SBR. Na odejściu od rurociągu tłocznego każdej z dmuchaw zamontowany został również ręczny zawór upustowy DN 80 mm. Zawór ten jest uruchamiany podczas rozruchu po dłuższej przerwie w eksploatacji dmuchawy. Na rurociągu DN 150 mm doprowadzającym sprężone powietrze do systemu napowietrzania umieszczonego w reaktorze biologicznym (obiekt 05) zamontowana jest przepustnica odcinająca z napędem ręcznym DN 150 mm.

Komora odpływowa ścieków oczyszczonych 1 (obiekt 08). Komora odpływu to obiekt podziemny o kubaturze wewnętrznej około 4,5 m^3, wykonana w konstrukcji żelbetowej wylewanej, ze stropem żelbetowym i z otworem montażowym w postaci typowego włazu żeliwnego. W komorze, na rurociągu ze stali kwasoodpornej D 204 mm, zainstalowany jest węzeł zasuw (1 przepustnica z napędem ręcznym, 1 przepustnica z napędem elektrycznym oraz złącze ułatwiające demontaż przepustnic w razie konieczności ich naprawy lub wymiany). Poprzez komorę odprowadzane są oczyszczone ścieki z reaktora SBR (obiekt 05), które poprzez punkt pomiaru ilościowego ścieków oczyszczonych (obiekt 16) odprowadzane są do odbiornika – Potoku Jeżowskiego.

Punkt zlewny osadu dowożonego (obiekt 09). Punkt zlewny osadu dowożonego służy do odbioru osadów nadmiernych zagęszczonych dowożonych z oczyszczalni w Sierakowie. Ilość osadów dowożonych wynosi około 25,7 m^3/d. Punkt zlewny wykonany został w postaci studni betonowej z kręgów o średnicy DN 1200 mm, wyposażonej we właz żeliwny DN 600 mm i stopnie złazowe. Do rozładunku wozu asenizacyjnego

wykonane zostało hermetyczne przyłącze typu szybkozłącznego. Dowożone osady są kierowane grawitacyjnie do pompowni osadu nadmiernego przewodem DN 100 mm. Na przewodzie w studni zainstalowana została zasuwa nożowa DN 100 mm z napędem ręcznym oraz zawór zwrotny klapowy do zabudowy między kołnierzami. Punkt zlewny osadu dowożonego został wykonany w ramach rozbudowy oczyszczalni zakończonej w 2010 roku.

Pompownia osadu dowożonego (obiekt 10). Pompownia osadu dowożonego wykonana została jako obiekt żelbetowy wyposażony we właz żeliwny o średnicy DN 600 mm, drabinkę złazową oraz dwa kominki wentylacyjne. Osady ściekowe nadmierne dowożone z oczyszczalni w Sierakowie są poprzez punkt zlewny osadu odprowadzane do pompowni przewodem ze stali nierdzewnej DN 100 mm. Osady z pompowni są tłoczone do budynku higienizacji (obiekt 11) przewodem tłocznym z PE Dy 90 mm. Pompownia o średnicy 2,5 m i głębokości od poziomu terenu 3,0 m wyposażona jest w przelew PVC Dy 200 mm znajdujący się 2,0 m ponad dnem pompowni. Na wyposażenie pompowni składają się następujące urządzenia:

- pompy zatapialne z wirnikiem kanałowym wyposażone w prowadnice, łączone z rurociągiem tłocznym wykonanym ze stali kwasoodpornej D 86 mm za pomocą stopy sprzęgającej: 2 szt.,
- zawór zwrotny kulowy kołnierzowy DN 80 mm: 1 szt.,
- zasuwa międzykołnierzowa do ścieków DN 80 mm z napędem ręcznym: 1 szt.,
- ultradźwiękowy pomiar poziomu osadu: 1 szt.

W celu opuszczania i wyciągania pomp na stropie pompowni zabudowano dwie pokrywy stalowe o wymiarach 420 x 800 mm. Pompownia osadu dowożonego została wykonana w ramach rozbudowy oczyszczalni zakończonej w 2010 roku.

Budynek higienizacji osadu (obiekt 11). Budynek higienizacji osadu powstał w wyniku rozbudowy oczyszczalni zakończonej w 2010 roku. Budynek przylega do obiektu 03 (budynku technologicznego) i posiada wymiary w rzucie 3,6 x 6,6 m. Budynek jest wyposażony w wentylację mechaniczną i grawitacyjną oraz jest ogrzewany elektrycznie (minimalna temperatura to 8^{o}C). Stacja higienizacji osadów jest wyposażona w:

- podajnik z dozownikiem wapna na 4 worki wykonany ze stali kwasoodpornej,
- urządzenie do higienizacji osadu wapnem z przenośnikiem ślimakowym ze zintegrowaną mieszarką osadu.

Po mechanicznym odwodnieniu na prasie taśmowej, w celu unieszkodliwienia bakterii chorobotwórczych i jaj helmintów, osad mieszany jest z wapnem i poddawany higienizacji. Wapno podawane jest przenośnikiem do mieszarki, w której następuje jego wymieszanie z odwodnionym osadem, a następnie mieszanina transportowana jest do kontenera lub na przyczepę. Zastosowanie linii do wapnowania osadu daje pewność, że otrzymana mieszanina osadowo-wapienna może być stosowana do rolniczego lub przyrodniczego wykorzystania. Osad w okresie, kiedy nie może być wykorzystywany rolniczo jest składowany na placu składowania osadu (obiekt 17) lub pod wiatą magazynową osadu (obiekt 18).

Wiata odbioru osadu (obiekt 12). Z budynkiem higienizacji współpracuje wiata odbioru osadu o wymiarach 6,2 x 6,9 m. Wiata przykryta jest dachem i posiada posadzkę betonową z wpustem deszczowym przystosowaną do spłukiwania. Ścieki ze spłukiwania posadzki odprowadzane są do kanalizacji wewnętrznej oczyszczalni. Pod wiatą może być umieszczony kontener na osad lub też przyczepa transportowa. Wiata odbioru osadu została wykonana w ramach rozbudowy oczyszczalni zakończonej w 2010 roku

Komora zasuw (obiekt 13). Komora zasuw wykonana została jako studnia o średnicy DN 2000 mm zabudowana na ciągu technologicznym pomiędzy zbiornikiem uśredniającym (obiekt 04) a reaktorami biologicznymi SBR. Komora przebudowana została w ramach rozbudowy oczyszczalni w 2010 roku i pozwala na rozdział ścieków na „stary" (obiekt 05) i „nowy" (obiekt 14) reaktor biologiczny. W komorze zainstalowane są zawory zwrotne i zasuwy ręczne i z napędem elektrycznym DN 100 mm.

Reaktor biologiczny SBR2 (obiekt 14). Jest to „nowy" reaktor wybudowany w ramach rozbudowy oczyszczalni w 2010 roku. Reaktor ten posiada łączną kubaturę wewnętrzną około 670 m^3. Wykonany jest w konstrukcji żelbetowej wylewanej i przykryty stropem żelbetowym wyposażonym w otwory montażowe i włazy zamykane pokrywami stalowymi ocynkowanymi. Reaktor jest częściowo wyniesiony nad terenem i obsypany. Reaktor jest wyposażony w następujące urządzenia:

- ruszt napowietrzający z dyfuzorami membranowymi: 1 kpl.,
- mieszadła zatapialne średnioobrotowe: 2 szt.,
- pompę zatapialną do osadu z wirnikiem otwartym: 1 szt.,
- dekantery wykonane ze stali kwasoodpornej służące do odprowadzania ścieków oczyszczonych: 2 kpl.,
- hydrostatyczną sondę głębokości: 1 szt.,
- pływakowy sygnalizator poziomu: 1 szt.,
- sondę tlenową z oprzyrządowaniem do montażu: 1 kpl.

Do natlenienia ścieków zastosowano ruszt drobnopęcherzykowy. Powietrze do rusztu dostarczane jest ze stacji dmuchaw (obiekt 07). W celu zapewnienia optymalnego wymieszania zawartości komory zabudowano w niej dwa mieszadła zatapialne zapewniające odpowiednią intensywność cyrkulacji ścieków i osadu. Do okresowego usuwania osadu nadmiernego zastosowano pompę zatapialną. Jest ona uruchamiana automatycznie w końcowej fazie cyklu dekantacji w celu odprowadzenia określonej porcji osadu do zbiornika osadu (obiekt 06). Ścieki oczyszczone i sklarowane ujmowane są za pomocą przelewów pływających i kierowane do komory odpływowej ścieków oczyszczonych. Wszystkie urządzenia zainstalowane w reaktorze biologicznym są eksploatowane w cyklu automatycznym. Cykl odprowadzania ścieków oczyszczonych następuje po otwarciu elektrycznej przepustnicy.

Komora odpływowa ścieków oczyszczonych 2 (obiekt 15). Komora odpływowa ścieków oczyszczonych jest obiektem podziemnym o kubaturze wewnętrznej 4,5 m^3, wykonana w konstrukcji żelbetowej wylewanej, ze stropem żelbetowym, z otworem montażowym w postaci typowego włazu żeliwnego DN 600 mm. W komorze, na rurociągu ze stali kwasoodpornej, zainstalowany został węzeł zasuw D 204 mm (1 przepustnica z napędem ręcznym, 1 przepustnica z napędem elektrycznym oraz złącze ułatwiające demontaż przepustnic w razie zaistnienia konieczności ich naprawy lub wymiany). Poprzez komorę odprowadzane są oczyszczone ścieki z reaktora SBR (obiekt 14), które poprzez punkt pomiaru ilościowego ścieków oczyszczonych (obiekt 16) odprowadzane są do odbiornika – Potoku Jeżowskiego. Komora odpływowa została wykonana w ramach rozbudowy oczyszczalni zakończonej w 2010 roku.

Punkt pomiaru ilości ścieków oczyszczonych (obiekt 16). Pomiar ilości ścieków oczyszczonych zmodernizowany został w 2010 roku i odbywa się w komorze wykonanej z kręgów betonowych DN 1200 mm, gdzie zamontowany jest przepływomierz elektromagnetyczny DN 200 mm. Studzienka wyposażona jest we właz żeliwny DN 600 mm oraz stopnie złazowe. Wartości pomiaru przepływu ścieków oczyszczonych są wyświetlane na monitorze komputera na stanowisku operatorskim w obiekcie 03.

Plac składowania osadu (obiekt 17). Plac składowania osadu posiada wymiary zewnętrzne 42,8 x 14,1 m i stanowi miejsce magazynowania osadu w okresie zimowym. Plac wykonano z betonu jako utwardzony i szczelny. Plac ograniczony jest z trzech stron murem oporowym o wysokości nad terenem 1 m. Nawierzchnię placu ukształtowano ze spadkiem w kierunku odwodnienia liniowego. Rurociągi odwodnieniowe wykonane zostały z rur PVC Dy 200 mm, które współpracują ze studniami z kręgów betonowych DN 1200 mm. Wody opadowe odprowadzane są do wewnętrznej kanalizacji i dalej do ciągu oczyszczania ścieków. Plac składowania osadu został wykonany w ramach rozbudowy oczyszczalni zakończonej w 2010 roku.

Wiata składowania osadu (obiekt 18). Na części placu składowego osadu wykonano wiatę (obiekt 18). Jest to obiekt posadowiony na fundamentach betonowych, przykryty dachem krokwiowym. Wymiary wiaty w rzucie to: 16,8 x 10,2 m. Wiata wykonana została w ramach rozbudowy oczyszczalni zakończonej w 2010 roku.

