

# Ocena efektywności Komunalnej Oczyszczalni Ścieków w Ciechanowie.

## Efficienty assessment of Ciechanów sewage treatment plant

Małgorzata Świtkowska, Weronika Dalecka<sup>\*)</sup>

**Słowa kluczowe:** ścieki, oczyszczalnia, BZT5, ChZT.

### Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę jednej z Komunalnej Oczyszczalni Ścieków w województwie mazowieckim – Komunalną Oczyszczalnię Ścieków w Ciechanowie. W ramach części badawczej wykonano pomiary jakościowe ścieków surowych i oczyszczonych na zawartość biogenów między innymi: fosforu ogólnego, azotu ogólnego oraz materii organicznych wyrażonych wskaźnikami: ChZTCr, oraz BZT5. Przeanalizowano ocenę jej efektywności, w której uwzględniono zależność między Równoważną Liczbą Mieszkańców (RLM), a ilością wytworzonych komunalnych osadów ściekowych.

**Keywords:** sewage, sewage treatment plant, BOD5, COD.

### Abstract

The article presents the characterization of one of the Communal Sewage Treatment Plants in the Masovian Voivodeship – the Communal Sewage Treatment Plant in Ciechanów. As part of the research section, qualitative measurements of raw and treated sewage were conducted to assess the content of biogens, including total phosphorus, total nitrogen, and organic matter expressed by indicators such as CODCr and BOD5. The evaluation of its effectiveness was analyzed, taking into account the relationship between the Equivalent Number of Inhabitants (ENI) and the quantity of generated municipal sewage sludge.

## Wstęp

Tempo rozwoju cywilizacji jest istotnie powiązane z dynamiką postępu technologicznego. Gęstość zaludnienia to kluczowy czynnik wpływający na stopień zanieczyszczenia systemów wodnych. Szacuje się, iż w ciągu najbliższych 35 lat podwoi się liczba ludności zamieszkująca tereny zurbanizowane, natomiast roczne zapotrzebowanie na wodę w dużych aglomeracjach do 2025 roku będzie wynosić 270 milionów m<sup>3</sup> rocznie [1].

Istotnym problem zanieczyszczenia biologicznego wód są szczególnie nieoczyszczone ścieki pochodzenia antropogenicznego. Z miejsc zurbanizowanych bezpośrednio transmitowane są zanieczyszczenia zawierające patogeniczne dla organizmów wskaźnikowe mikroorganizmy zanieczyszczenia wody takie jak: bakterie *Escherichia coli*, bakterie grupy coli, enterokoki kałowe, jaja pasożytów oraz wirusy [2,7]. Ponadto w ściekach znajdują się odpady produktów spożywczych, fragmenty tkanin, papier, piasek, popiół, środki wykorzystywane w gospodarstwie domowym jak: detergenty, środki do dekontaminacji oraz rozpuszczone mydło [9]. Dość liczne wyniki badań wód na całym obszarze kraju identyfikują zanieczyszczenia nadmiernym stężeniem azotu, potasu, niklu, arsenu, chlorków, wartościami śladowymi leków [12]. Na obszarach rolniczych źródłem zanieczyszczenia wód, są związki fosforu i azotu, które jako składnik nawozów sztucznych najczęściej pochodzą z szarej wody.

Najważniejszym elementem w około 30-50%, zanieczyszczeń wód powierzchniowych stanowią odpady z rolnictwa. Obowiązujące akty prawne zawierają jednoznaczny wykładnię dotyczącą: rozbudowy infrastruktury kanalizacyjnej, budowę nowych, odprowadza-

jących ścieki z posesji prywatnych do oczyszczalni oraz rozbudowę i modernizację funkcjonujących oczyszczalni ścieków [3].

## Charakterystyka obiektu badawczego

Komunalna oczyszczalnia ścieków zlokalizowana w miejscowości Ciechanów stanowi modelowy przykład wykorzystania procesu opartego na technologii mechaniczno – biologicznej z wykorzystaniem osadu czynnego oraz zintegrowanym procesem podwyższonego usuwania azotu i fosforu. Usuwanie fosforu odbywa się wyłącznie biologiczne, poprzez wbudowanie w ściany komórkowe drobno-ustrojów [13].

Budowę ciechanowskich wodociągów rozpoczęto przed II wojną światową. Prace kontynuowano podczas okupacji niemieckiej, wówczas to powstały pierwsze studnie głębinowe. W latach 60-tych intensywnie rozbudowywano sieci wodociągowo-kanalizacyjne z przeznaczeniem dla infrastruktury oraz nowopowstających zakładów produkcyjnych. Natomiast w latach 70-tych zakończono prace budowy mechanicznej oczyszczalni ścieków oraz wieżowego zbiornika wyrównawczego o pojemności 1500m<sup>3</sup>. Prace kontynuowano w latach 80-tych, które koncentrowały się głównie na budowie nowych ujęć wody.

