

# Jednostkowa ilość komunalnych osadów ściekowych wytworzonych w aglomeracjach ujętych w sprawozdaniach KPOŚK

Unit quantities of municipal sewage sludge produced in agglomerations included in KPOŚK reports

TOMASZ KAMIZELA, MARIA WŁODARCZYK-MAKUŁA

DOI 10.36119/15.2024.10.7

W artykule analizowano jednostkową ilość wytwarzanych osadów ściekowych (JIOK) w komunalnych oczyszczalniach ścieków. Badaniem objęto dane z okresu 3 lat (2020–2022) i analizowano zmienność wartości wskaźników JIOK w zależności od wydajności oczyszczalni wyrażonej w równoważnej liczbie mieszkańców (RLM). Wyniki analiz wskazują, że mniejsze oczyszczalnie (< 2 000 RLM) mają wyższe i bardziej zróżnicowane wartości JIOK, co może świadczyć o niższej efektywności procesów oczyszczania oraz większej zmienności operacyjnej. Większe jednostki (≥ 100 000 RLM) charakteryzują się niższymi i bardziej stabilnymi wartościami JIOK, co sugeruje bardziej zaawansowane i zoptymalizowane zarządzanie procesami oczyszczania i gospodarką osadową. Stwierdzono, że monitorowanie i analiza wskaźników JIOK mogą być kluczowe dla efektywnego zarządzania procesami oczyszczania ścieków. Wyniki badania wskazują na potrzebę dalszej optymalizacji procesów w mniejszych oczyszczalniach oraz stałego monitorowania efektywności usuwania zanieczyszczeń i wytwarzania osadów.

*Słowa kluczowe: ścieki, osady ściekowe, zanieczyszczenia, jednostkowa ilość wytwarzanych osadów ściekowych*

The article analyses the unit quantity of sewage sludge produced (JIOK) in municipal wastewater treatment plants. The study covered data from a 3-year period (2020-2022) and analyzed the variability of JIOK indicator values as a function of treatment plant capacity, expressed in equivalent population equivalents (PE). The results of the analyses show that smaller treatment plants (< 2,000 PE) have higher and more diverse JIOK values, which may indicate lower efficiency of treatment processes and greater operational variability. Larger plants (≥ 100,000 PE) are characterized by lower and more stable SGS values, indicating more advanced and optimized management of treatment processes and sludge management. It was found that monitoring and analysis of JIOK indicators can be crucial for effective management of wastewater treatment processes. The results of the study indicate the need for further process optimization in smaller treatment plants and continuous monitoring of the efficiency of pollutant removal and sludge production.

*Keywords: wastewater, sewage sludge, pollutants, unit quantity of produced sewage sludge*

## Wprowadzenie

Stężenia i ładunki zanieczyszczeń w ściekach dopływających do oczyszczalni są wynikiem interakcji wielu czynników, takich jak: charakterystyka demograficzna i społeczno-ekonomiczna obszaru, rodzaj oraz stan systemu kanalizacyjnego, a także sezonowość i warunki atmosferyczne. Ustalenie znaczenia tych czynników jest kluczowe dla efektywnego zarządzania ściekami oraz optymalizacji procesów oczyszczania, co umożliwi skuteczniejsze utrzymanie właściwej jakości wód w środowisku [1, 2, 3]. Wpływ tych czynników ma także znaczenie

w modelowaniu procesów oczyszczania ścieków oraz ocenie efektywności zastosowanych technologii [4, 5, 6].

Zarządzanie ściekami można zdefiniować jako grupę działań związanych z gromadzeniem, podczyszczaniem, transportem, oczyszczaniem, doczyszczaniem i odprowadzaniem ścieków oczyszczonych do środowiska. Optymalizacja procesów oczyszczania ścieków obejmuje doskonalenie metod i technologii, których celem jest zwiększenie efektywności usuwania zanieczyszczeń, przy minimalnych kosztach operacyjnych i zużyciu zasobów. W fazie projektowania i fazie eksploatacji oczyszczalni, zarządzanie ściekami i opty-

malizacja procesów oczyszczania są ściśle związane ze stężeniami i ładunkami zanieczyszczeń oraz ilością wytwarzanych osadów. W fazie projektowania, dane te są kluczowe do wyboru technologii i projektowania systemów oczyszczania ścieków i przeróbki osadów. W fazie eksploatacji, bieżące monitorowanie umożliwia regulację procesów i optymalizację wydajności (intensywność napowietrzania, dawkowanie chemikaliów, zarządzanie energią i zasobami ludzkimi) [7, 8].