Tabela 2.3-2 *Charakterystyka obiektów i urządzeń oczyszczalni w Ciasnej*

Parametr	Jedn.	Wartość
Pompownia główna (obiekt 01)		
Wymiary pompowni:		
- średnica	m	2,5
- głębokość	m	5,5
Pompy zatapialne:		
- ilość	szt.	2
- wydajność	m^3/h	34,9
- wysokość podnoszenia	m	7,4
- silnik	kW	2,4
- pływakowy sygnalizator poziomu	szt.	4
Punkt zlewny ścieków dowożonych (obiekt 02)		
Taca ociekowa:		
- szerokość	m	4,5
- długość	m	8,0
Stacja zlewcza:		
- hermetyczne przyłącze szybkozłączne do podłączenia wozów asenizacyjnych wraz z układem identyfikacji przewoźników	kpl.	1
- zasuwa nożowa DN 100 mm z napędem elektrycznym	kpl.	1
Budynek technologiczny (obiekt 03)		
Sito obrotowe, bębnowe:		
- ilość	szt.	1
- perforacja sita	mm	2,5
- przepustowość	l/s	19

Parametr	Jedn.	Wartość
Stacja odwadniania osadu:		
Pompa ślimakowa osadu:		
- ilość	szt.	1
- wydajność	m^3/h	2 – 10
- wysokość podnoszenia	bar	2
- silnik	kW	3
Stacja przygotowania i dozowania polielektrolitu:		
- stacja robocza	kpl.	1
- pompa dozowania polielektrolitu o wydajności 0,2 do 1,1 m^3/h	szt.	1
Prasa odwadniająca:		
- ilość	kpl.	1
- wydajność objętościowa	m^3/h	3 - 4
Zbiornik uśredniający (obiekt 04)		
Wymiary zbiornika:		
- szerokość	m	5,0
- długość	m	5,0
- głębokość	m	3,8
- pojemność czynna	m^3	83,0
Pompy zatapialne:		
- ilość	szt.	2
- wydajność	m^3/h	34,9
- wysokość podnoszenia	m	6,5
- silnik	kW	2,4
Reaktor biologiczny SBR1 (obiekt 05)		
Wymiary zbiornika:		
- szerokość	m	9,0
- długość	m	15,0
- głębokość czynna	m	4,5
- pojemność czynna	m^3	605,0
Ruszt napowietrzający:		
- ilość dyfuzorów membranowych	kpl.	1
Mieszadła zatapialne średnioobrotowe:		
- ilość mieszadeł	szt.	2
- średnica mieszadła	mm	300
- obroty mieszadła	min^{-1}	700 – 920

Parametr	Jedn.	Wartość
- moc silnika mieszadła	kW	2,4
Pompa zatapialna do osadu:		
- ilość	szt.	1
- wydajność	m^3/h	11,5
- wysokość podnoszenia	m	1,5
- silnik	kW	0,8
Wyposażenie dodatkowe:		
- dekantery	szt.	2
- hydrostatyczna sonda głębokości	szt.	1
- pływakowe sygnalizatory poziomu napełnienia	szt.	2
- sonda tlenowa z oprzyrządowaniem	kpl.	1
Zbiornik osadu (obiekt 06)		
Wymiary zbiornika:		
- szerokość	m	4,5
- długość	m	4,5
- głębokość czynna	m	4,5
- pojemność czynna	m^3	85,0
Wyposażenie dodatkowe:		
- rura centralna DN 250 mm	szt.	1
- przelew wód nadosadowych do zbiornika uśredniającego DN 200 mm	szt.	1
Stacja dmuchaw (obiekt 07)		
Dmuchawy:		
- ilość dmuchaw	szt.	2
- ilość czynnych dmuchaw	szt.	2
- wydajność dmuchawy	Nm^3/h	540
- spręż powietrza	MPa	0,06
- moc silnika dmuchawy	kW	15
- łączna wydajność dmuchaw	Nm^3/h	1080
Komora odpływowa ścieków oczyszczonych 1 (obiekt 08)		
Wymiary komory:		
- szerokość	m	1,5
- długość	m	1,5
- głębokość	m	2,0
- kubatura	m^3	4,5

Parametr	Jedn.	Wartość
Wyposażenie dodatkowe:		
- przepustnica z napędem ręcznym DN 200 mm	szt.	1
- przepustnica z napędem elektrycznym DN 200 mm	szt.	1
Punkt zlewny osadu dowożonego (obiekt 09)		
Wymiary punktu zlewnego osadu dowożonego:		
- średnica	m	1,2
- głębokość całkowita	m	1,1
Wyposażenie dodatkowe:		
- hermetyczne przyłącze szybkozłączne do podłączenia wozów asenizacyjnych	kpl.	1
Pompownia osadu dowożonego (obiekt 10)		
Wymiary pompowni:		
- średnica	m	2,5
- głębokość do poziomu terenu	m	3,0
- głębokość czynna	m	1,9
- pojemność czynna	m^3	9,3
Pompy zatapialne:		
- ilość	szt.	2
- ilość pracujących pomp	szt.	1
- wydajność	m^3/h	13,3
- wysokość podnoszenia	m	5,0
- silnik	kW	0,75
Wyposażenie dodatkowe:		
- ultradźwiękowy pomiar poziomu osadu	szt.	1
Budynek higienizacji osadu (obiekt 11)		
Urządzenie do higienizacji osadu wapnem MHIG-03:		
- podajnik z dozownikiem wapna	szt.	1
- pojemność komory zasypowej	m^3	0,3
- wydajność dozownika wapna	kg/h	12 – 70
- silnik	kW	0,5
- przenośnik ślimakowy PS-200/8,0	szt.	1
Komora zasuw (obiekt 13)		
Wymiary komory:		
- średnica	m	2,0
- głębokość	m	1,8
- kubatura	m^3	5,5

Parametr	Jedn.	Wartość
Wyposażenie dodatkowe:		
- zawór zwrotny DN 100 mm	szt.	2
- zasuwa z napędem ręcznym DN 100 mm	szt.	3
- zasuwa z napędem elektrycznym DN 100 mm	szt.	2
Reaktor biologiczny SBR2 (obiekt 14)		
Wymiary zbiornika:		
- szerokość	m	9,0
- długość	m	15,0
- głębokość czynna	m	4,5
- pojemność czynna	m^3	605,0
Ruszt napowietrzający:		
- ilość dyfuzorów membranowych	kpl.	1
Mieszadła zatapialne średnioobrotowe:		
- ilość mieszadeł	szt.	2
- średnica mieszadła	mm	300
- obroty mieszadła	min^{-1}	700 – 920
- moc silnika mieszadła	kW	2,4
Pompa zatapialna do osadu:		
- ilość	szt.	1
- wydajność	m^3/h	11,5
- wysokość podnoszenia	m	1,5
- silnik	kW	0,8
Wyposażenie dodatkowe:		
- dekantery	szt.	2
- hydrostatyczna sonda głębokości	szt.	1
- pływakowe sygnalizatory poziomu napełnienia	szt.	1
- sonda tlenowa z oprzyrządowaniem	kpl.	1
Komora odpływowa ścieków oczyszczonych 2 (obiekt 15)		
Wymiary komory:		
- szerokość	m	1,5
- długość	m	1,5
- głębokość	m	2,0

Parametr	Jedn.	Wartość
- kubatura	m^3	4,5
Wyposażenie dodatkowe:		
- przepustnica z napędem ręcznym DN 200 mm	szt.	1
- przepustnica z napędem elektrycznym DN 200 mm	szt.	1
Punkt pomiaru ilości ścieków oczyszczonych (obiekt 16)		
Wymiary komory:		
- średnica	m	1,2
- głębokość	m	2,1
- kubatura	m^3	2,4
Wyposażenie:		
- przepływomierz elektromagnetyczny DN 200 mm	kpl.	1
Plac składowania osadu (obiekt 17)		
Wymiary placu niezadaszonego (bez wiaty):		
- szerokość	m	14,1
- długość	m	32,6
- powierzchnia całkowita	m^2	460
Wiata na osad (obiekt 18)		
Wymiary wiaty:		
- szerokość	m	10,2
- długość	m	16,8
- wysokość technologiczna	m	4,5
- powierzchnia całkowita	m^2	170

3. Charakterystyka pracy oczyszczalni dla aktualnego obciążenia

3.1. Ilość i jakość dopływających ścieków

W celu ustalenia miarodajnej ilości i jakości ścieków dopływających do oczyszczalni w Ciasnej wykorzystano dane przekazane przez Zamawiającego, które obejmowały:

- informacje o ilości mieszkańców w zlewni oczyszczalni w Ciasnej,
- dane o ilości zużytej wody i wytworzonych ścieków w zlewni oczyszczalni w latach 2015-2019
- miesięczne ilości ścieków odpływających z oczyszczalni z okresu od stycznia 2015 r. do sierpnia 2019 r.,
- wyniki analiz jakości ścieków oczyszczonych, wykonane w oparciu o próbki średniodobowe, z okresu od stycznia 2015 r. do lipca 2019 r.,
- dane o ilości i jakości odpadów wytwarzanych w oczyszczalni w Ciasnej w latach 2015-19.

W **tabeli 3.1-1** przedstawiono bilans ścieków dopływających do oczyszczalni w Ciasnej w latach 2015-18, w którym uwzględniono następujące założenia:

- Zlewnia oczyszczalni obejmuje aktualnie 3544 mieszkańców, z których zdecydowana większość korzysta z kanalizacji (3491 mieszkańców). W obliczeniach bilansowych przyjęto, że ścieki wytwarzane przez wszystkich mieszkańców zlewni trafiają do oczyszczalni, bądź jako ścieki transportowane kanalizacją, bądź jako ścieki dowożone do punktu zlewnego.
- Obliczając ładunki zanieczyszczeń w ściekach surowych przyjęto, że statystyczny mieszkaniec wprowadza do kanalizacji jednostkowe ładunki zanieczyszczeń w postaci ChZT, BZT_5, zawiesiny i fosforu ogólnego, które wynoszą odpowiednio: 120 gO_2/M/d, 60 gO_2/M/d, 65 g/M/d, 12.0 gN/M/d i 2.0 gP//d. Przyjęte wskaźniki są typowe dla bilansowania obciążenia oczyszczalni komunalnych.
- Przy ustalaniu charakterystycznych ilości ścieków dopływających do oczyszczalni w Ciasnej uwzględniono dane z roku 2015-18 pomijając niepełne dane z roku 2019. Do obliczeń przepływów maksymalnych (Qdmax i Qhmax) przyjęto współczynniki nierównomierności spływu ścieków typowe dla zakresu wielkości zbliżonego do oczyszczalni w Ciasnej.

Wyniki obliczeń bilansowych wskazują, że średnia ilość ścieków, dopływających do oczyszczalni, wynosi 259 m^3/d, a maksymalny dopływ dobowy i godzinowy może wynosić odpowiednio 414 m^3/d i 43.1 m^3/h. Ze względu na niskie jednostkowe zużycie wody i stosunkowo niewielki udział wód przypadkowych, jednostkowa ilość ścieków brutto wynosi tylko 73 l/M/d co powoduje dość wysokie stężenia zanieczyszczeń w ściekach surowych. Ze względu na brak dopływu specyficznych ścieków przemysłowych, ścieki surowe doprowadzane do oczyszczalni w Ciasnej mają charakter typowych ścieków bytowych łatwo podlegających biodegradacji.

Bilans ścieków przedstawiony w **tabeli 3.1-1** wykorzystano w dalszej części opracowania do analizy aktualnych warunków pracy oczyszczalni w Ciasnej.

Tabela 3.1-1 *Aktualny bilans ścieków dla oczyszczalni w Ciasnej, opracowany na podstawie danych z okresu 2015-18*

Parametr	Jedn.	Wartość
Liczba mieszkańców równoważnych	RLM	3544
Jednostkowa ilość ścieków	m^3/M/d	0.073
Współczynnik nierównomierności:		
- dobowej Nd		1.60
- godzinowej Nh	-	2.50
Dopływ ścieków do oczyszczalni:		
- średni dobowy Qdsr	m^3/d	259
- maksymalny dobowy Qdmax	m^3/d	414
- maksymalny godzinowy Qhmax	m^3/h	43.1
Ładunki jednostkowe:		
- ChZT	gO_2/M/d	120
- BZT_5	gO_2/M/d	60
- zawiesina	g/M/d	65
- azot ogólny	gN/M/d	12.0
- fosfor ogólny	gP/M/d	2.0
Ładunki całkowite:		
- ChZT	kgO_2/d	425
- BZT_5	kgO_2/d	213
- zawiesina	kg/d	230
- azot ogólny	kgN/d	43
- fosfor ogólny	kgP/d	7.1
Stężenie ścieków		
- ChZT	gO_2/m^3	1645
- BZT_5	gO_2/m^3	822
- zawiesina	g/m^3	891
- azot ogólny	gN/m^3	164.5
- fosfor ogólny	gP/m^3	27.4
Wskaźniki podat. na usuwanie N i P:		
- BZT_5/ChZT	-	0.50
- BZT_5/zawiesina	-	0.92
- BZT_5/N	-	5.0
- BZT_5/P	-	30.0

3.2. Parametry technologiczne oczyszczalni

Wykorzystując przedstawione wcześniej informacje, dotyczące aktualnej ilości i jakości ścieków surowych, wykonano obliczenia parametrów technologicznych podstawowych obiektów i urządzeń oczyszczalni w Ciasnej, które wykorzystano do oceny warunków pracy stopnia biologicznego i części osadowej oczyszczalni. Wyniki obliczeń technologicznych, przedstawione w **tabelach 3.2-1** do **3.2-3**, wskazują, że:

- Średnia dobowa ilość ścieków dopływająca do oczyszczalni stanowi jedynie około 37 % wartości projektowej (694 m^3/d), co oznacza że wszystkie obiekty i urządzenia powinny posiadać znaczne rezerwy w zakresie obciążenia hydraulicznego. Mniejsze możliwości wynikają jednak z faktu, że aktualne obciążenie oczyszczalni ładunkiem zanieczyszczeń (3544 RLM) stanowi aż 83 % obciążenia projektowego (4250 RLM). Wskazuje to ostatecznie na niewielkie rezerwy w zakresie możliwości dociążenia oczyszczalni w Ciasnej.
- Utrzymując maksymalne, zalecanie stężenie osadu czynnego w reaktorze biologicznym (dla indeksu 120 cm^3/g), uzyskuje się wiek osadu około 22.2 d, który gwarantuje prawidłowy przebieg procesu nitryfikacji (denitryfikacji) w okresie zimowym (12ºC) i zapewnia uzyskanie wymaganych efektów oczyszczania ścieków.
- Procesy utleniania zanieczyszczeń i stabilizacji osadu, zachodzące w stopniu biologicznym oczyszczalni wymagają latem dostarczenia maksymalnej ilości powietrza do reaktorów wynoszącej około 643 m^3/h (zapotrzebowanie powietrza zimą jest mniejsze i wynosi 584 m^3/h). Oznacza to, że maksymalne zużycie powietrza w reaktorach, jest znacznie mniejsze od maksymalnej wydajności stacji dmuchaw (1080 m^3/h przy pracy dwóch dmuchaw), co teoretycznie powinno eliminować niebezpieczeństwo hamowania przebiegu biologicznych procesów oksydacyjnych niedoborem tlenu. Pewnym ograniczeniem w działaniu systemu napowietrzania może być fakt technicznego zużycia dyfuzorów. W tych warunkach przepływ powietrza przez dyfuzory może być ograniczany (wzrost oporów przepływu), przy równoczesnym spadku sprawności procesu natleniania.
- W trakcie mechanicznego i biologicznego oczyszczania ścieków powstaje w sumie około 200 kg/d suchej masy osadu nadmiernego o objętości około 24 m^3/d, który nie jest do końca ustabilizowany tlenowo (średni wiek osadu wynosi 22.9 d). Osad ten jest dalej magazynowany w zbiorniku osadu przez około 8.6 d, jednak brak mieszania i napowietrzania osadu nie daje gwarancji uzyskania pełnej stabilizacji osadu. W tych warunkach w zbiorniku mogą zachodzić procesy redukcyjne powodujące emisję szkodliwych substancji do otoczenia (siarkowodór, amoniak itp.).
- Obliczenia wykazują, że istniejącą prasa osadowa jest w stanie skutecznie odwodnić powstający osad, pracując średnio przez 5 dni w tygodniu po 6 godzin.

Tabela 3.2-1 *Aktualne parametry technologiczne podstawowych obiektów części mechanicznej oczyszczalni ścieków w Ciasnej dla obciążenia średniego*

Parametr	Jedn.	Wartość
Główna pompownia ścieków (01)		
Wymiary pompowni:		
- średnica	m	2.5
- głębokość	m	5.5

Parametr	Jedn.	Wartość
Objętość zbiornika czerpalnego	m^3	8.0
Charakterystyka pomp:		
- ilość pomp	szt.	2
- ilość czynnych pomp	szt.	2
- maksymalna wydajność pompy	m^3/h	34.9
Sumaryczna wydajność pompowni	m^3/h	69.8
Przepływ Q_{hmax}	m^3/h	43.1
Punkt zlewny ścieków dowożonych (02)		
Ilość ścieków dowożonych	m^3/d	7.0
Sito bębnowe (w budynku techn. 03)		
Całkowita przepustowość sit	m^3/h	68
Przepływ Q_{hmax}	m^3/h	43
Jednostkowa ilość skratek sprasowanych	l/M/rok	6.0
Ogólna ilość skratek	m^3/d	0.06
Zbiornik uśredniający (04)		
Maksymalna objętość czynna zbiornika	m^3	83.0
Pompy zatapialne:		
- ilość pomp	szt.	2
- ilość czynnych pomp	szt.	1
- wydajność pompy	m^3/h	34.9
Maks. czas magazynowania ścieków (Q_{dsr})	h	7.7
Ścieki oczyszczone mechanicznie		
Sprawność usuwania zanieczyszczeń:		
- ChZT	%	0.0
- BZT_5	%	0.0
- zawiesina	%	0.0
- azot całkowity	%	0.0
- fosfor ogólny	%	0.0
Udział zanieczyszczeń w wodach osadowych:		
- ChZT	%	0.0
- BZT_5	%	0.0
- zawiesina	%	0.0
- azot całkowity	%	10.0
- fosfor ogólny	%	10.0
Stężenie zanieczyszczeń:		
- ChZT	gO_2/m^3	1645

Parametr	Jedn.	Wartość
- BZT_5	gO_2/m^3	822
- zawiesina	g/m^3	891
- azot całkowity	gN/m^3	180.9
- fosfor ogólny	gP/m^3	30.2
Dopływ ścieków:		
- średni dobowy (Qdsr)	m^3/d	259
- maksymalny godzinowy (Qhmax)	m^3/h	43
Ładunki zanieczyszczeń:		
- ChZT	kgO_2/d	425
- BZT_5	kgO_2/d	213
- zawiesina	kg/d	230
- azot całkowity	kgN/d	47
- fosfor ogólny	kgP/d	7.8
Wskaźniki podatności na usuwanie N i P:		
- BZT_5/P	-	27.3
- BZT_5/N	-	4.5

Tabela 3.2-2 *Aktualne parametry technologiczne stopnia biologicznego oczyszczalni ścieków w Ciasnej*

Parametr	Jedn.	Wartość dla	
		zimy	lata
Ogólne parametry reaktorów			
Ilość reaktorów	szt.	2	2
Maksymalna objętość czynna reaktora	m^3	605	605
Maksymalna głębokość czynna reaktora	m	4.50	4.50
Min. dopuszczalna głębokość czynna reaktora	m	3.45	3.45
Liczba cykli na dobę	1/d	3	3
Całkowita długość cyklu	h	8.0	8.0
Porcja oczyszczonych ścieków dla Q_{dsr}	m^3	43.1	43.1
Porcja oczyszczonych ścieków dla Q_{dmax}	m^3	68.9	68.9
Min. poziom ścieków po dekantacji:			
- dla przepływu Q_{dsr}	m	4.18	4.18
- dla przepływu Q_{dmax}	m	3.99	3.99
Indeks objętościowy osadu	cm^3/g	120	120
Przyjęte stężenie osadu w reaktorze	kg/m^3	5.0	5.0
Wysokość warstwy osadu po dekantacji	m	2.7	2.7

Parametr	Jedn.	Wartość dla	
		zimy	lata
Odległość warstwy osadu od dekantera:			
- dla przepływu Q_{dsr}	m	1.5	1.5
- dla przepływu Q_{dmax}	m	1.3	1.3
Min. dop. odległość warstwy osadu od dekantera	m	0.3	0.3
Współczynnik dekantacji:			
- dla przepływu Q_{dsr}	-	0.07	0.07
- dla przepływu Q_{dmax}	-	0.11	0.11
Maks. dopuszczalny współczynnik dekantacji	-	0.50	0.50
Długość trwania faz "technicznych":			
- faza napełniania	h	2.0	2.0
- faza napełniania obliczeniowa	h	6.0	6.0
- faza sedymentacji	h	1.0	1.0
- faza odpływu	h	1.0	1.0
- faza oczekiwania	h	0.0	0.0
Długość trwania fazy reakcji	h	6.0	6.0
Stosunek czasu fazy DN do fazy reakcji	-	0.40	0.40
Długość trwania fazy denitryfikacji (DN)	h	2.4	2.4
Długość trwania fazy nitryfikacji	h	3.6	3.6
Obciążenie osadu	g/gd	0.047	0.047
Temperatura ścieków	°C	12.0	20.0
Współczynnik bezpieczeństwa	-	1.80	1.80
Wymagany wiek osadu dla nitryfikacji	d	8.2	3.7
Wymagany wiek osadu w reaktorze	d	13.7	6.2
Całkowity przyrost osadu		205	192
Rzeczywisty wiek dla całego reaktora	d	22.2	23.6
Współczynnik zużycia:			
- azotu w procesie syntezy	$gN/gBZT_5$	0.050	0.050
- fosforu w procesie syntezy	$gP/gBZT_5$	0.010	0.010
- fosforu w procesie BioP	$gP/gBZT_5$	0.005	0.005
Ilość azotu zużytego w procesie syntezy	gN/m^3	41.1	41.1
Ilość fosforu zużytego w procesie syntezy	gP/m^3	8.2	8.2
Ilość fosforu zużytego w procesie BioP	gP/m^3	4.1	4.1
Ilość fosforu do strącania	gP/m^3	0.0	0.0
Stężenie azotu amon. w odpływie	gN/m^3	0.0	0.0
Stężenie azotu organicznego w odpływie	gN/m^3	2.0	2.0

Parametr	Jedn.	Wartość dla	
		zimy	lata
Nitryfikowana ilość azotu	gN/m^3	137.8	137.8
Udział azotu w osadzie	gN/g	0.052	0.055
Udział fosforu w osadzie	gP/g	0.016	0.017
Faza denitryfikacji			
Jedn. zużycie tlenu na rozkład Corg.	$gO_2/gBZT$	1.22	1.31
Wydajność denitryfikacji	$gN/gBZT_5$	0.15	0.16
Ilość azotu zdenitryfikowanego	gN/m^3	117.1	117.1
Stopień denitryfikacji symultanicznej	-	0.1	0.1
Ilość azotanów zdenitryfikowana symultanicznie	gN/m^3	13.8	13.8
Sumaryczna ilość azotu zdenitryfikowanego	gN/m^3	130.9	130.9
Faza nitryfikacji			
Zużycie tlenu:			
- w procesie utlenienia Corg	kgO_2/d	260	279
- w procesie utlenienia azotu	kgO_2/d	153	153
- w procesie redukcji azotu (odzysk)	kgO_2/d	98	98
Stężenie tlenu w komorze	gO_2/m^3	2.0	2.0
Stężenie tlenu w stanie nasycenia	gO_2/m^3	11.0	9.0
Wiek osadu w reaktorze	d	22.2	23.6
Współczynnik nierównomierności f_C	-	1.12	1.12
Współczynnik nierównomierności f_N	-	1.65	1.65
Współczynnik alfa	-	0.7	0.7
Czas pracy dmuchaw	h/d	21.6	21.6
Średnie zapotrzebowanie tlenu (N+D)	kgO_2/h	25.5	28.4
Maks. zapotrzebowanie tlenu (N+D)	kgO_2/h	35.1	38.7
System natleniania:			
Głębokość ułożenia dyfuzorów	m	4.3	4.3
Stopień wykorzystania tlenu	-	0.22	0.22
Maksymalne zapotrzebowanie powietrza	m^3/h	584	643
Średnie zapotrzebowanie powietrza	m^3/h	424	471
Ilość zainstalowanych dyfuzorów	szt.	200	200
Rzeczywista wydajność dyfuzora	m^3/h	2.9	3.2
Dopuszczalna przepustowość dyfuzora	m^3/h	5.0	5.0
Stacja dmuchaw (07)			
Ilość dmuchaw	szt.	2	2
Ilość czynnych dmuchaw	szt.	2	2

Parametr	Jedn.	Wartość dla	
		zimy	lata
Wydajność dmuchawy	m^3/h	540	540
Moc dmuchawy	kW	15	15
Spręż dmuchawy	Mpa	0.06	0.06
Robocza wydajność stacji	m^3/h	1080	1080
Maksymalne zapotrzebowanie powietrza	m^3/h	584	643
Średnie zapotrzebowanie powietrza	m^3/h	424	471

Tabela 3.2-3 *Aktualne parametry technologiczne stopnia osadowego oczyszczalni ścieków w Ciasnej*

Parametr	Jedn.	Wartość
Nadmiar osadu do przeróbki		
Osad nadmierny z OS Ciasna:		
- sucha masa osadu	kg/d	199
- stężenie osadu	kg/m^3	8.3
- objętość osadu	m^3/d	23.8
- wiek osadu	d	22.9
Osad mieszany:		
- sucha masa osadu mieszanego	kg/d	299
- stężenie osadu mieszanego	kg/m^3	8.8
- objętość osadu mieszanego	m^3/d	33.9
- średni wiek osadu mieszanego	d	23.6
Zbiornik osadu (06)		
Charakterystyka zbiornika:		
- ilość zbiorników	szt.	1
- głębokość czynna zbiornika	m	4.5
- objętość czynna zbiornika	m^3	85
Osad zagęszczony:		
- sucha masa osadu	kg/d	199
- stężenie osadu po zagęszczeniu	kg/m^3	20
- objętość osadu po zagęszczeniu	m^3/d	9.9
Czas zatrzymania osadu	d	8.6
Punkt zlewny osadu dowożonego (09)		
Wymiary punktu zlewnego osadu:		
- średnica	m	1.2
- głębokość całkowita	m	1.1