Do 2007 roku trwały prace modernizacyjne Stacji Uzdatniania Wody, osadników wstępnych i wtórnych oczyszczalni ścieków. Rozpoczęto realizację ośmioletniego projektu z środków unijnych, pn. „Modernizacja i rozbudowa systemu wodno-kanalizacyjnego aglomeracji Ciechanowa – I Etap”.

<sup>\*)</sup> Małgorzata Świtkowska, dr, adiunkt, Państwowa Uczelnia Zawodowa, Wydział Inżynierii i Ekonomii, malgorzata.switkowska@puzim.edu.pl, Weronika Dalecka, inż., PTBEnergy Sp. z o.o., weronika.dalecka62@gmail.com

W ramach projektu zbudowano: Oczyszczalnię Ścieków, Stację Uzdatniania Wody, 34 km kanalizacji sanitarnej, 3 przepompownie przydomowe, 1 tłocznia ścieków, 14 przepompowni ścieków, zmodernizowano 1 km kanalizacji sanitarnej, zakupiono również 2 samochody do czyszczenia kanalizacji sanitarnej oraz dla potrzeb laboratorium sprzęt badawczo-pomiarowy. Wybudowano stację termicznej utylizacji osadów oraz stację kogeneracji, w całości zagospodarowywany biogaz służy jako paliwo do zasilania urządzeń wytwarzających energię elektryczną oraz ciepłą [10].

Do roku 2018 sieć wodociągowa liczyła długość 274 km, natomiast sieć kanalizacji sanitarnej ponad 180 km i są one systematycznie dostosowywane pod względem funkcjonalności uwzględniającej potrzeby np. nowych osiedli mieszkaniowych.

Oczyszczalnia Ścieków w Ciechanowie jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną [13]. Znajduje się w południowo-zachodniej części miasta w dolinie rzeki Łydynia. Inwestycja zlokalizowana jest na terenie dawnej przepustowości projektową 15 000 m<sup>3</sup>/dobę i obciążenie 60 000 RLM (Równoważna Liczba Mieszkańców, jest to ładunek zanieczyszczeń ze ścieków z przemysłu i obiektów usługowych w stosunku do jednostkowego ładunku zanieczyszczeń w ściekach z gospodarstw domowych, odprowadzanych od jednego mieszkańca w ciągu doby) z możliwością przyszłej rozbudowy do 20 000 m<sup>3</sup>/dobę. Ścieki doprowadzone są dwoma kolektorami. Instalacja oczyszczalni jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną z technologią osadu czynnego, ze zintegrowanym procesem podwyższonego usuwania azotu i fosforu. Usuwanie fosforu jest prowadzone wyłącznie na drodze biologicznej.

Wyprodukowany w zamkniętych Wydzielonych Komorach Fermentacyjnych biogaz używany jest do napędzania 500kW jednostki kogeneracyjnej. Wytworzona energia elektryczna wykorzystywana jest na własne potrzeby, natomiast nadwyżki energii elektrycznej oczyszczalnia przekazuje do sieci energetycznej. Uzyskane w Kogeneracji ciepło jest wykorzystywane w procesie technologicznym do ogrzewania obiektów oraz celów socjalno-bytowych [10]. W aerobowych i anaerobowych procesach biologicznych ze ścieków wytrącają się osady, które w rezultacie wykorzystywane są jako nawóz w rolnictwie [6].

W badanym obiekcie utylizację osadów ustabilizowanych umożliwia automatyczna stacja termiczna. Proces odwodnienia na wiórkach dekantacyjnych, odbywa się w suszarce jednotaśmowej średniotemperaturowej w temp. 80-130°C. Transmisja koniecznego do procesu suszenia ciepła następuje bezpośrednio z dwóch palników gazowych o mocy 700 kW, które zasilane są gazem ziemnym wysokometanowym. Proces suszenia odbywa się bez lepkiej fazy osadu. W tym celu stosuje się automatyczną recyrkulację wysuszonego osadu, który miesza się z napływającym odwodnionym osadem. W procesie tym zawartość suchej masy w zmieszonym osadzie na wlocie do suszarni wynosił 60%. Maksymalna wydajność wynosi 1,8 Mg/h osadu odwodnionego. Przy maksymalnej wydajności odparowania wody wynoszącej 1300 kg/h suszarnia przetwarza ponad 43 Mg odwodnionego osadu dziennie [6].

## Parametry fizyko-chemiczne ścieków

W ściekach surowych znajdują się zdyspergowane różnego rodzaju substancje organiczne, określane oznaczeniami jak BZT5, ChZT oraz substancje nieorganiczne jak: chlorki, azotany, fosforany, siarczany, węglany i inne [2]. Wśród wymienionych największe znaczenie mają związki azotu. W małych aglomeracjach skład ścieków bytowych może być różny, dlatego też ze względu na zmienny skład ścieków komunalnych, wybór metody oczyszczania każdorazowo oceniany jest na podstawie innych parametrów [1].