Pomocnym narzędziem w zarządzaniu i optymalizacji oczyszczalni ścieków mogą być jednostkowe wskaźniki stężeń zanieczyszczeń w ściekach oraz jednostkowe

Dr hab. inż. Tomasz Kamizela, prof. PCz, <https://orcid.org/0000-0001-8756-0382>, email: [tomasz.kamizela@pcz.pl](mailto:tomasz.kamizela@pcz.pl)

Prof. dr hab. inż. Maria Włodarczyk-Makuła, <https://orcid.org/0000-0002-3978-2420> – Politechnika Częstochowska, Częstochowa, e-mail: [m.wlodarczyk-makula@pcz.pl](mailto:m.wlodarczyk-makula@pcz.pl)

ilości wytwarzanych osadów ściekowych JIOK. Ogólnie, wskaźniki jednostkowe mogą być pomocne w prognozowaniu obciążeń (planowanie zasobów, takich jak: energia, chemikalia i personel), określaniu trendów zmian (reagowanie na zmiany i dostosowywanie strategii zarządzania), ocenie efektywności (identyfikację obszarów wymagających poprawy), optymalizacji parametrów (dawkowanie chemikaliów, intensywność napowietrzania i czas retencji), planowaniu gospodarki osadowej (przewidywania potrzeb w zakresie przetwarzania, odwadniania, transportu i końcowego zagospodarowania

**Tabela 1. Zmienne i wzory do obliczeń jednostkowej ilości wytworzonych osadów komunalnych**

Parametr	Jednostka	Równanie
JIOK	kg s.m./m <sup>3</sup>	$\frac{S.M.}{Q}$
JIOK	kg s.m./kg BZT <sub>5US</sub>	$\frac{S.M.}{Q \cdot S_{BZT5US}}$
JIOK	kg s.m./kg ChZT <sub>US</sub>	$\frac{S.M.}{Q \cdot S_{ChZTUS}}$
JIOK	kg s.m./kg ZAW <sub>US</sub>	$\frac{S.M.}{Q \cdot S_{ZAWUS}}$
S.M.	sucha masa wytworzonych osadów ściekowych, Mg s.m./rok	
Q	Roczna ilość ścieków oczyszczonych odprowadzonych z oczyszczalni do odbiornika w ciągu roku sprawozdawczego, tys. m <sup>3</sup>	
S <sub>US</sub>	Różnica stężenia zanieczyszczeń w ściekach wprowadzanych do oczyszczalni i w ściekach oczyszczonych, odpowiednio: BZT <sub>5</sub> , ChZT, zawiesiny ogólnej, S <sub>US</sub> = S <sub>DOP</sub> - S <sub>Ocz</sub> , mg/l	
S <sub>DOP</sub>	średnie roczne stężenia zanieczyszczeń w ściekach wprowadzanych do oczyszczalni, odpowiednio: BZT <sub>5</sub> , ChZT, zawiesiny ogólnej, mg/l	
S <sub>Ocz</sub>	średnie roczne stężenia zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych odprowadzonych z oczyszczalni, odpowiednio: BZT <sub>5</sub> , ChZT, zawiesiny ogólnej, mg/l	

osadów), planowaniu ekonomicznym (inwestycje w infrastrukturę i technologie). Wskaźniki technologiczne umożliwiają planowanie operacyjne, monitorowanie i kontrolę procesów, dostosowywanie parametrów oczyszczania oraz efektywne zarządzanie gospodarką osadową. Dzięki temu można osiągnąć lepszą wydajność oczyszczania, minimalizację kosztów i zgodność z wymaganiami prawnymi.

W artykule wyliczono wartości wskaźników jednostkowych ilości wytwarzanych osadów komunalnych (JIOK) na podstawie danych ogólnopolskich. Zasadniczym celem tych obliczeń było wyznaczenie trendów oraz identyfikacja istotnych zmian, które mogą mieć znaczący wpływ na zarządzanie gospodarką osadową w oczyszczalni ścieków.