Parametr	Jedn.	Wartość
Osad nadmierny z OS Sieraków Śląski:		
- sucha masa osadu	kg/d	101
- stężenie osadu	kg/m^3	20.0
- objętość osadu	m^3/d	5.0
- orientacyjny wiek osadu	d	25.0
Pompownia osadu dowożonego (10)		
Pojemność czynna zbiornika pompowni	m^3	9.3
Pompy zatapialne:		
- ilość	szt.	2
- ilość pracujących pomp	szt.	1
- wydajność	m^3/h	13.3
Średni czas pracy pomp	h/d	0.4
Osad mieszany (Ciasna + Sieraków Śl.)		
Sucha masa osadu	kg/d	299
Stężenie osadu	kg/m^3	20.0
Objętość osadu	m^3/d	15.0
Stacja odwadniania osadu (w budynku 03)		
Ilość urządzeń odwadniających	szt.	1
Objętościowa wydajność urządzenia	m^3/h	3.5
Czas pracy urządzenia (5 dni w tygodniu)	h/d	6.0
Udział suchej masy w osadzie odwodnionym	%	20.0
Sucha masa osadu odwodnionego	kg/d	299
Objętość osadu odwodnionego	m^3/d	1.5
Instalacja higienizacji osadu (11)		
Dawka wapna palonego (CaO)	kg/Mg	200
Zużycie wapna palonego (CaO)	kg/d	60
Osad po wapnowaniu:		
- sucha masa osadu	kg/d	359
- objętość osadu	m^3/d	1.6
- uwodnienie osadu	%	76.9
Plac składowania osadu (17)		
Powierzchnia placu	m^2	460
Wysokość warstwy składowania osadu	m	1.5
Czas magazynowania osadu	d	443
Wiata składowania osadu (18)		
Powierzchnia wiaty	m^2	171

Parametr	Jedn.	Wartość
Wysokość warstwy składowania osadu	m	1.5
Czas magazynowania osadu	d	165

3.3. Warunki odprowadzania ścieków i efekty ich oczyszczania

Oczyszczalnia posiada aktualne pozwolenie wodnoprawne, z datą obowiązywania do 31.07.2022 roku, wydane przez Starostę Lublinieckiego decyzją nr WOŚ.6341.39.2012 z dnia 06.07.2012 roku. Zgodnie z decyzją oczyszczalnia może odprowadzać w ciągu doby 694 m^3 oczyszczonych ścieków komunalnych odbiornika, którym jest Potok Jeżowski.

Oczyszczalnia obsługuję aglomerację zatwierdzoną Uchwałą NR V/26/26/2016 Sejmiku Województwa Śląskiego z dnia 29 sierpnia 2016 r. w sprawie wyznaczenia Aglomeracji Ciasna, której wielkość została określona na 4 836 RLM. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych (Dz.U. 2019, poz. 1311), oczyszczalnia musi spełniać wymagania określone dla oczyszczalni w aglomeracji o wielkości od 2000 do 9999 RLM, które obejmują trzy podstawowe wskaźniki zanieczyszczeń (ChZT, BZT_5, zawiesina).

W **tabeli 3.3-1** przedstawiono średnie stężenia wskaźników zanieczyszczeń w odpływie z oczyszczalni, obliczone na podstawie wyników analiz z lat 2015-18, w porównaniu do wartości dopuszczalnych określonych w pozwoleniu wodnoprawnym. Oceniając te dane można zauważyć, że oczyszczalnia uzyskuje wysokie efekty oczyszczania, w zakresie wszystkich normowanych wskaźników (BZT_5, ChZT i zawiesiny), które są zgodne z wymaganiami posiadanego pozwolenia wodnoprawnego.

Tabela 3.3-1 *Porównanie średniej ilości i jakości ścieków oczyszczonych odprowadzanych z oczyszczalni w Ciasnej w latach 2015-18 z wymaganiami określonymi w pozwoleniu wodnoprawnym*

Parametr	Jedn.	Pozwol. wodn.-pawne	Ścieki oczyszcz.
Ilość oczyszczonych ścieków	m^3/d	694	259
Stężenie zanieczyszczeń:			
- ChZT	gO_2/m^3	≤ 125	33.5
- BZT_5	gO_2/m^3	≤ 25	4.4
- zawiesina	g/m^3	≤ 35	6.1

3.4. Graniczne obciążenie oczyszczalni i jej warunki pracy

Uwzględniając aktualną jakość ścieków dopływających do oczyszczalni w Ciasnej wykonano obliczenia określające dopuszczalne obciążenie głównych obiektów oczyszczalni ilością ścieków oraz ładunkiem zanieczyszczeń. W obliczeniach przyjęto następujące założenia:

- wzrost (lub spadek) obciążenia oczyszczalni będzie następował tylko w wyniku wzrostu (lub spadku) ilości ścieków dopływających kanalizacją, a ich jakość będzie zbliżona do składu ścieków aktualnie dopływających do oczyszczalni,
- obliczenia dotyczące dopuszczalnego obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń będą dotyczyły okresu zimowego (gorsze warunki biologicznego oczyszczania ścieków),
- dopuszczalne obciążenie podstawowych obiektów technologicznych oczyszczalni ograniczono do reaktorów biologicznych, które oceniano pod kątem następujących warunków granicznych:
  - stabilny przebieg procesu nitryfikacji - obciążenie reaktorów powinno umożliwić utrzymanie odpowiedniego wieku osadu (wymagany wieku osadu ≥ 13.7 d),
  - wymagany stopień stabilizacji tlenowej osadu - obciążenie reaktorów powinno umożliwić uzyskanie w pełni ustabilizowanego osadu (wiek osadu ≥ 25 d),
- pominięto ograniczenia związane z wielkością zainstalowanych urządzeń mechanicznych (pomp, dmuchaw, urządzeń odwadniających) ponieważ mogą być stosunkowo łatwo wymienione na urządzenia o większej wydajności.

Wyniki obliczeń, zebrane w **tabeli 3.4-1** wskazują, że zalecane, dopuszczalne obciążenie hydrauliczne oczyszczalni w Ciasnej, wynikające z ograniczeń związanych z uzyskaniem wymaganego stopnia stabilizacji osadu, wynosi 232 m^3/d, co odpowiada obciążeniu ładunkiem zanieczyszczeń od 3180 RLM. Najwyższe obciążenie, wynoszące 394 m^3/d (5396 RLM), jest związane z zapewnieniem stabilnego procesu nitryfikacji w reaktorach. Interpretacja uzyskanych wyników prowadzi do wniosku, że oczyszczalnia może skutecznie oczyszczać ścieki, jednak nie zapewnia odpowiedniej jakości osadu nadmiernego. Porównanie aktualnego obciążenia oczyszczalni z obliczonymi obciążeniami granicznymi wskazuje, że oczyszczalnia w Ciasnej w zasadzie nie posiada żadnych rezerw technologicznych, które umożliwiałyby w przyszłości przyjęcie dodatkowych partii ścieków.

Tabela 3.4-1 *Dopuszczalne obciążenie reaktorów biologicznych w oczyszczalni w Ciasnej, odniesione do ilości ścieków oraz ładunku zanieczyszczeń (RLM)*

Obiekt / Parametr	Wskaźnik obciążenia		
	Q_{dsr} m^3/d	Q_{hmax} m^3/h	RLM
Reaktor biologiczny - Proces nitryfikacji	394	65.6	5396
Reaktor biologiczny - Stabilizacja tlenowa osadu	232	38.7	3180
Maksymalne zalecane obciążenie oczyszczalni*)	**232**	**38.7**	**3180**
Aktualne obciążenie oczyszczalni	259	43.1	3544

**) przy aktualnym stężeniu dopływających ścieków surowych*

3.5. Problemy technologiczne i eksploatacyjne

W niniejszym punkcie przypomniano najważniejsze zastrzeżenia, które były zgłaszane w lipcu 2018 roku podczas rozruchu technologicznego reaktora SBR nr 1. Do najważniejszych problemów wymagających rozwiązania zaliczono wtedy:

- Konieczność wykonania szczegółowego bilansu ścieków dla obszaru aglomeracji Ciasna dla stanu docelowego i odniesienie się do możliwości hydraulicznych i substratowych oczyszczalni. Niniejszy postulat został spełniony w ramach niniejszego opracowania.
- Oczyszczalnia w Ciasnej została wybudowana w roku 2003 i rozbudowana w roku 2010 do przepustowości 720 m^3/d. Aktualnie jej stan określa się jako dobry technologicznie - spełnia wymagania redukcji zanieczyszczeń i jakości ścieków oczyszczonych odprowadzanych do odbiornika, ale stan techniczny należy uznać jako tylko dostateczny. Zamontowane urządzenia mechaniczne są sprawne, ale wykazują stan zużycia, niską efektywność, w tym także energetyczną.
- Widoczne, znaczne zużycie oraz niepewne działanie większości obiektów i urządzeń utrudniające bieżącą eksploatację oczyszczalni tj.:
  - zużycie sita bębnowego,
  - zużycie pomp w pompowni wewnętrznej oczyszczalni,
  - zużycie urządzeń mechanicznych i pomiarowych zainstalowanych w reaktorze biologicznym (mieszadła, sondy do pomiaru tlenu),
  - -brak możliwości optymalizacji pracy reaktorów biologicznych z uwagi na pracę w oparciu o jeden układ dmuchaw - wysokie ryzyko niedotrzymania wymaganych parametrów ścieków oczyszczonych - awaria nawet jednej dmuchawy wywołuje skutki dla dwóch reaktorów,
  - brak piaskownika, co powoduje przedostawanie się piasku do dalszych urządzeń technologicznych powodując ich zamulanie i szybsze zużycie oraz obciążenie membran dysków napowietrzających,
  - brak możliwości uzyskania w pełni ustabilizowanego osadu nadmiernego.

Stąd zaproponowano, aby przewidzieć:

- Przebudowę pompowni ścieków na terenie oczyszczalni wraz z wymianą pomp dostosowanych do docelowej przepustowości oczyszczalni.
- Wyposażenie punktu zlewnego ścieków dowożonych w aparaturę kontrolno-pomiarową.
- Wymianę sita bębnowego na zblokowane urządzenie do mechanicznego oczyszczania ścieków tj. sitopiaskownika dostosowanego do docelowej przepustowości oczyszczalni.
- Rozbudowę stacji dmuchaw umożliwiającą niezależne sterowanie procesami technologicznymi w każdym z reaktorów.
- Sukcesywną wymianę mieszadeł i sond tlenowych na nowe w pracujących reaktorach.
- Wymianę stacji mechanicznego odwadniania osadów na nową dostosowaną do docelowej przepustowości oczyszczalni.
- Budowę zbiornika tlenowej stabilizacji osadów wraz z układem dmuchaw.
- Zabudowę bocznych ścian wiaty osadowej, zabezpieczających osad przed powtórnym nawodnieniem przy opadach atmosferycznych.