Przy projektowaniu systemów unieszkodliwiania ścieków niezbędna jest znajomość wartości przynajmniej pięciu podstawowych wskaźników zanieczyszczeń charakteryzujących skład ścieków surowych, tj.: BZT5, ChZT, zawiesina ogólna, azot ogólny (Nog) i fosfor

ogólny (Pog). Ponadto dodatkowo wartość parametrów takich jak: pH, temperatura ścieków, wartość ogólnego węgla organicznego (OWO), inne formy azotu (amonyowy NH<sub>4</sub>-N, organiczny Nog), chlorki, detergenty, ekstrakty eterowe.

Efektywność funkcjonalności oczyszczalni potwierdza standardowa jakość „odprowadzanych ścieków”, które nie mogą stanowić zagrożenia dla bioróżnorodności oraz istnienia ekosystemów określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska [2,4,15]. Dość istotne znaczenie dla poprawy jakości parametrów hydrologicznych ma sterowanie procesem biotechnologicznym, które w oczyszczalni w Ciechanowie odbywa się automatycznie, monitorowane jest w systemie komputerowej wizualizacji SCADA [3]. Nieprawidłowości pracy urządzeń są sygnalizowane w centrum informatycznym, mieszczącym się w Głównej Dyspozytorni STUOŚ [6]. Redukowane ścieki w około 95% odprowadzane są do lokalnej rzeki Łydynia. Nadzór nad procesem oczyszczania sprawuje Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, natomiast ślepo pobrane próbki poddawane codziennej analizie przez akredytowane laboratorium Zakładu Wodociągów i Kanalizacji [5]. Optymalna sprawność funkcjonowania oczyszczalni zależy od właściwości ścieków, które docierają do oczyszczalni. Relacje pomiędzy wartościami wskaźników zanieczyszczeń decydują o podatności ścieków na procesy biologicznego oczyszczania. Osiągnięcie założonego poziomu oczyszczania ścieków jest uwarunkowane przede wszystkim prawidłowo zaprojektowanym procesem technologicznym [4].

Efektywny przebieg procesu oczyszczania zachodzi jeżeli potwierdzone są określone wartości dla następujących parametrów: ChZT:BZT5 ≤ 2,2, BZT5:Nog ≥ 4, BZT5: Pog ≥ 25 [16]. Ustawa o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków obowiązuje przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne do zapewnienia prawidłowego funkcjonowania oczyszczalni, ponadto reguluje zasady prawidłowego funkcjonowania takich zakładów [16,17].

Badania analityczne wykonywane w laboratorium dotyczą próbek ścieków surowych pobranych z kanalizacji przed pompownią główną, jak i dla ścieków oczyszczonych pobranych z wylotu kanału ścieków oczyszczonych.

## Wskaźnik RLM – Równoważnej Liczby Mieszkańców (RLM)

Spadek Równoważnej Liczby Mieszkańców (RLM) znacząco wpływa na ilość wytworzonych komunalnych osadów ściekowych.

Wysoka sprawność oraz efektywność w usuwaniu zanieczyszczeń, przy pełnym jej obciążeniu zależy od wskaźnika RLM. Znajomość wskaźnika RLM umożliwia takie zaprojektowanie oczyszczalni ścieków, żeby jej eksploatacja skutecznie eliminowała zanieczyszczenia w pełnym jej zakresie obciążenia. Wskaźnik RLM umożliwia obliczenie ładunku ścieków przemysłowych na liczbę mieszkańców, przy założeniu, że jeden mieszkaniec produkuje 60g BZT5/d [11].

Znając liczbę dobowej objętości ścieków oraz średnią wartość BZT5 ścieków obliczono RLM, który wyraża się wzorem: [11].

$$RLM = \frac{\text{Dobowa objętość ścieków} \left[ \frac{m^3}{d} \right] * \text{średnie BZT}_5 \left[ \frac{gO_2}{m^3} \right]}{60 \left[ \frac{gO_2}{M * d} \right]}$$

Początkowo zastosowano wartość prognozowaną RLM w danych projektowych wskaźnika RLM w Oczyszczalni w Ciechanowie i wynosiła 60 000, ponieważ nie istniała powszechna i jednoznaczna metoda jego obliczania. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki morskiej i Żeglugi Śródlądowej w sprawie wyznaczenia obszarów i granic aglomeracji (Dz. U. z 2018r. poz. 1586) obciążenie oczyszczalni ścieków wyrażone RLM, należy obliczać na podstawie „maksymalnego średniego tygodniowego ładunku substancji orga-

nicznych biologicznie rozkładalnych dopływających do oczyszczalni w ciągu roku z wyłączeniem sytuacji nietypowych, w szczególności wynikających z intensywnych opadów”. Według powyższego wykładnika zweryfikowano dane przeprowadzając analizę statyczną składu ścieków surowych doprowadzanych do oczyszczalni. Na podstawie danych wynikających z analizy w Oczyszczalni Ścieków w Ciechanowie rzeczywista, istotnie wyższa wartość wyliczona RLM wyniosła 287 400. W tabeli 1 przedstawiono wpływ spadku wskaźnika równoważnej liczby mieszkańców na ilość wytworzonych komunalnych osadów ściekowych w Oczyszczalni Ścieków w Ciechanowie, na podstawie wyników z wielolecia 2018 – 2021 r., z których obliczono wskaźnik RLM, służący do wyliczenia ładunku ścieków przemysłowych na liczbę mieszkańców.