## Metodyka

Do obliczenia stężeń parametrów jakościowych ścieków (BZT<sub>5</sub>, ChZT, zawiesina ogólna, azot ogólny, fosfor ogólny) wykorzystano dane z rocznych sprawozdań z wykonania Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych

w latach 2020, 2021 oraz 2022. Zbiory danych obejmowały odpowiednio 1899, 1858 oraz 1662 aglomeracje. Również te sprawozdania z realizacji KPOŚK posłużyły do obliczenia jednostkowej ilości osadów komunalnych (JIOK).

W obliczeniach wykorzystano miary tendencji centralnej tj. średnią arytmetyczną i medianę, a na wykresach przedstawiono wartości maksymalne i minimalne.

Analizę JIOK oparto na wskaźnikach bazujących na ilościach wytworzonej suchej masy osadów ściekowych i odpowiednich parametrach ilościowo – jakościowych ścieków (tabela 1).

meracji ujętych w sprawozdaniach z realizacji KPOŚK. Na przestrzeni lat 2020 – 2022 odnotowano tendencję wzrostową wartości stężeń analizowanych parametrów. Może to wynikać ze zwiększonej konsumpcji dóbr i usług oraz ilości ścieków komunalnych bądź zmian w strukturze przemysłowej aglomeracji. Pod względem statystycznym, średnie roczne wartości parametrów były wyższe od mediany maksymalnie o 5%. Oznacza to, że rozkład danych jest stosunkowo symetryczny, a zastosowana metoda ograniczenia wpływu danych odstających poprzez przyjęcie zakresu 15 – 85 percentylu zbioru ważnych rekordów była uzasadniona. Warto zwrócić uwagę, że odchylenia standardowe generalnie nie przekraczały 25% wartości średnich, co może wynikać ze zmienności jakości ścieków zależnej od specyfiki danej aglomeracji.

W ujęciu rocznym, dla oczyszczalni zewidencjonowanych w sprawozdaniach z realizacji KPOŚK, jednostkowe ilości wytwarzanych osadów komunalnych przedstawiono w tabeli 3. Średnia, a szczególnie mediana tego wskaźnika sugerują występowanie wyraźnych tendencji wzrostowych w badanym okresie 2020 – 2022. Za bezpośrednią przyczynę można wskazać wzrost stężeń zanieczyszczeń i ilości ścieków. Jako inne możliwe przyczyny można wyszczególnić np.: przyjęcie dodatkowych strumieni ścieków, zwłaszcza przemysłowych, zmiana w składzie chemicznym ścieków, zmiany w zastosowaniu środków chemicznych, problemy operacyjne czy starzenie się infrastruktury. Matematycznie, różnice między średnimi a medianami dla analizowanych wskaźników

## Wyniki analiz

W tabeli 2 przedstawiono wartości średnioroczne oraz mediany wartości parametrów jakościowych ścieków dla aglo-

**Tabela 2. Średnie stężenia zanieczyszczeń oraz mediana w ściekach surowych w latach 2020-2022 [9]**

Parametr		2020	2021	2022
BZT <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /l	średnia	441,0 ± 101,8	423,7 ± 104,7	442,4 ± 102,4
	mediana	433,5	411,4	437,5
ChZT mgO <sub>2</sub> /l	średnia	1022,2 ± 220,4	990,3 ± 241,0	1045,5 ± 231,5
	mediana	997,3	967,1	1028,3
Zawiesina ogólna mg/l	średnia	395,1 ± 106,5	401,3 ± 114,8	417,7 ± 111,9
	mediana	380,8	383,0	400,0
Azot ogólny mg/l	średnia	86,4 ± 19,4	84,3 ± 18,1	87,5 ± 16,0
	mediana	86,5	85,2	87,4
Fosfor ogólny mg/l	średnia	11,1 ± 3,1	10,9 ± 3,0	12,0 ± 2,9
	mediana	11,0	10,9	11,7