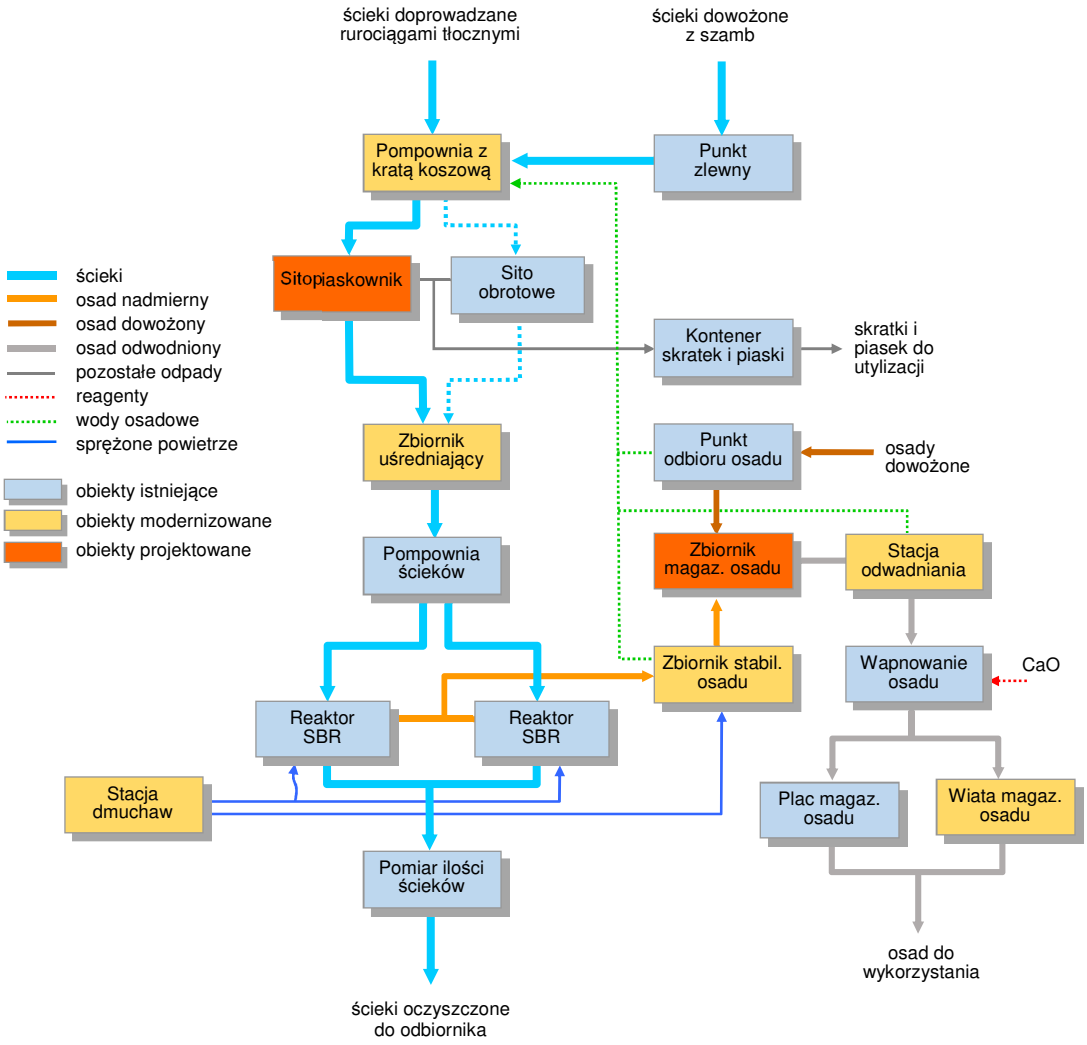
4. Proponowany zakres przebudowy oczyszczalni dla aktualnego obciążenia

4.1. Proponowany schemat procesowy oczyszczalni dla aktualnego obciążenia

Przedstawione wcześniej informacje, dotyczące oceny aktualnych warunków pracy oraz stanu technicznego oczyszczalni wskazują, że prawidłowe działanie oczyszczalni będzie wymagało jej modernizacji, jednak bez konieczności rozbudowy wielkości obiektów oczyszczalni. Analizując różne możliwości poprawienia parametrów technologicznych, przyjęto ostatecznie, że zmodernizowany schemat procesowy oczyszczalni, przedstawiony na **rysunku 4.1-1**, będzie obejmował następujące operacje jednostkowe:

- Dozowanie ścieków dowożonych taborem asenizacyjnym poprzez punkt zlewny do zbiornika czerpalnego pompowni głównej. Punkt zlewny powinien zostać doposażony w urządzenia pomiarowe pozwalające określić przybliżoną jakość dowożonych ścieków (odczyn, temperatura, przewodność).
- Przepompowanie wszystkich ścieków oraz wód osadowych do dalszych urządzeń stopnia mechanicznego oczyszczalni. Operacja ta będzie prowadzona w istniejącej pompowni ścieków wyposażonej w dwie pompy zasilane poprzez falowniki. System sterowania pompami powinien zapewnić zmniejszenie nierównomierności natężenia przepływu pompowanych ścieków stosunku do nierównomierności dopływu ścieków z kanalizacji.
- Wstępne oczyszczanie ścieków nowej stacji mechanicznego oczyszczania wyposażonej w sito-piaskownik, posadowiony na poziomie umożliwiającym dalszy grawitacyjny spływ ścieków do zbiornika uśredniającego. Sito-piaskownik będzie wyposażony w system odwadniania skratek, płuczkę piasku oraz kanał obejściowy z istniejącym sitem obrotowym uruchamianym w sytuacjach awaryjnych. Piasek i skratki usuwane z sito-piaskownika (bądź z sita obrotowego) będą dezynfekowane wapnem chlorowanym i magazynowane w oddzielnych kontenerach. Magazynowane partie skratek i piasku będą okresowo wywożone na wysypisko komunalne.
- Magazynowanie ścieków w istniejącym zbiorniku uśredniającym, w którym zostaną wymienione pompy na nowe o zbliżonych parametrach do pomp istniejących. W zbiorniku zostanie również zainstalowane nowe mieszadło zatapialne pozwalające utrzymać jednorodny skład ścieków oraz zmniejszyć niebezpieczeństwo wytrącania osadów. Uśrednione ścieki będą okresowo dozowane do dwóch sekwencyjnych reaktorów SBR.
- Biologiczne oczyszczanie ścieków w dwóch istniejących reaktorach osadu czynnego, w których będą prowadzone sekwencyjnie procesy: napełniania, biologicznego oczyszczania (defosfatacji, denitryfikacji, nitryfikacji, rozkładu zanieczyszczeń organicznych oraz symultanicznej stabilizacji osadu), sedymentacji oraz odprowadzania oczyszczonych ścieków do odbiornika. W ramach modernizacji reaktorów przewiduje się przegląd oraz ewentualną wymianę istniejących dyfuzorów, wymianę istniejących urządzeń pomiarowych (sondy do pomiaru stężenia tlenu, potencjału redox, azotu amonowego i mętności).
- Oczyszczone ścieki odprowadzane z reaktorów będą transportowane kanałem grawitacyjnym poprzez istniejące urządzenie pomiarowe do odbiornika. Osad zagęszczony, wydzielony w reaktorach, będzie przepompowany pod koniec fazy sedymentacji do zbiornika magazynowania osadu.

- Końcowa stabilizacja tlenowa i okresowe zagęszczanie ustabilizowanego osadu nadmiernego w istniejącym zbiorniku stabilizacji osadu, zapewniającym około 5 dniowy czas zatrzymania. Zbiornik będzie dodatkowo wyposażony w nowy system napowietrzania (dyfuzory zasilane z dodatkowej dmuchawy) oraz w nowe mieszadło zatapialne. Zagęszczany okresowo osad o uwodnieniu 2.0 % suchej masy będzie okresowo odprowadzany do nowego zbiornika magazynowania osadu.



Rysunek 4.1-1 *Schemat procesowy zmodernizowanej oczyszczalni ścieków w Ciasnej*

- Przyjmowanie ustabilizowanego i zagęszczonego osadu nadmiernego z oczyszczalni w Sierakowie Śląskim w istniejącym punkcie zlewnym osadu dowożonego.
- Magazynowanie mieszaniny zagęszczonego osadu nadmiernego z oczyszczalni w Ciasnej i osadu z oczyszczalni z Sierakowa Śląskiego w nowym zbiorniku magazynowania osadu przed odwadnianiem. Zbiornik o objętości około 55 m^3 będzie wyposażony w zatapialne mieszadło zapewniające uśrednienie magazynowanych osadów. Osad gromadzony w zbiorniku będzie pompowany do stacji odwadniania osadu.

- Mechaniczne odwadnianie osadu na istniejącej prasie taśmowej o wydajności około 3-4 m^3/h. Odwodniony osad o uwodnieniu około 80% może być udostępniony firmom zewnętrznych do dalszego przerobu lub zostanie poddawany wapnowaniu.
- Wapnowanie całej ilości lub tylko części odwodnionego osadu w instalacji składającej się z silosu wapna, dozownika wapna i mieszalnika osadu z wapnem.
- Magazynowanie osadu po wapnowaniu na istniejącym zadaszonym placu magazynowym lub pod istniejącą wiatą, który zapewni retencjonowanie osadu przez okres około 1 roku. Gromadzony osad może być wykorzystany do celów rolniczych, do rekultywacji nieużytków lub do leśnego zagospodarowania gruntów.

4.2. Parametry technologiczne oczyszczalni dla aktualnego obciążenia

W celu sprawdzenie prawidłowości przyjętych rozwiązań modernizacyjnych, wykonano obliczenia, w których wykorzystano wytyczne ATV zawarte w arkuszu roboczym A-131 oraz inne, ogólnie akceptowane, zasady wymiarowania obiektów procesowych oczyszczalni ścieków. Wyniki obliczeń, określające wielkości oraz parametry zmodernizowanych urządzeń w części ściekowej i osadowej oczyszczalni, przedstawiono w tabelach 4.2.1-3. Uzyskane wyniki potwierdzają, że nowoprojektowane i zmodernizowane obiekty będą pracowały w optymalnym zakresie parametrów technologicznych.

Tabela 4.2-1 *Parametry technologiczne podstawowych obiektów części mechanicznej oczyszczalni ścieków w Ciasnej po jej modernizacji*

Parametr	Jedn.	Wartość
Główna pompownia ścieków (01)		
Wymiary pompowni:		
- średnica	m	2.5
- głębokość	m	5.5
Objętość zbiornika czerpalnego	m^3	8.0
Charakterystyka pomp:		
- ilość pomp	szt.	2
- ilość czynnych pomp	szt.	2
- maksymalna wydajność pompy	m^3/h	34.9
Sumaryczna wydajność pompowni	m^3/h	69.8
Przepływ Q_{hmax}	m^3/h	43.1
Punkt zlewny ścieków dowożonych (02)		
Ilość ścieków dowożonych	m^3/d	7.0
Sitopiaskownik (03)		
Charakterystyka sitopiaskownika:		
- ilość urządzeń	*szt.*	*1*
- maksymalna wydajność urządzenia	*m^3/h*	*100*
- prześwit sita	*mm*	*6.0*
Maksymalny dopływ ścieków Qhmax	*m^3/h*	*43.1*

Parametr	Jedn.	Wartość
Skratki sprasowane:		
- jednostkowa objętość skratek	*l/M/rok*	*5.5*
- dobowa objętość skratek	*m^3/d*	*0.05*
- gęstość skratek sprasowanych	*kg/dm^3*	*0.90*
- dobowa ilość skratek	*kg/d*	*48*
Odwodniony piasek:		
- jednostkowa objętość piasku	*kg/M/rok*	*6.0*
- dobowa objętość piasku	*m^3/d*	*0.06*
- gęstość piasku	*kg/dm^3*	*1.5*
- dobowa ilość piasku	*kg/d*	*87*
Zbiornik uśredniający (04)		
Maksymalna objętość czynna zbiornika	m^3	83.0
Pompy zatapialne:		
- ilość pomp	szt.	2
- ilość czynnych pomp	szt.	1
- wydajność pompy	m^3/h	34.9
Mieszadło zatapialne:		
- ilość mieszadeł	*szt.*	*1*
- moc silnika mieszadła	*kW*	*1.5*
- jedn. moc mieszania	*W/m^3*	*18.1*
Maks. czas magazynowania ścieków (Q_{dsr})	h	7.7
Ścieki oczyszczone mechanicznie		
Sprawność usuwania zanieczyszczeń:		
- ChZT	%	0.0
- BZT_5	%	0.0
- zawiesina	%	0.0
- azot całkowity	%	0.0
- fosfor ogólny	%	0.0
Udział zanieczyszczeń w wodach osadowych:		
- ChZT	%	0.0
- BZT_5	%	0.0
- zawiesina	%	0.0
- azot całkowity	%	10.0
- fosfor ogólny	%	10.0
Stężenie zanieczyszczeń:		
- ChZT	gO_2/m^3	1645

Parametr	Jedn.	Wartość
- BZT_5	gO_2/m^3	822
- zawiesina	g/m^3	891
- azot całkowity	gN/m^3	180.9
- fosfor ogólny	gP/m^3	30.2
Dopływ ścieków:		
- średni dobowy (Qdsr)	m^3/d	259
- maksymalny godzinowy (Qhmax)	m^3/h	43
Ładunki zanieczyszczeń:		
- ChZT	kgO_2/d	425
- BZT_5	kgO_2/d	213
- zawiesina	kg/d	230
- azot całkowity	kgN/d	47
- fosfor ogólny	kgP/d	7.8
Wskaźniki podatności na usuwanie N i P:		
- BZT_5/P	-	27.3
- BZT_5/N	-	4.5

Tabela 3.2-2 *Parametry technologiczne stopnia biologicznego oczyszczalni ścieków w Ciasnej po jej modernizacji*

Parametr	Jedn.	Wartość dla	
		zimy	lata
Ogólne parametry reaktorów			
Ilość reaktorów	szt.	2	2
Maksymalna objętość czynna reaktora	m^3	605	605
Maksymalna głębokość czynna reaktora	m	4.50	4.50
Min. dopuszczalna głębokość czynna reaktora	m	3.45	3.45
Liczba cykli na dobę	1/d	3	3
Całkowita długość cyklu	h	8.0	8.0
Porcja oczyszczonych ścieków dla Q_{dsr}	m^3	43.1	43.1
Porcja oczyszczonych ścieków dla Q_{dmax}	m^3	68.9	68.9
Min. poziom ścieków po dekantacji:			
- dla przepływu Q_{dsr}	m	4.18	4.18
- dla przepływu Q_{dmax}	m	3.99	3.99
Indeks objętościowy osadu	cm^3/g	120	120
Przyjęte stężenie osadu w reaktorze	kg/m^3	5.0	5.0
Wysokość warstwy osadu po dekantacji	m	2.7	2.7