W Tabeli 1. przedstawiono średniodobową ilość ścieków [m<sup>3</sup>/d] poddanych procesowi biotechnologicznego w Oczyszczalni Ścieków w Ciechanowie, średnią zawartość BZT5 w ściekach surowych oraz % udział ścieków bytowych i przemysłowych w poszczególnych kwartałach w wieloleciu 2018-2021. Dane posłużyły do obliczenia rzeczywistej liczby RLM i oszacowania wielkości oczyszczalni ścieków. Poniższe dane jednoznacznie wskazują, że wskaźnik RLM nie jest stały, analogicznie ilość ścieków, natomiast ilość ścieków jest wprost proporcjonalna do liczby RLM.

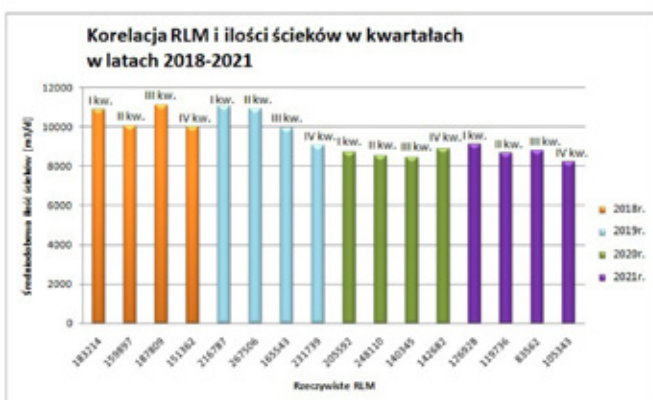
Tabela 1 Rzeczywiste wyniki RLM

Table 1 Actual results RLM

Rok/ kwartał	Średniodobowa ilość ścieków [m <sup>3</sup> /d]	Rzeczywiste RLM	% udział ścieków bytowych	% udział ścieków przemysłowych
I kw. 2018r.	10884	183214	29,8	70,2
II kw. 2018r.	10045,9	159897	34,1	65,9
III kw. 2018r.	11102	187809	29,1	70,9
IV kw. 2018r.	9979,9	151362	39,7	60,3
I kw. 2019r.	11079,4	216787	69,5	30,5
II kw. 2019r.	10933,5	267506	27,2	72,8
III kw. 2019r.	9932,6	165543	36,5	63,5
IV kw. 2019r.	9070	231739	32,6	67,4
I kw. 2020r.	8717,7	205592	38,6	61,4
II kw. 2020r.	8531	248110	37,3	62,7
III kw. 2020r.	8463	140345	59,2	40,8
IV kw. 2020r.	8899,1	142682	64,1	35,9
I kw. 2021r.	9098,8	126928	64,9	35,1
II kw. 2021r.	8655,6	119736	68,8	31,2
III kw. 2021r.	8796	83562	78,9	21,1
IV kw. 2021r.	8229,9	105343	65,7	34,3

Tabela 2 Korelacja RLM oraz ilości osadów ściekowych w kwartałach w latach 2018-2021.

Table 2 Correlation RLM and the quantity of sewage sludge in quarters from



Ścieki, które odprowadzane są do odbiornika, tj. rzeki Łydynia spełniają normy, ściśle określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 18 listopada 2014 r. Rozporządzenie precyzuje, wymóg RLM w aglomeracjach od 2000 do 9999 redukcji zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych minimum: BzT5 70-90% ; ChZT 75%, natomiast w zawiesinie ogólnej 90%. W okresowych pomiarach emisji substancji wprowadzonych do środowiska z Oczyszczalni Ścieków w Ciechanowie w latach 2018-2021 zbadano następujące badane parametry, które odpowiadają bardzo dobrej redukcji ścieków:

#### • Zawiesina ogólna

Na przełomie lat 2018 – 2021 wartość zawiesiny ogólnej w ściekach surowych wahała się między 630 g/m<sup>3</sup> (2021r), a 1325g/m<sup>3</sup> (2019r). W ścieku oczyszczonym w 2018 roku wynosiła 7,2 g/m<sup>3</sup>, natomiast w 2020 r. 13,2 g/m<sup>3</sup>. Najwyższy stopień redukcji zawiesiny ogólnej stwierdzono w 2020 roku i wyniósł 98,7%, natomiast w roku 2021 odnotowano najniższy stopień redukcji zawiesiny i wyniósł 98% [Tabela 3,4,5,6].

#### • ChZTCr

Według średniej z roku w ścieku surowym najniższą wartość odnotowano w 2021 roku, wyniósł on wtedy 1654 g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, natomiast rok 2019 wykazał najwyższą wartość – 2559 g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Dla ścieku oczyszczonego dane mają się następująco: najwyższy wskaźnik w roku 2020 – 58,3 g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, najniższy w 2019 roku – 44 g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Najwyższa redukcja ChZTCr miała miejsce w 2019 roku, tj. 98,3%, najmniejsza redukcja wystąpiła w 2021 roku – 96,7% [Tabela 3,4,5,6].