**Tabela 3. Wartości średnie JIOK oraz mediana dla danych z lat 2020-2022 [9]**

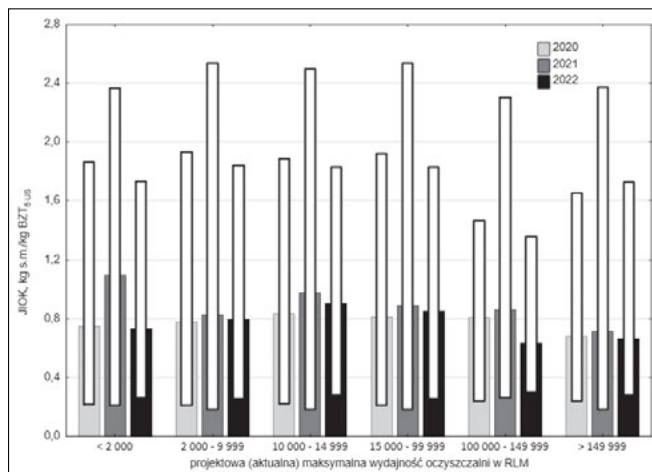
Parametr		2020	2021	2022
JIOK kg s.m./m <sup>3</sup>	średnia	0,32 ± 0,14	0,33 ± 0,18	0,34 ± 0,16
	mediana	0,29	0,29	0,30
JIOK kg s.m./kg BZT <sub>5US</sub>	średnia	0,78 ± 0,44	0,86 ± 0,58	0,81 ± 0,40
	mediana	0,68	0,71	0,72
JIOK kg s.m./kg ChZT <sub>US</sub>	średnia	0,34 ± 0,19	0,36 ± 0,23	0,35 ± 0,17
	mediana	0,30	0,30	0,32
JIOK kg s.m./kg ZAW <sub>US</sub>	średnia	0,87 ± 0,51	0,92 ± 0,63	0,87 ± 0,46
	mediana	0,74	0,73	0,76

wynosiły 10 – 20%. Nadmienić należy, że wartości odchylenia standardowego wynosiły od około 45% nawet do 68% (kg s.m./kg ZAW<sub>US</sub>, 2021). Zgodnie z powyższym odnotowano pewien brak spójności danych i obecność wartości odstających, co uzasadnia się stosowaniem różnych technologii i efektywnością oczyszczania ścieków oraz przeróbki osadów.

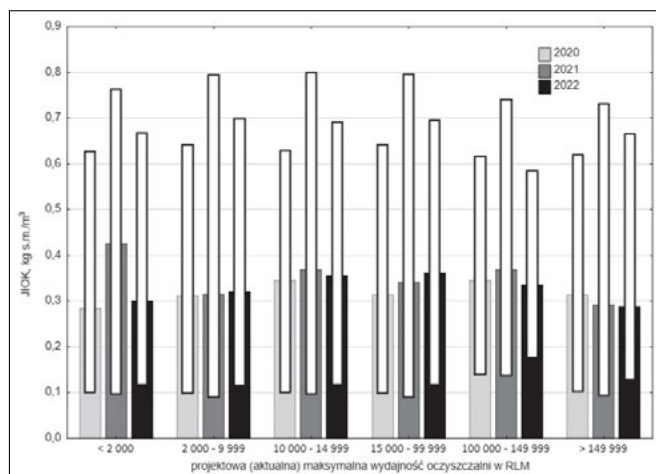
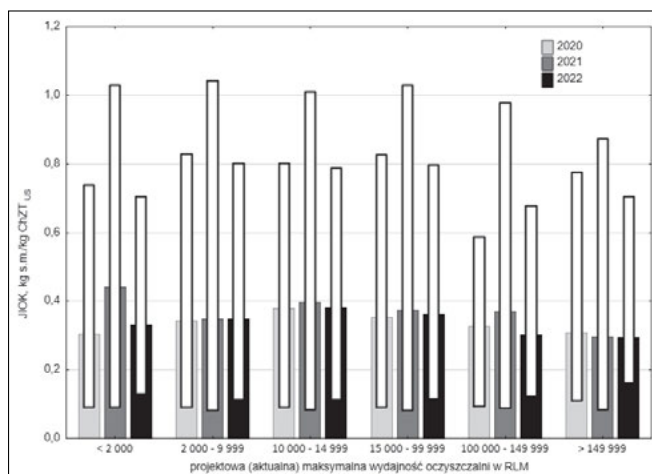
Więcej szczegółów dostarcza analiza JIOK w zależności od wydajności oczyszczalni wyrażonej równoważną liczbą mieszkańców. Na rysunkach 1-4 przedstawiono JIOK jako średnią arytmetyczną wraz z zakresem wartości minimalnych i maksymalnych. Podziału oczyszczalni dokonano na podstawie sprawozdań KPOŚK zgodnie z danymi określanymi jako „projektowa (aktualna) maksymalna wydajność oczyszczalni w RLM”.