Parametr	Jedn.	Wartość dla	
		zimy	lata
Odległość warstwy osadu od dekantera:			
- dla przepływu Q_{dsr}	m	1.5	1.5
- dla przepływu Q_{dmax}	m	1.3	1.3
Min. dop. odległość warstwy osadu od dekantera	m	0.3	0.3
Współczynnik dekantacji:			
- dla przepływu Q_{dsr}	-	0.07	0.07
- dla przepływu Q_{dmax}	-	0.11	0.11
Maks. dopuszczalny współczynnik dekantacji	-	0.50	0.50
Długość trwania faz "technicznych":			
- faza napełniania	h	2.0	2.0
- faza napełniania obliczeniowa	h	6.0	6.0
- faza sedymentacji	h	1.0	1.0
- faza odpływu	h	1.0	1.0
- faza oczekiwania	h	0.0	0.0
Długość trwania fazy reakcji	h	6.0	6.0
Stosunek czasu fazy DN do fazy reakcji	-	0.40	0.40
Długość trwania fazy denitryfikacji (DN)	h	2.4	2.4
Długość trwania fazy nitryfikacji	h	3.6	3.6
Obciążenie osadu	g/gd	0.047	0.047
Temperatura ścieków	°C	12.0	20.0
Współczynnik bezpieczeństwa	-	1.80	1.80
Wymagany wiek osadu dla nitryfikacji	d	8.2	3.7
Wymagany wiek osadu w reaktorze	d	13.7	6.2
Całkowity przyrost osadu		205	192
Rzeczywisty wiek dla całego reaktora	d	22.2	23.6
Współczynnik zużycia:			
- azotu w procesie syntezy	$gN/gBZT_5$	0.050	0.050
- fosforu w procesie syntezy	$gP/gBZT_5$	0.010	0.010
- fosforu w procesie BioP	$gP/gBZT_5$	0.005	0.005
Ilość azotu zużytego w procesie syntezy	gN/m^3	41.1	41.1
Ilość fosforu zużytego w procesie syntezy	gP/m^3	8.2	8.2
Ilość fosforu zużytego w procesie BioP	gP/m^3	4.1	4.1
Ilość fosforu do strącania	gP/m^3	0.0	0.0
Stężenie azotu amon. w odpływie	gN/m^3	0.0	0.0
Stężenie azotu organicznego w odpływie	gN/m^3	2.0	2.0

Parametr	Jedn.	Wartość dla	
		zimy	lata
Nitryfikowana ilość azotu	gN/m^3	137.8	137.8
Udział azotu w osadzie	gN/g	0.052	0.055
Udział fosforu w osadzie	gP/g	0.016	0.017
Faza denitryfikacji			
Jedn. zużycie tlenu na rozkład Corg.	$gO_2/gBZT$	1.22	1.31
Wydajność denitryfikacji	$gN/gBZT_5$	0.15	0.16
Ilość azotu zdenitryfikowanego	gN/m^3	117.1	117.1
Stopień denitryfikacji symultanicznej	-	0.1	0.1
Ilość azotanów zdenitryfikowana symultanicznie	gN/m^3	13.8	13.8
Sumaryczna ilość azotu zdenitryfikowanego	gN/m^3	130.9	130.9
Faza nitryfikacji			
Zużycie tlenu:			
- w procesie utlenienia Corg	kgO_2/d	260	279
- w procesie utlenienia azotu	kgO_2/d	153	153
- w procesie redukcji azotu (odzysk)	kgO_2/d	98	98
Stężenie tlenu w komorze	gO_2/m^3	2.0	2.0
Stężenie tlenu w stanie nasycenia	gO_2/m^3	11.0	9.0
Wiek osadu w reaktorze	d	22.2	23.6
Współczynnik nierównomierności f_C	-	1.12	1.12
Współczynnik nierównomierności f_N	-	1.65	1.65
Współczynnik alfa	-	0.7	0.7
Czas pracy dmuchaw	h/d	21.6	21.6
Średnie zapotrzebowanie tlenu (N+D)	kgO_2/h	25.5	28.4
Maks. zapotrzebowanie tlenu (N+D)	kgO_2/h	35.1	38.7
System natleniania			
Głębokość ułożenia dyfuzorów	*m*	*4.3*	*4.3*
Stopień wykorzystania tlenu	*-*	*0.22*	*0.22*
Maksymalne zapotrzebowanie powietrza	m^3/h	*584*	*643*
Średnie zapotrzebowanie powietrza	m^3/h	*424*	*471*
Ilość zainstalowanych dyfuzorów	*szt.*	*200*	*200*
Rzeczywista wydajność dyfuzora	m^3/h	*2.9*	*3.2*
Dopuszczalna przepustowość dyfuzora	m^3/h	*5.0*	*5.0*
Stacja dmuchaw (07)			
Ilość dmuchaw	*szt.*	*2*	*2*
Ilość czynnych dmuchaw	*szt.*	*2*	*2*

Parametr	Jedn.	Wartość dla	
		zimy	lata
Wydajność dmuchawy	*m^3/h*	*540*	*540*
Moc dmuchawy	*kW*	*15*	*15*
Spręż dmuchawy	*MPa*	*0.06*	*0.06*
Robocza wydajność stacji	*m^3/h*	*1080*	*1080*
Maksymalne zapotrzebowanie powietrza	*m^3/h*	*584*	*643*
Średnie zapotrzebowanie powietrza	*m^3/h*	*424*	*471*

Tabela 3.2-3 *Parametry technologiczne stopnia osadowego oczyszczalni ścieków w Ciasnej po jej modernizacji*

Parametr	Jedn.	Wartość
Nadmiar osadu do przeróbki		
Osad nadmierny z OS Ciasna:		
- sucha masa osadu	kg/d	199
- stężenie osadu	kg/m^3	8.3
- objętość osadu	m^3/d	23.8
- wiek osadu	d	22.9
Zbiornik stabilizacji osadu (06)		
Charakterystyka zbiornika:		
- ilość zbiorników	szt.	1
- głębokość czynna zbiornika	m	4.5
- objętość czynna zbiornika	m^3	85
Wiek osadu	d	22.9
Czas stabilizacji osadu	d	8.6
Obliczeniowy wiek osadu ustabilizowanego	d	31.4
Stopień rozkładu osadu	-	0.10
Sucha masa osadu ustabilizowanego	kg/d	179
Jednostkowe zużycie tlenu przez osad	$gO_2/g/d$	0.05
Całkowite zużycie tlenu	kgO_2/d	113
Współczynnik alfa	-	0.7
Stopień wykorzystania tlenu	-	0.20
Stężenie tlenu rozpuszczonego	gO_2/m^3	1.0
Stężenie tlenu w stanie nasycenia	gO_2/m^3	10
Średnia ilość zużywanego powietrza	m^3/h	134
Mieszadła zatopione		
- ilość mieszadeł w zbiorniku	*szt.*	*1*

Parametr	Jedn.	Wartość
- moc mieszadła	*kW*	*1.5*
- jednostkowa moc mieszania	*W/m³*	*17.6*
System napowietrzania:		
- ilość dmuchaw	*szt.*	*1*
- wydajność dmuchawy	*m³/h*	*200*
- moc silnika dmuchawy	*kW*	*7.5*
- sprężr dmuchawy	*MPa*	*0.07*
Intensywność napowietrzania	*m³/m²/h*	*10.6*
Wymagana ilość dyfuzorów	*szt.*	*50.0*
Jednostkowa wydajność dyfuzora	*m³/h*	*4.0*
Osad ustabilizowany i zagęszczony:		
- sucha masa osadu	*kg/d*	*178.7*
- stężenie osadu po zagęszczeniu	*kg/m³*	*20.0*
- objętość osadu po zagęszczeniu	*m³/d*	*8.9*
Punkt zlewny osadu dowożonego (09)		
Wymiary punktu zlewnego osadu:		
- średnica	m	1.2
- głębokość całkowita	m	1.1
Osad nadmierny z OS Sieraków Śląski:		
- sucha masa osadu	kg/d	101
- stężenie osadu	kg/m³	20.0
- objętość osadu	m³/d	5.0
- orientacyjny wiek osadu	d	25.0
Pompownia osadu dowożonego (10)		
Pojemność czynna zbiornika pompowni	m³	9.3
Pompy zatapialne:		
- ilość	szt.	2
- ilość pracujących pomp	szt.	1
- wydajność	m³/h	13.3
Średni czas pracy pomp	h/d	0.4
Zbiornik magazynowania osadu (06a)		
Charakterystyka osadu mieszanego:		
- sucha masa osadu	*kg/d*	*280*
- stężenie osadu	*kg/m³*	*20.0*
- objętość osadu	*m³/d*	*14.0*

Parametr	Jedn.	Wartość
Charakterystyka zbiornika:		
- ilość zbiorników	*szt.*	*1*
- szerokość zbiornika	*m*	*3.5*
- długość zbiornika	*m*	*3.5*
- głębokość czynna zbiornika	*m*	*4.5*
- objętość czynna zbiornika	*m^3*	*55.1*
Czas zatrzymania osadu	*d*	*3.9*
Mieszadła zatopione		
- ilość mieszadeł w zbiorniku	*szt.*	*1*
- moc mieszadła	*kW*	*1.0*
- jednostkowa moc mieszania	*W/m^3*	*18.1*
Stacja odwadniania osadu (w budynku 03)		
Ilość urządzeń odwadniających	szt.	1
Objętościowa wydajność urządzenia	m^3/h	3.5
Czas pracy urządzenia (5 dni w tygodniu)	h/d	5.6
Udział suchej masy w osadzie odwodnionym	%	20.0
Sucha masa osadu odwodnionego	kg/d	280
Objętość osadu odwodnionego	m^3/d	1.4
Instalacja higienizacji osadu (11)		
Dawka wapna palonego (CaO)	kg/Mg	200
Zużycie wapna palonego (CaO)	kg/d	56
Osad po wapnowaniu:		
- sucha masa osadu	kg/d	335
- objętość osadu	m^3/d	1.5
- uwodnienie osadu	%	76.9
Plac składowania osadu (17)		
Powierzchnia placu	m^2	460
Wysokość warstwy składowania osadu	m	1.5
Czas magazynowania osadu	d	475
Wiata składowania osadu (18)		
Powierzchnia wiaty	m^2	171
Wysokość warstwy składowania osadu	m	1.5
Czas magazynowania osadu	d	177

4.3. Proponowany zakres przebudowy i rozbudowy oczyszczalni dla aktualnego obciążenia

W **tabeli 4.3-1** zestawiono zakresy przebudowy i rozbudowy oczyszczalni dla aktualnego obciążenia.

Tabela 4.3-1 *Podstawowe parametry techniczno-technologiczne modernizowanych urządzeń oczyszczalni ścieków w Ciasnej*

Parametr	Jedn.	Wartość
Główna pompownia ścieków (01)		
Charakterystyka pomp:		
- ilość pomp	szt.	2
- ilość czynnych pomp	szt.	2
- maksymalna wydajność pompy	m^3/h	34.9
Zbiornik uśredniający (04)		
Mieszadło zatapialne:		
- ilość mieszadeł	szt.	1
- średnica mieszadła	mm	300
- obroty mieszadła	min-1	800
- moc silnika mieszadła	kW	1.5
- jedn. moc mieszania	W/m^3	18.1
System natleniania reaktorów		
Głębokość ułożenia dyfuzorów	m	4.3
Stopień wykorzystania tlenu	-	0.22
Maksymalne zapotrzebowanie powietrza	m^3/h	643
Średnie zapotrzebowanie powietrza	m^3/h	471
Ilość zainstalowanych dyfuzorów	szt.	200
Stacja dmuchaw (07)		
Ilość dmuchaw	szt.	2
Ilość czynnych dmuchaw	szt.	2
Wydajność dmuchawy	m^3/h	540
Moc dmuchawy	kW	15
Spręż dmuchawy	Mpa	0.06
Robocza wydajność stacji	m^3/h	1080
Zbiornik stabilizacji osadu (06)		
Mieszadła zatopione		
- ilość mieszadeł w zbiorniku	szt.	1
- moc mieszadła	kW	1.5
- jednostkowa moc mieszania	W/m^3	17.6

Parametr	Jedn.	Wartość
System napowietrzania:		
- ilość dmuchaw	szt.	1
- wydajność dmuchawy	m^3/h	200
- moc silnika dmuchawy	kW	7.5
- spręż dmuchawy	Mpa	0.07
Stacja odwadniania osadu (w budynku 03)		
Ilość urządzeń odwadniających	szt.	1
Objętościowa wydajność urządzenia	m^3/h	3.5