#### • BZT5

Na przełomie lat 2018 – 2021 wartość BZT5 w ściekach surowych wahała się między 751 g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (2021r), a 1294 g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (2019r). W ścieku oczyszczonym w 2018 roku wynosiła 3,6 g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, natomiast w 2020r. 5,8 g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Najwyższy stopień redukcji miał miejsce w 2019 roku i wyniósł 99,7%, natomiast rok 2021 przyniósł najniższy stopień redukcji i wyniósł 99,4% [Tabela 3,4,5,6].

#### • Azot ogólny

Najwięcej związków azotowych w ściekach oczyszczonych było w 2020 r. wynosiło 7g Nog/m<sup>3</sup> natomiast najmniejszy wskaźnik odnotowano w 2019r. tj. 6,5 g Nog/m<sup>3</sup>. W ścieku surowym najwięcej w 2020 r. tj. 92,1 g Nog/m<sup>3</sup> natomiast najmniejszy wskaźnik wprowadzenia biogenu do obiektu odnotowano w 2021r. tj. 85 g Nog/m<sup>3</sup>. Według obliczeń średniej arytmetycznej pod względem redukcji najlepszy był rok 2019, w którym odnotowano na odpływie 6,5 g Nog/m<sup>3</sup> co stanowi 92,9%. [Tabela 4,5,6].

#### • Fosfor ogólny

Najwięcej związków fosforowych wprowadzono do oczyszczalni w 2019 r. tj. 20,2 g Pog./m<sup>3</sup> natomiast najmniejszy wskaźnik wprowadzenia do obiektu odnotowano w 2019r. tj. 15,9g Pog./m<sup>3</sup>. W ścieku oczyszczonym najwięcej w 2020 r. tj. 0,89g Pog./m<sup>3</sup> natomiast najmniejszy wskaźnik odnotowano w 2019r. tj. 0,74g Pog./m<sup>3</sup>. Według obliczeń średniej arytmetycznej pod względem redukcji najlepszy był rok 2019, w którym odnotowano na odpływie 0,74g Pog./m<sup>3</sup> co stanowi 96,3%. [Tabela 4,5].

#### • Chlorki

Chlorki w ścieku surowym osiągnęły wartości od 175 g C<sub>1</sub>-/m<sup>3</sup> (2018r.) do 2013 g C<sub>1</sub>-/m<sup>3</sup> (2020r.). W ścieku oczyszczonym osiągnęły wartości od 177 g C<sub>1</sub>-/m<sup>3</sup> (2018r.) do 2008 g C<sub>1</sub>-/m<sup>3</sup> (2020r.). [Tabela 3,5].

#### • Siarczany

Siarczany w ścieku surowym osiągnęły wartości od 89 g SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/m<sup>3</sup> (2021r.) do 2007 g SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/m<sup>3</sup> (2018r.). W ścieku oczyszczonym osiągnęły wartości od 92 g SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/m<sup>3</sup> (2021r.) do 101 g SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/m<sup>3</sup> (2018r) [Tabela 3,6].

#### • Azot azotanowy

Azot azotanowy w ścieku surowym osiągnęły wartości od 0,65 g N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/m<sup>3</sup> (2021r) do 0,95 g N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/m<sup>3</sup> (2020r.). W ścieku

oczyszczonym osiągnęły wartości od 2,5 g N-NO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> (2021r) do 1,4 g N-NO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> (2020r) [Tabela 5,6].

• **Azot Kjeldahla**

Na przełomie lat 2018 – 2021 wartość azotu Kjeldahla w ściekach surowych wahała się między 83 g N/m<sup>3</sup> (2021r), a 90,2 g N/m<sup>3</sup> (2019r oraz 2020r). W ścieku oczyszczonym w 2019 roku

wynosił 4,1 g N/m<sup>3</sup>, natomiast w 2020r. 5,3 g N/m<sup>3</sup>. Najwyższy stopień redukcji miał miejsce w 2019 roku i wynosił 95,5%, natomiast rok 2021 przyniósł najniższy stopień redukcji i wynosił 94,1% [Tabela 4,5,6].