Średnioroczna JIOK wyrażona w kg s.m./m<sup>3</sup>, w zależności od wielkości oczyszczalni wahała się w granicach od 0,28 do 0,43 kg s.m./m<sup>3</sup> (rysunek 1). Największe oczyszczalnie (≥ 150 000 RLM) charakteryzują się stabilnością ilości wytwarzanych osadów (około 0,29 kg s.m./m<sup>3</sup>). Najwyższe średnie ilości wytworzonych osadów, na poziomie 0,34 kg s.m./m<sup>3</sup>, wystąpiły w oczyszczalniach o wydajności w zakresie od 10 000 do 150 000 RLM. Warto zwrócić uwagę, że

**Rysunek 2.** Średnioroczne ilości wytwarzanych osadów (kg s.m./kg BZT<sub>5US</sub>) w zależności od wielkości oczyszczalni [9]



**Rysunek 3.** Średnioroczne ilości wytwarzanych osadów (kg s.m./kg ChZT<sub>US</sub>) w zależności od wielkości oczyszczalni [9]



**Rysunek 1.** Średnioroczne ilości wytwarzanych osadów (kg s.m./m<sup>3</sup>) w zależności od wielkości oczyszczalni [9]

minimalna JIOK wynosiła około 0,1 kg s.m./m<sup>3</sup>, natomiast maksymalna znacząco przekraczała wartość średnią i sięgała 0,8 kg s.m./m<sup>3</sup>.

Jednostkową ilość wytworzonych osadów w funkcji usuniętego ładunku BZT<sub>5</sub> ze ścieków przedstawiono na rysunku 2. Wartości JIOK były zróżnicowane w zależności od przedziału RLM, co może wskazywać na wpływ wielkości oczyszczalni na efektywność usuwania BZT<sub>5</sub> i wytwarzania osadów. Większe oczyszczalnie (powyżej 150 000 RLM) charakteryzują najniższą wartość JIOK (≈ 0,7 kg

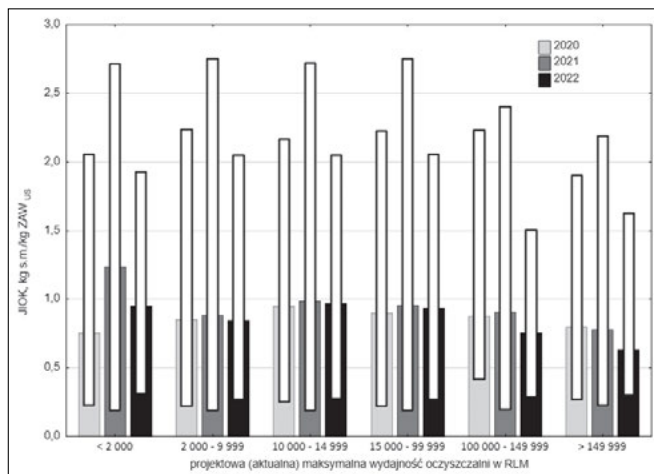
s.m./kg BZT<sub>5US</sub>), co może sugerować lepszą optymalizację procesów i technologii w większych jednostkach. Przeciwnie, trudniejsze warunki operacyjne mogą być charakterystyczne dla oczyszczalni o RLM < 100 000 RLM. Dla tych oczyszczalni zaobserwowano największą rozbieżność pomiędzy wartością minimalną i maksymalną.