Tabela 4.3-2 *Podstawowe parametry techniczno-technologiczne nowych urządzeń oczyszczalni ścieków w Ciasnej*

Parametr	Jedn.	Wartość
Sitopiaskownik (03)		
Charakterystyka sitopiaskownika:		
- ilość urządzeń	szt.	1
- maksymalna wydajność urządzenia	m^3/h	100
Maksymalny dopływ ścieków Qhmax	m^3/h	43.1
Zbiornik magazynowania osadu (06a)		
Charakterystyka zbiornika:		
- ilość zbiorników	szt.	1
- szerokość zbiornika	m	3.5
- długość zbiornika	m	3.5
- głębokość czynna zbiornika	m	4.5
- objętość czynna zbiornika	m^3	55.1
Mieszadła zatopione		
- ilość mieszadeł w zbiorniku	szt.	1
- moc mieszadła	kW	1.0
- jednostkowa moc mieszania	W/m^3	19.1

5. Proponowany zakres przebudowy oczyszczalni dla docelowego obciążenia

5.1. Proponowany schemat procesowy oczyszczalni dla docelowego obciążenia

Podstawą dla sporządzenia bilansu ścieków dla okresu docelowego były informacje i dane przekazane przez Zleceniodawcę oraz wnioski wynikające z analizy aktualnego obciążenia oczyszczalni. W sumie do obliczeń bilansowych przyjęto następujące założenia:

- Podstawą do sporządzenia bilansu docelowego jest bilans ilości i jakości ścieków opracowany dla stanu aktualnego.
- W okresie docelowym do oczyszczalni dopłyną dodatkowo ścieki od około 400 mieszkańców (100 domów x 4 mieszkańców). Oznacza to, że docelowe obciążenie oczyszczalni, ładunkiem BZT_5, będzie wynosiło 3944 RLM.
- Ścieki od dodatkowych mieszkańców będą miały taką samą charakterystykę, jak ścieki powstające aktualnie. Obejmuje to takie wskaźniki, jak: jednostkową ilość ścieków, jednostkowe ładunki zanieczyszczeń oraz wartości współczynników nierównomierności spływu ścieków do kanalizacji. i

Uwzględniając przedstawione informacje, wykonano obliczenia ilości i jakości ścieków dopływających do oczyszczalni w Ciasnej w okresie docelowym. Wyniki obliczeń bilansowych, przedstawione w **tabeli 5.1-1** wskazują, że ilość ścieków dopływających do oczyszczalni wzrośnie do 288 m^3/d. Oznacza to wzrost ilości ścieków o około 11% w stosunku do stanu aktualnego (identyczny wzrost nastąpi w odniesieniu do ładunku RLM). Otrzymane wyniki wykorzystano w dalszej części opracowania do określenia warunków pracy urządzeń w części ściekowej i osadowej oczyszczalni dla docelowej koncepcji jej rozbudowy i modernizacji.

Tabela 5.1-1 *Docelowy bilans ścieków dla oczyszczalni w Ciasnej*

Parametr	Jedn.	Wartość
Liczba mieszkańców równoważnych	RLM	3944
Jednostkowa ilość ścieków	$m^3/M/d$	0.073
Współczynnik nierównomierności:		
- dobowej Nd		1.60
- godzinowej Nh	-	2.50
Dopływ ścieków do oczyszczalni:		
- średni dobowy Qdsr	m^3/d	288
- maksymalny dobowy Qdmax	m^3/d	460
- maksymalny godzinowy Qhmax	m^3/h	48.0
Ładunki jednostkowe:		
- ChZT	$gO_2/M/d$	120
- BZT_5	$gO_2/M/d$	60
- zawiesina	g/M/d	65
- azot ogólny	gN/M/d	12.0

Parametr	Jedn.	Wartość
- fosfor ogólny	gP/M/d	2.0
Ładunki całkowite:		
- ChZT	kgO_2/d	473
- BZT_5	kgO_2/d	237
- zawiesina	kg/d	256
- azot ogólny	kgN/d	47
- fosfor ogólny	kgP/d	7.9
Stężenie ścieków		
- ChZT	gO_2/m^3	1645
- BZT_5	gO_2/m^3	822
- zawiesina	g/m^3	891
- azot ogólny	gN/m^3	164.5
- fosfor ogólny	gP/m^3	27.4
Wskaźniki podat. na usuwanie N i P:		
- BZT_5/ChZT	-	0.50
- BZT_5/zawiesina	-	0.92
- BZT_5/N	-	5.0
- BZT_5/P	-	30.0

5.2. Parametry technologiczne oczyszczalni dla docelowego obciążenia

Planowany wzrost obciążenia oczyszczalni połączony z jej modernizacją i rozbudową będzie wymagał zmiany pozwolenia wodnoprawnego. Analizując aktualne Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dn. 15 lipca 2019 roku w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych (Dz.U. 2019 Poz. 1311) należy zauważyć, że oczyszczalnia w Ciasnej w okresie docelowym będzie zaliczana do tego samego przedziału wielkości RLM, w zakresie od 2000 do 9999 RLM, co obecnie. Od oczyszczalni tej grupy nie wymaga się usunięcia związków azotu i fosforu (z wyjątkiem oczyszczalni odprowadzających ścieki do jezior i ich dopływów oraz bezpośrednio do sztucznych zbiorników wodnych usytuowanych na wodach płynących), a jedynie efektywnego usunięcia związków organicznych i zawiesin w takim samym stopniu, jaki aktualnie obowiązuje oczyszczalnię.

W **tabeli 5.2-1** przedstawiono ostatecznie minimalne wymagania, jakie powinna spełniać oczyszczania w Ciasnej w okresie docelowym (zakres wielkości oczyszczalni w aglomeracji od 2000 do 9999 RLM).

Tabela 5.2-1 *Dopuszczalne stężenia i minimalny procent redukcji zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych odprowadzanych z oczyszczalni w Ciasnej dla okresu docelowego (zakres wielkości oczyszczalni w aglomeracji od 2000 do 9999 RLM)*

Wskaźnik	Wartość dopuszczalna	Minimalny % redukcji
ChZT	125 gO_2/m^3	75 %
BZT_5	25 gO_2/m^3	70-90 %
Zawiesina	35 g/m^3	90 %

5.3. Proponowany zakres przebudowy i rozbudowy oczyszczalni dla docelowego obciążenia

Ze względu na niewielki wzrost obciążenia oczyszczalni w okresie docelowym (wzrost o około 11 %) założono, że zakres modernizacji oczyszczalni dla okresu aktualnego będzie również zapewniał prawidłowe działanie oczyszczalni w okresie docelowym. W związku z tym schemat technologiczny oczyszczalni, jak i wielkość obiektów i urządzeń nie ulegnie zmianie.

5.4. Parametry technologiczne oczyszczalni dla obciążenia docelowego

W celu sprawdzenia, czy zmodernizowany aktualnie układ procesowy oczyszczalni będzie prawidłowo działał przy obciążeniu docelowym, wykonano obliczenia, w których wykorzystano wytyczne ATV zawarte w arkuszu roboczym A-131 oraz inne, ogólnie akceptowane, zasady wymiarowania obiektów procesowych oczyszczalni ścieków. Wyniki obliczeń, przedstawione w **tabelach 5.4.1-3**, potwierdzają wcześniejsze założenia, że wszystkie obiekty będą pracowały w optymalnym zakresie parametrów technologicznych. Oznacza to w konsekwencji, że przyjęte wcześniej rozwiązania modernizacyjne zapewnią również efektywną pracę oczyszczalni w okresie docelowym.

Tabela 5.4-1 *Parametry technologiczne podstawowych obiektów części mechanicznej oczyszczalni ścieków w Ciasnej po jej modernizacji dla obciążenia docelowego*

Parametr	Jedn.	Wartość
Główna pompownia ścieków (01)		
Wymiary pompowni:		
- średnica	m	2.5
- głębokość	m	5.5
Objętość zbiornika czerpalnego	m^3	8.0
Charakterystyka pomp:		
- ilość pomp	szt.	2
- ilość czynnych pomp	szt.	2
- maksymalna wydajność pompy	m^3/h	34.9
Sumaryczna wydajność pompowni	m^3/h	69.8

Parametr	Jedn.	Wartość
Przepływ Q_{hmax}	m^3/h	48.0
Punkt zlewny ścieków dowożonych (02)		
Ilość ścieków dowożonych	m^3/d	10.0
Sitopiaskownik (03)		
Charakterystyka sitopiaskownika:		
- ilość urządzeń	szt.	1
- maksymalna wydajność urządzenia	m^3/h	100
- prześwit sita	mm	6.0
Maksymalny dopływ ścieków Q_{hmax}	m^3/h	48.0
Skratki sprasowane:		
- jednostkowa objętość skratek	l/M/rok	5.5
- dobowa objętość skratek	m^3/d	0.05
- gęstość skratek sprasowanych	kg/dm^3	0.90
- dobowa ilość skratek	kg/d	53
Odwodniony piasek:		
- jednostkowa objętość piasku	kg/M/rok	6.0
- dobowa objętość piasku	m^3/d	0.06
- gęstość piasku	kg/dm^3	1.5
- dobowa ilość piasku	kg/d	97
Zbiornik uśredniający (04)		
Maksymalna objętość czynna zbiornika	m^3	83.0
Pompy zatapialne:		
- ilość pomp	szt.	2
- ilość czynnych pomp	szt.	2
- wydajność pompy	m^3/h	34.9
Mieszadło zatapialne:		
- ilość mieszadeł	szt.	1
- moc silnika mieszadła	kW	1.5
- jedn. moc mieszania	W/m^3	18.1
Maks. czas magazynowania ścieków (Q_{dsr})	h	6.9
Ścieki oczyszczone mechanicznie		
Sprawność usuwania zanieczyszczeń:		
- ChZT	%	0.0
- BZT_5	%	0.0
- zawiesina	%	0.0
- azot całkowity	%	0.0

Parametr	Jedn.	Wartość
- fosfor ogólny	%	0.0
Udział zanieczyszczeń w wodach osadowych:		
- ChZT	%	0.0
- BZT_5	%	0.0
- zawiesina	%	0.0
- azot całkowity	%	10.0
- fosfor ogólny	%	10.0
Stężenie zanieczyszczeń:		
- ChZT	gO_2/m^3	1645
- BZT_5	gO_2/m^3	822
- zawiesina	g/m^3	891
- azot całkowity	gN/m^3	180.9
- fosfor ogólny	gP/m^3	30.2
Dopływ ścieków:		
- średni dobowy (Q_{dsr})	m^3/d	288
- maksymalny godzinowy (Q_{hmax})	m^3/h	48
Ładunki zanieczyszczeń:		
- ChZT	kgO_2/d	473
- BZT_5	kgO_2/d	237
- zawiesina	kg/d	256
- azot całkowity	kgN/d	52
- fosfor ogólny	kgP/d	8.7
Wskaźniki podatności na usuwanie N i P:		
- BZT_5/P	-	27.3
- BZT_5/N	-	4.5

Tabela 5.4-2 *Parametry technologiczne stopnia biologicznego oczyszczalni ścieków w Ciasnej po jej modernizacji dla obciążenia docelowego*

Parametr	Jedn.	Wartość dla	
		zimy	lata
Ogólne parametry reaktorów			
Ilość reaktorów	szt.	2	2
Maksymalna objętość czynna reaktora	m^3	605	605
Maksymalna głębokość czynna reaktora	m	4.50	4.50
Min. dopuszczalna głębokość czynna reaktora	m	3.45	3.45
Liczba cykli na dobę	1/d	3	3

Parametr	Jedn.	Wartość dla	
		zimy	lata
Całkowita długość cyklu	h	8.0	8.0
Porcja oczyszczonych ścieków dla Q_{dsr}	m^3	48.0	48.0
Porcja oczyszczonych ścieków dla Q_{dmax}	m^3	76.7	76.7
Min. poziom ścieków po dekantacji:			
- dla przepływu Q_{dsr}	m	4.14	4.14
- dla przepływu Q_{dmax}	m	3.93	3.93
Indeks objętościowy osadu	cm^3/g	120	120
Przyjęte stężenie osadu w reaktorze	kg/m^3	5.0	5.0
Wysokość warstwy osadu po dekantacji	m	2.7	2.7
Odległość warstwy osadu od dekantera:			
- dla przepływu Q_{dsr}	m	1.4	1.4
- dla przepływu Q_{dmax}	m	1.2	1.2
Min. dop. odległość warstwy osadu od dekantera	m	0.3	0.3
Współczynnik dekantacji:			
- dla przepływu Q_{dsr}	-	0.08	0.08
- dla przepływu Q_{dmax}	-	0.13	0.13
Maks. dopuszczalny współczynnik dekantacji	-	0.50	0.50
Długość trwania faz "technicznych":			
- faza napełniania	h	1.1	1.1
- faza napełniania obliczeniowa	h	6.0	6.0
- faza sedymentacji	h	1.0	1.0
- faza odpływu	h	1.0	1.0
- faza oczekiwania	h	0.0	0.0
Długość trwania fazy reakcji	h	6.0	6.0
Stosunek czasu fazy DN do fazy reakcji	-	0.40	0.40
Długość trwania fazy denitryfikacji (DN)	h	2.4	2.4
Długość trwania fazy nitryfikacji	h	3.6	3.6
Obciążenie osadu	g/gd	0.052	0.052
Temperatura ścieków	°C	12.0	20.0
Współczynnik bezpieczeństwa	-	1.80	1.80
Wymagany wiek osadu dla nitryfikacji	d	8.2	3.7
Wymagany wiek osadu w reaktorze	d	13.7	6.2
Całkowity przyrost osadu		231	216
Rzeczywisty wiek dla całego reaktora	d	19.6	21.0