W tabeli 2,3,4,5 przedstawiono wyniki okresowych pomiarów emisji substancji wprowadzonych do środowiska z Oczyszczalni

Tabela 3 Wyniki okresowych pomiarów emisji substancji wprowadzonych do środowiska z Oczyszczalni Ścieków w Ciechanowie za 2018 r

Table 3 Results of periodic measurements of emissions of substances introduced into the environment from Sewage Treatment Plant in Ciechanów for the year 2018

Wskaźnik	Jednostka	2018r.			Wymagania pozwolenia wodnoprawnego
		Stężenie zanieczyszczeń		Stopień redukcji zanieczyszczeń (%)	
		w ściekach surowych	w ściekach oczyszczonych		
Zawiesina ogólna	g/m <sup>3</sup>	1 016	7,2	99,3	35
BZT <sub>5</sub>	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	973	3,6	99,6	15
ChZT-Cr	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	2061	46,3	97,8	125
Azot Kjeldahla	g N/m <sup>3</sup>	89,5	4,5	95	-
Azot azotanowy	g N-NO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>	0,88	2,1	-	-
Azot ogólny	g N <sub>og</sub> /m <sup>3</sup>	91,6	6,7	92,7	10
Fosfor ogólny	g P <sub>og</sub> /m <sup>3</sup>	16,4	0,86	94,8	1
Chlorki	g Cl-/m <sup>3</sup>	175	177	-	1000
Siarczany	g SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / m <sup>3</sup>	107	101	-	500

Tabela 4 Wyniki okresowych pomiarów emisji substancji wprowadzonych do środowiska z Oczyszczalni Ścieków w Ciechanowie za 2019r

Table 4 Results of periodic measurements of emissions of substances introduced into the environment from Sewage Treatment Plant in Ciechanów for the year 2019

Wskaźnik	Jednostka	2019r.			Wymagania pozwolenia wodnoprawnego
		Stężenie zanieczyszczeń		Stopień redukcji zanieczyszczeń (%)	
		w ściekach surowych	w ściekach oczyszczonych		
Zawiesina ogólna	g/m <sup>3</sup>	1325	7,9	99,4	35
BZT <sub>5</sub>	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	1294	3,7	99,7	15
ChZT-Cr	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	2559	44	98,3	125
Azot Kjeldahla	g N/m <sup>3</sup>	90,2	4,1	95,5	-
Azot azotanowy	g N-NO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>	0,82	2,3	-	-
Azot ogólny	g N <sub>og</sub> /m <sup>3</sup>	91,9	6,5	92,9	10
Fosfor ogólny	g P <sub>og</sub> /m <sup>3</sup>	20,2	0,74	96,3	1
Chlorki	g Cl-/m <sup>3</sup>	197	185	-	1000
Siarczany	g SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / m <sup>3</sup>	104	92,1	-	500

Tabela 5 Wyniki okresowych pomiarów emisji substancji wprowadzonych do środowiska z Oczyszczalni Ścieków w Ciechanowie za 2020r

Table 5 Results of periodic measurements of emissions of substances introduced into the environment from Sewage Treatment Plant in Ciechanów for the year 2020

Wskaźnik	Jednostka	2020r.			Wymagania pozwolenia wodnoprawnego
		Stężenie zanieczyszczeń		Stopień redukcji zanieczyszczeń (%)	
		w ściekach surowych	w ściekach oczyszczonych		
Zawiesina ogólna	g/m <sup>3</sup>	1049	13,2	98,7	35
BZT <sub>5</sub>	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	1279	5,8	99,5	15
ChZT-Cr	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	2438	58,3	97,6	125
Azot Kjeldahla	g N/m <sup>3</sup>	90,2	5,3	94,1	-
Azot azotanowy	g N-NO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>	0,95	1,4	-	-
Azot ogólny	g N <sub>og</sub> /m <sup>3</sup>	92,1	7	92,4	10
Fosfor ogólny	g P <sub>og</sub> /m <sup>3</sup>	19,3	0,89	95,4	1
Chlorki	g Cl-/m <sup>3</sup>	213	208	-	1000
Siarczany	g SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / m <sup>3</sup>	105	99	-	500

Tabela 6 Wyniki okresowych pomiarów emisji substancji wprowadzonych do środowiska z Oczyszczalni Ścieków w Ciechanowie za 2021r

Table 6 Results of periodic measurements of emissions of substances introduced into the environment from Sewage Treatment Plant in Ciechanów for the year 2021

Wskaźnik	Jednostka	2020r.			Wymagania pozwolenia wodnoprawnego
		Stężenie zanieczyszczeń		Stopień redukcji zanieczyszczeń (%)	
		w ściekach surowych	w ściekach oczyszczonych		
Zawiesina ogólna	g/m <sup>3</sup>	630	12,9	98	35
BZT <sub>5</sub>	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	751	4,4	99,4	15
ChZT-Cr	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	1654	54	96,7	125
Azot Kjeldahla	g N/m <sup>3</sup>	83	4,2	94,9	-
Azot azotanowy	g N-NO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup>	0,65	2,5	-	-
Azot ogólny	g N <sub>og</sub> /m <sup>3</sup>	85	6,7	92,1	10
Fosfor ogólny	g P <sub>og</sub> /m <sup>3</sup>	15,9	0,85	94,7	1
Chlorki	g Cl-/m <sup>3</sup>	197	180	-	1000
Siarczany	g SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / m <sup>3</sup>	89	92	-	500



Ścieków w Ciechanowie w wieloletniu 2018 – 2021r. Tabele przedstawiają wyniki analiz stężeń zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych oraz stopień ich redukcji. Poniższe zestawienia tabelaryczne zawierają również najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników według obowiązującego Rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej [10].