Największe ilości wytworzonych osadów wyrażone w kg s.m./kg ChZT<sub>US</sub> odnotowano dla oczyszczalni o RLM z zakresu 10 000 – 14 999 (sięgające 0,4 kg s.m./kg ChZT<sub>US</sub>). Z kolei, naj-

niższa JIOK była charakterystyczna dla obiektów o wydajności większej od 150 000 RLM (≈ 0,3 kg s.m./kg ChZT<sub>US</sub>). Linie reprezentujące wartości maksymalne i minimalne wskazywały na znaczną rozpiętość wyników, szczególnie w mniejszych oczyszczalniach. Jest to zgodne z opinią, że mniejsze jednostki często wykazują większą zmienność operacyjną (rysunek 3).

Tak jak w przypadku wcześniej opisanych statystyk, również ilość wytworzonych osadów w przeliczeniu na ilość usuniętej zawiesiny była najmniejsza dla oczyszczalni o RLM > 149 999, co może sugerować lepszą kontrolę i zarządzanie przeróbką osadów w tych obiektach (rysunek 4). Dla tej grupy oczyszczalni ilość wytworzonych osadów wynosiła maksymalnie 0,8 kg s.m./kg ZAW<sub>US</sub>. Kolejny raz oczyszczalnie z grupy o zakresie wydajności 10 000 – 14 999 RLM stanowiły najbardziej osadogenne obiekty. Podobnie, jak w przypadku wcześniejszych wskaźników JIOK, obiekty o RLM < 99 999 charakteryzuje największa rozpiętość maksymalnych i minimalnych JIOK, wynosząca od 0,2 do nawet 2,7 kg s.m./kg ZAW<sub>US</sub>.

KPOŚK obejmuje swoim zakresem pewną liczbę aglomeracji i oczyszczalni.



Rysunek 4. Średnioroczne ilości wytwarzanych osadów (kg s.m./kg ZAW<sub>US</sub>) w zależności od wielkości oczyszczalni [9]

Pełniejsze ilościowo dane można uzyskać z Banku Danych Lokalnych Głównego Urzędu Statystycznego. W zakresie gospodarki ściekowej, w latach 2020 – 2023 zarówno nie nastąpiła zmiana ilości ludności korzystającej z oczyszczalni jak i liczby zaobserwowano jednak w ilości oczyszczanych ścieków, a także wydajności oczyszczalni. Odmienne, zwłaszcza na podstawie danych z roku 2023 wyraźnie zmniejszyła się ilość generowanych osadów. Generalnie wartość JIOK wyrażona w jednostkach kg s.m./m<sup>3</sup> była wyższa niż w przypadku oczyszczalni zewidencjonowanych w KPOŚK. Za przyczynę takiego stanu można uznać fakt, że w programie generalnie nie zostały uwzględnione małe aglomeracje/oczyszczalnie, które obsługują populację/wydajność poniżej 2000 RLM. Może to być potwierdzeniem dla wcześniejszych spostrzeżeń wnoszących o znacznej produkcji osadów przez mniejsze oczyszczalnie.

czyszczeń mają bezpośredni wpływ na ilość wytwarzanych osadów komunalnych, ponieważ to od skuteczności usuwania zanieczyszczeń zależy produkcja osadów w oczyszczalniach. W latach 2020–2022 jednostkowe ilości osadów komunalnych (JIOK) wykazały pewną stabilność, jednak różnice były wyraźne w zależności od wielkości oczyszczalni. Największe oczyszczalnie (>150 000 RLM) charakteryzowały się najniższą ilością wytworzonych osadów, co sugeruje wyższą efektywność procesów lub zaawansowaniem technologii (średnia wartość JIOK wynosiła około 0,29 kg s.m./m<sup>3</sup>). W mniejszych jednostkach zaobserwowano większe wahania w ilości wytwarzanych osadów, co może wynikać z trudniejszych warunków operacyjnych i różnorodnych technologii przetwarzania ścieków.

Wskaźniki jednostkowe, takie jak JIOK, są ważnym narzędziem oceny efektywności poszczególnych oczyszczalni.