Parametr	Jedn.	Wartość dla	
		zimy	lata
Współczynnik zużycia:			
- azotu w procesie syntezy	$gN/gBZT_5$	0.050	0.050
- fosforu w procesie syntezy	$gP/gBZT_5$	0.010	0.010
- fosforu w procesie BioP	$gP/gBZT_5$	0.005	0.005
Ilość azotu zużytego w procesie syntezy	gN/m^3	41.1	41.1
Ilość fosforu zużytego w procesie syntezy	gP/m^3	8.2	8.2
Ilość fosforu zużytego w procesie BioP	gP/m^3	4.1	4.1
Ilość fosforu do strącania	gP/m^3	0.0	0.0
Stężenie azotu amon. w odpływie	gN/m^3	0.0	0.0
Stężenie azotu organicznego w odpływie	gN/m^3	2.0	2.0
Nitryfikowana ilość azotu	gN/m^3	137.8	137.8
Udział azotu w osadzie	gN/g	0.051	0.055
Udział fosforu w osadzie	gP/g	0.015	0.016
Faza denitryfikacji			
Jedn. zużycie tlenu na rozkład Corg.	$gO_2/gBZT$	1.20	1.30
Wydajność denitryfikacji	$gN/gBZT_5$	0.15	0.16
Ilość azotu zdenitryfikowanego	gN/m^3	117.1	117.1
Stopień denitryfikacji symultanicznej	-	0.1	0.1
Ilość azotanów zdenitryfikowana symultanicznie	gN/m^3	13.8	13.8
Sumaryczna ilość azotu zdenitryfikowanego	gN/m^3	130.9	130.9
Faza nitryfikacji			
Zużycie tlenu:			
- w procesie utlenienia Corg	kgO_2/d	285	307
- w procesie utlenienia azotu	kgO_2/d	171	171
- w procesie redukcji azotu (odzysk)	kgO_2/d	109	109
Stężenie tlenu w komorze	gO_2/m^3	2.0	2.0
Stężenie tlenu w stanie nasycenia	gO_2/m^3	11.0	9.0
Wiek osadu w reaktorze	d	19.6	21.0
Współczynnik nierównomierności f_C	-	1.13	1.13
Współczynnik nierównomierności f_N	-	1.75	1.75
Współczynnik alfa	-	0.7	0.7
Czas pracy dmuchaw	h/d	21.6	21.6
Średnie zapotrzebowanie tlenu (N+D)	kgO_2/h	28.0	31.3

Parametr	Jedn.	Wartość dla	
		zimy	lata
Maks. zapotrzebowanie tlenu (N+D)	kgO_2/h	40.2	44.4
System natleniania			
Głębokość ułożenia dyfuzorów	m	4.3	4.3
Stopień wykorzystania tlenu	-	0.22	0.22
Maksymalne zapotrzebowanie powietrza	m^3/h	667	737
Średnie zapotrzebowanie powietrza	m^3/h	465	520
Ilość zainstalowanych dyfuzorów	szt.	200	200
Rzeczywista wydajność dyfuzora	m^3/h	3.3	3.7
Dopuszczalna przepustowość dyfuzora	m^3/h	5.0	5.0
Stacja dmuchaw (07)			
Ilość dmuchaw	szt.	2	2
Ilość czynnych dmuchaw	szt.	2	2
Wydajność dmuchawy	m^3/h	540	540
Moc dmuchawy	kW	15	15
Spręż dmuchawy	Mpa	0.06	0.06
Robocza wydajność stacji	m^3/h	1080	1080
Maksymalne zapotrzebowanie powietrza	m^3/h	667	737
Średnie zapotrzebowanie powietrza	m^3/h	465	520

Tabela 5.4-3 *Parametry technologiczne stopnia osadowego oczyszczalni ścieków w Ciasnej po jej modernizacji dla obciążenia docelowego*

Parametr	Jedn.	Wartość
Nadmiar osadu do przeróbki		
Osad nadmierny z OS Ciasna:		
- sucha masa osadu	kg/d	224
- stężenie osadu	kg/m^3	8.3
- objętość osadu	m^3/d	26.8
- wiek osadu	d	20.3
Zbiornik stabilizacji osadu (06)		
Charakterystyka zbiornika:		
- ilość zbiorników	szt.	1
- głębokość czynna zbiornika	m	4.5
- objętość czynna zbiornika	m^3	85
Wiek osadu	d	20.3
Czas stabilizacji osadu	d	7.6

Parametr	Jedn.	Wartość
Obliczeniowy wiek osadu ustabilizowanego	d	27.9
Stopień rozkładu osadu	-	0.10
Sucha masa osadu ustabilizowanego	kg/d	201
Jednostkowe zużycie tlenu przez osad	$gO_2/g/d$	0.05
Całkowite zużycie tlenu	kgO_2/d	117
Współczynnik alfa	-	0.7
Stopień wykorzystania tlenu	-	0.20
Stężenie tlenu rozpuszczonego	gO_2/m^3	1.0
Stężenie tlenu w stanie nasycenia	gO_2/m^3	10
Średnia ilość zużywanego powietrza	m^3/h	138
Mieszadła zatopione		
- ilość mieszadeł w zbiorniku	szt.	1
- moc mieszadła	kW	1.5
- jednostkowa moc mieszania	W/m^3	17.6
System napowietrzania:		
- ilość dmuchaw	szt.	1
- wydajność dmuchawy	m^3/h	200
- moc silnika dmuchawy	kW	7.5
- spręż dmuchawy	Mpa	0.07
Intensywność napowietrzania	$m^3/m^2/h$	10.6
Wymagana ilość dyfuzorów	szt.	50
Jednostkowa wydajność dyfuzora	m^3/h	4.0
Osad ustabilizowany i zagęszczony:		
- sucha masa osadu	kg/d	201.4
- stężenie osadu po zagęszczeniu	kg/m^3	20.0
- objętość osadu po zagęszczeniu	m^3/d	10.1
Punkt zlewny osadu dowożonego (09)		
Wymiary punktu zlewnego osadu:		
- średnica	m	1.2
- głębokość całkowita	m	1.1
Osad nadmierny z OS Sieraków Śląski:		
- sucha masa osadu	kg/d	114
- stężenie osadu	kg/m^3	20.0
- objętość osadu	m^3/d	5.7

Parametr	Jedn.	Wartość
- orientacyjny wiek osadu	d	25.0
Pompownia osadu dowożonego (10)		
Pojemność czynna zbiornika pompowni	m^3	9.3
Pompy zatapialne:		
- ilość	szt.	2
- ilość pracujących pomp	szt.	1
- wydajność	m^3/h	13.3
Średni czas pracy pomp	h/d	0.4
Zbiornik magazynowania osadu (06a)		
Charakterystyka osadu mieszanego:		
- sucha masa osadu	kg/d	315
- stężenie osadu	kg/m^3	20.0
- objętość osadu	m^3/d	15.7
Charakterystyka zbiornika:		
- ilość zbiorników	szt.	1
- szerokość zbiornika	m	3.5
- długość zbiornika	m	3.5
- głębokość czynna zbiornika	m	4.5
- objętość czynna zbiornika	m^3	55.1
Czas zatrzymania osadu	d	3.5
Mieszadła zatopione		
- ilość mieszadeł w zbiorniku	szt.	1
- moc mieszadła	kW	1.0
- jednostkowa moc mieszania	W/m^3	18.1
Stacja odwadniania osadu (w budynku 03)		
Ilość urządzeń odwadniających	szt.	1
Objętościowa wydajność urządzenia	m^3/h	3.5
Czas pracy urządzenia (5 dni w tygodniu)	h/d	6.3
Udział suchej masy w osadzie odwodnionym	%	20.0
Sucha masa osadu odwodnionego	kg/d	315
Objętość osadu odwodnionego	m^3/d	1.6
Instalacja higienizacji osadu (11)		
Dawka wapna palonego (CaO)	kg/Mg	200
Zużycie wapna palonego (CaO)	kg/d	63
Osad po wapnowaniu:		
- sucha masa osadu	kg/d	378

Parametr	Jedn.	Wartość
- objętość osadu	m^3/d	1.6
- uwodnienie osadu	%	76.9
Plac składowania osadu (17)		
Powierzchnia placu	m^2	460
Wysokość warstwy składowania osadu	m	1.5
Czas magazynowania osadu	d	421
Wiata składowania osadu (18)		
Powierzchnia wiaty	m^2	171
Wysokość warstwy składowania osadu	m	1.5
Czas magazynowania osadu	d	157

6. Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych obliczeń technologicznych i przy uwzględnieniu opinii eksploatacyjnych można sformułować następujący zakres działań, które pozwolą na docelowe sprawne funkcjonowanie oczyszczalni w Ciasnej:

- Bezwzględne opracowanie nowego algorytmu sterowania pracą obu SBR-ów i współpracujących z nimi obiektów (zbiornik uśredniający, stacja dmuchaw) oraz urządzeń pomiarowych (sond).
- Zastąpienie zużytego sita bębnowego na sitopiaskownik zintegrowany z praską skratek i płuczką piasku (wersja „zima”) o przepustowości Q = 28 l/s, który planuje się zabudować w ocieplonej komorze podziemnej na kanale grawitacyjnym, pomiędzy studnią rozprężną a pompownią główną. Obecnie eksploatowane sito proponuje się pozostawić jako rezerwę awaryjną, stąd dodatkowo w pompowni głównej (obiekt 01) należy zabudować kratę koszową z napędem elektrycznym.
- Zabudowę w zbiorniku uśredniającym (obiekt 04) jednego mieszadła zanurzalnego średnioobrotowego o osi poziomej i mocy około 1,5 kW.
- Wymianę dwóch wyeksploatowanych dmuchaw (w obiekcie 07) na trzy nowe jednostki (2P+1R czynna) o wydajności minimum 650 m^3/h i sprężu 0,06 MPa każda.
- Rozpoznanie ilości i stanu technicznego zabudowanych w obu SBR-ach dyfuzorów wraz z wymianą dyfuzorów uszkodzonych oraz końcowym określeniem, czy aktualna ich liczba jest wystarczająca do wtłoczenia wymaganej ilości powietrza.
- Zmianę funkcji istniejącego zbiornika osadu (obiekt 06) na zbiornik stabilizacji tlenowej osadu. Zmiana polegać będzie na zamontowaniu jednego mieszadła zanurzalnego średnioobrotowego o osi poziomej i mocy około 1,5 kW oraz systemu napowietrzania składającego się z około 50 dyfuzorów, przewodów sprężonego powietrza i dwóch nowych dmuchaw (1P+1R) o wydajności minimum 200 m^3/h i sprężu 0,07 MPa każda.
- Budowę nowego zbiornika magazynowania osadu (obiekt 06a), do którego kierowany będzie ustabilizowany osad ze zbiornika stabilizacji osadu (obiekt 06) i z pompowni osadu dowożonego z oczyszczalni w Sierakowie Śląskim, celem uśrednienia jego składu przed podaniem na prasę osadową. Wymagany jest nowy zbiornik o objętości czynnej V = 55 m^3 zaopatrzony w jedno mieszadło zanurzalne średnioobrotowe o osi poziomej i mocy około 1,0 kW.
- Wymianę dwóch wyeksploatowanych pomp w pompowni głównej (obiekt 01) na nowe jednostki o wydajności Q = 35 m^3/h i wysokości podnoszenia H = 8 m sł. H_2O.
- Wyposażenie punktu zlewnego ścieków dowożonych (obiekt 02) w aparaturę kontrolno- pomiarową.
- Wymianę stacji mechanicznego odwadniania osadów (w obiekcie 03) na nową dostosowaną do docelowej przepustowości oczyszczalni.
- Zabudowę bocznych ścian dla wiaty osadowej (obiekt 18), zabezpieczających osad przed powtórnym nawodnieniem przy opadach atmosferycznych.