Sprawność działania oczyszczalni zależy od właściwości ścieków, które docierają do oczyszczalni oraz warunków, jakim odpowiadają ścieki dopływające do odbiornika. Wymagania określające jakość jaką powinny cechować się ścieki oczyszczone, określone są w Rozporządzeniu 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 [14].

### Gospodarka osadowa wskaźnikiem skutecznego oczyszczania ścieków.

Beztlenowa stabilizacja osadu odbywa się w dwóch komorach fermentacyjnych, natomiast proces odwodnienia na wiórkach dekantacyjnych. W konsekwencji w komorach znajdują się wysokoenergetyczne, (wyflotowane/wyseparowane) odpady z osadów tłuszczowych. Kolejny etap procesu technologicznego odwodnienia osadu zależy od jego ilości. W będącej przedmiotem pracy oczyszczalni poddawany jest termicznej utylizacji osadów ustabilizowanych odzysku R10 czyli alkalizacji higienicznej z wysoko aktywnym tlenkiem wapniowym (min. 90% CaO).

Osady ściekowe przeznaczone do przyrodniczego wykorzystania muszą spełniać szereg wymogów dotyczących formy oraz jakości ich stosowania. Czynniki ograniczającymi wykorzystanie osadu jako nawozu są: zawartość metali ciężkich, chorobotwórczych mikroorganizmów, substancji biologicznie szkodliwych oraz jaj pasożytów. Osady powstające w oczyszczalni ścieków muszą być przetworzone na nieszkodliwe i bakteriologicznie czyste. Osady wykorzystywane do celów rolniczych muszą charakteryzować się odpowiednimi, parametrami chemicznymi oraz mikrobiologicznymi, które potwierdzają udokumentowane i autoryzowane wyniki badań akredytowanego laboratorium [2]. Zagospodarowanie osadu w rolnictwie jest powszechnie praktykowane w oczyszczalniach ze względu na obecność w nich bardzo istotnych pierwiastków biogennych takich jak: węgiel organiczny, azot, fosfor, wapń, magnez. W istotny sposób wpływają na prawidłowy, intensywniejszy rozwój wegetatywny roślin oraz poprawę strukturę gleby.

W 2018 roku oczyszczalnia przekazała 6718,1 Mg ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych do odzysku R10 wykorzystywanego do upraw w rolnictwie zgodnie z art. 96, ust. 1, pkt. 1 lub pkt. 3 Ustawy o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 roku (Dz. U. z 2018 r., poz. 21 ze zm.). Osady te zostały wykorzystane na powierzchni 128, 41 ha. Ogółem w 2018 roku wytworzono 6794,1 Mg ustabilizowanego komunalnego osadu ściekowego, co przy przeciętnym uwodnieniu 29,25% daje 1987,33 Mg suchej masy.

W 2020 roku przekazano 6381,02 Mg ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych do odzysku R10, zastosowano je na powierzchni 159 ha. Ogółem wytworzono 6545,44 Mg ustabilizowanego komunalnego osadu ściekowego, co przy przeciętnym uwodnieniu 21,95% daje 1437,0031 Mg suchej masy.

W 2021 roku przekazano 5433,48 Mg ustabilizowanych komunalnych osadów ściekowych do odzysku R10, zastosowano na powierzchni 137,87 ha. Ogółem wytworzono 5044,8 Mg ustabilizowanego komunalnego osadu ściekowego, co przy przeciętnym uwodnieniu 23,3% daje 1174,8785 Mg suchej masy.

W tabeli 7 przedstawiono zależność wskaźnika RLM a ilością osadów ściekowych na przełomie lat 2018-2021r. Z analizy jednoznacznie wynika, że najwyższa wartość RLM wyniosła w 2019

roku – 221298, zaś najniższa w 108807 w 2021 roku. Przy czym należy podkreślić, również analogiczną różnicę w ilościach osadów ściekowych. Natomiast ilość osadów ściekowych w 2018 roku nie różniła się znacząco od ilości w 2020 roku. Korelacja RLM i ilości ścieków analizowane kwartalnie w wieloletniu 2018-2021 potwierdzają tę zależność. Tab.7. Na podstawie analizowanych parametrów można jednoznacznie stwierdzić, że im wyższy wskaźnik RLM tym większa wartość osadów ściekowych [Wykres1].

Tabela 7 Zestawienie RLM oraz ilości osadów ściekowych na przełomie lat 2018-2021.