Tabela 4. Wskaźniki JIOK wyliczone na podstawie danych z banku danych lokalnych GUS [10]

Parametr	Jednostka	2020	2021	2022	2023
Ludność korzystająca z oczyszczalni	[osoba]	28 519 392	28 511 915	28 593 505	28 572 999
Ludność korzystająca z oczyszczalni ścieków w % ogólnej liczby ludności	[%]	74.9	75.2	75.7	75.9
Oczyszczalnie komunalne	[szt.]	3 281	3 276	3 260	3 249
Wielkość oczyszczalni komunalnych w RLM	[osoba]	50 678 358	51 227 472	51 935 539	52 377 222
Ścieki oczyszczane w ciągu roku	[dam3]	1 344 215.5	1 367 110.9	1 364 246.5	1 394 768.1
Osady wytworzone w ciągu roku	[t] s.m.	568 858	584 754	580 659	549 702
JIOK	kg s.m./m <sup>3</sup>	0.42	0.43	0.43	0.39
JIOK	kg s.m./RLM	11.2	11.4	11.2	10.5

## Podsumowanie

Analiza stężeń zanieczyszczeń w ściekach dopływających do oczyszczalni dostarczyła ogólnych informacji o zmianach jakości ścieków. Określono, że na przestrzeni lat 2020–2022 nastąpił przyrost stężeń podstawowych parametrów ścieków: BZT5, ChZT, zawiesiny ogólnej, azotu i fosforu ogólnego. Stężenia zanie-

W badaniu opartym na danych zbiorczych z oczyszczalni zewidencjonowanych w sprawozdaniach KPOŚK, wskaźniki te przedstawiają ogólny obraz. Jednak dla pojedynczych oczyszczalni pozwalają precyzyjnie planować gospodarkę osadową, optymalizować zużycie zasobów oraz monitorować efektywność operacyjną. Regularne monitorowanie JIOK może umożliwić lepsze zarządzanie

procesami oczyszczania, co przekłada się na wyższą efektywność i niższe koszty operacyjne, zwłaszcza w mniejszych oczyszczalniach, gdzie obserwuje się największą zmienność wyników.

Podsumowując, przeprowadzona analiza danych dotyczących zarówno stężeń zanieczyszczeń w ściekach, jak i ilości wytwarzanych osadów dostarcza kompleksowych informacji dotyczących oczyszczania ścieków w Polsce. Mimo ogólnej stabilności wyników, istnieje potrzeba dalszej optymalizacji procesów technologicznych. Dotyczy to zwłaszcza mniejszych oczyszczalni, gdzie powinny być podjęte działania w celu zwiększenia efektywności oczyszczania oraz minimalizacji ilości powstających osadów ściekowych.

## LITERATURA

- [1] Cywiński B., Gdula S., Kempa E., Kurbiel J., Płoszański H. Oczyszczanie ścieków miejskich, Tom I-II, Arkady, 1972.
- [2] Heidrich Z., Witkowski A., Urządzenia do oczyszczania ścieków, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa, 2015.
- [3] Dymaczewski Z., (red.), Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków, PZITS, Poznań, 2011.
- [4] Liwarska-Bizukojć E., Modelowanie procesów oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa, 2014.
- [5] Drewnowski J., Szeląg B., Sabba F., Piłat-Rożek M., Piotrowicz A., Łagód G., Innovations in Wastewater Treatment – Harnessing Mathematical Modeling and Computer Simulations with Cutting-Edge Technologies and Advanced Control Systems, Journal of Ecological Engineering 2023, 24, 208–222, <https://doi.org/10.12911/22998993/173076>
- [6] Grobelak A., Grosser A., Kacprzak M., Kamiżela T., Sewage sludge processing and management in small and medium-sized municipal wastewater treatment plant-new technical solution, Journal of Environmental Management, 2019, 234, 90-96, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.111>
- [7] Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., & Burton, F. L., Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery (5th ed.). McGraw-Hill Education, 2014.
- [8] Poproch D., Cimochołowicz-Rybicka M., Górka J., Łuszczek B., Gospodarka osadami ściekowymi w miejskiej oczyszczalni ścieków, Instal, 2022, 10, 47-50. DOI 10.36119/15.2022.10.6
- [9] Sprawozdanie z realizacji KPOŚK w latach 2020-2022, Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, <https://www.gov.pl/web/wody-polskie/krajowy-program-oczyszczania-ściekow-komunalnych>.
- [10] Główny Urząd Statystyczny, Bank Danych Lokalnych, Dane według dziedzin, STAN I OCHRONA ŚRODOWISKA, <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/podgrup/temat>.