Table 7 Comparison of RLM and the quantity of sewage sludge in the period from 2018-2021

ROK	RLM	ILOŚĆ OSADÓW ŚCIEKOWYCH	JEDNOSTKA
2018	170309	6794,1 Mg/rok	Mg/rok
2019	221298	6964,12 Mg/rok	Mg/rok
2020	184449	6546,44 Mg/rok	Mg/rok
2021	108807	5044,8 Mg/rok	Mg/rok

Wykres 1 Stosunek wskaźnika RLM do ilości osadów w latach 2018-2021

Chart 1 Relation of RLM to the quantity of sludge on the period 2018-2021



### Podsumowanie

1. W 2021 odnotowano stopień redukcji zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych odprowadzanych do rzeki Łydynia : zawiesina ogólna (g / m3) 98%, BZT5 (g O2 / m3) 99,4%, ChZT – Cr (g O2 / m3) 96,7%, Azot Kjeldahla (g N/ m3) 94,9%, Azot ogólny (g Nog/ m3) 92,1%, Fosfor ogólny (g Pog./ m3) 94,7%. Bardzo wysoki stopień usuwania zanieczyszczeń biogennych oraz organicznych podczas oczyszczania ścieków pozwala zauważyć, że technologia UCT jest wysoce efektywna.
2. Wysokie stężenia zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego w wodach powierzchniowych mają duży wpływ na zmiany środowiskowe. Miejska oczyszczalnia ścieków w Ciechanowie jest jednym z istotnych elementów odciążających środowisko naturalne. Zapobiega transmisji związków pochodzenia biogenego, metali ciężkich oraz patogenów mikrobiologicznych do niszy ekologicznej.
3. Oczyszczalnia ścieków w Ciechanowie charakteryzuje dużą sprawnością oraz efektywnością w usuwaniu zanieczyszczeń, przy pełnym jej obciążeniu, dlatego ważny jest obliczany rzeczywisty wskaźnik RLM, przewidywana wydajność oczyszczalni, dobór urządzenia umożliwiających realizację procedur technologicznych.
4. Przedstawione dane wskazują, że na przełomie okresu badawczego 2018-2021 parametry ścieków oczyszczonych w Komunalnej Oczyszczalni Ścieków w Ciechanowie odpowiadają bardzo dobrej redukcji ścieków. Wszystkie badane parametry są zgodne z obowiązującymi normami. Spadek Równoważnej Liczby

Mieszkańców (RLM) znacząco wpływa na ilość wytworzonych komunalnych osadów ściekowych. Im większa wartość RLM, tym więcej osadu ściekowego. ■

## Podziękowanie

Podziękowania dla Kierownika Oczyszczalni Ścieków mgr inż. Krzysztofa Skwarskiego za bezcenną pomoc techniczną.

## LITERATURA

- [1] Bergkamp G, Diphoorn B. and Trommsdorrd C. : Water and development in the urban setting. [www.iwa\\_network.org/downloads/1440582594.Chapter%2010.pdf](http://www.iwa_network.org/downloads/1440582594.Chapter%2010.pdf) dostęp 09.05.2018
- [2] Błaszczyk K., Krzyśko-Lupicka T. 2014 Przegląd metod badania osadów ściekowych stosowanych w Polsce. Wydawnictwo – Uniwersytet Opolski: 117-133
- [3] Chmielowski K., Młyńska A., Młyński D. 2015 Efektywność pracy oczyszczalni ścieków w Kołaczycach. Wydawnictwo – Uniwersytet rolniczy w Krakowie : 44-50.
- [4] Długosz J., Gawdzik J. 2013. Ocena skuteczności funkcjonowania oczyszczalni ścieków w Barczy (Woj. Świętokrzyskie). Wydawnictwo – Politechnika Świętokrzyska : 311-317
- [5] E. Fiałkowska, J. Fyda, A. Pajdak-Stós, K. Wiąckowski „Osad Czynny biologia i analiza mikroskopowa”, Wydawnictwo Seidel-Przywecki 2010
- [6] <http://umciechanow.pl>
- [7] Heidrich Z., Kalenik M., Podedworna J., Stańko G. Sanitacja wsi. Wydawnictwo „SeidelPrzywecki” Sp. z o.o., Warszawa 2008.
- [8] Kaczor G. 2009. Stężenia zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych z wiejskich systemów kanalizacyjnych województwa małopolskiego. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 9, 97–104.
- [9] Łomotowski J., Szpindor A. Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków. Arkady, Warszawa 1999.
- [10] Ostojki A., Gajewska M. (2014). Możliwości energetycznego wykorzystania osadów ściekowych jako paliwa. Inżynieria i Ochrona Środowiska, 17, 515-525.
- [11] Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków: praca zbiorowa/pod red. Zbysława Dymaczeńskiego. – wyd. 3. Poznań, 2011.
- [12] A.Raszka, M. Tytła, Biologiczne oczyszczanie odcieków ściekowych. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 7 (2012), 312-316.
- [13] Roman M., „Kanalizacja. Oczyszczanie ścieków”, tom 2, Arkady, Warszawa 1986
- [14] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019r. 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)
- [15] Skoczko I. Effectiveness of the operation of the sewage treatment plant in Augustow. Ecol Chem Eng A. 2012;19(6):639-647. DOI: 10.2428/ecea.2012.19(06)065.
- [16] Ustawa z dnia 20 lipca 2017r. – Prawo wodne (Dz.U. 2017 poz. 1566, z późn.zm.)
- [17] Ustawa z dnia 7 czerwca 2001r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dz. U. 2001 Nr 72 poz. 747, z późn. zm.)