

Ireneusz KRUKOWSKI<sup>1</sup>, Małgorzata IWANEK<sup>1</sup>, Marcin WIDOMSKI<sup>1</sup>  
i Monika FISZ<sup>1</sup>

## ANALIZA ILOŚCIOWO-JAKOŚCIOWA ŚCIEKÓW DLA NOWO PROJEKTOWANEJ KANALIZACJI SANITARNEJ W ZACHODNIEJ CZĘŚCI MIASTA REJOWIEC FABRYCZNY

### QUANTITATIVE-QUALITATIVE ANALYSIS OF SEWAGE FOR THE NEWLY DESIGNED SANITARY SEWAGE SYSTEM IN THE WEST PART OF THE REJOWIEC FABRYCZNY TOWN

**Abstrakt:** Podstawowym rodzajem aktywności inżynierskiej zapewniającym na poprawę jakości i komfortu życia mieszkańców jest utrzymanie odpowiedniego stanu sanitarnego. Możliwe jest to dzięki urządzeniom i budowlom pozwalającym na odprowadzanie i unieszkodliwianie ścieków. Prawidłowo zaprojektowana sieć kanalizacyjna zapewnia nieprzerwany odbiór ścieków przy minimalizacji negatywnego wpływu na zdrowie i środowisko naturalne. Coraz częściej istniejące już sieci kanalizacyjne są rozbudowywane, co powoduje wzrost ilości i ładunku zanieczyszczeń w ściekach dopływających do oczyszczalni. Niniejsza praca przedstawia wyniki analizy ilościowo-jakościowej ścieków sanitarnych z nowo projektowanej kanalizacji sanitarnej w zachodniej części miejscowości Rejowiec Fabryczny. Analiza miała na celu określenie wzrostu ładunku zanieczyszczeń dopływających do oczyszczalni. Przeprowadzono ją na podstawie ładunku zanieczyszczeń w próbkach średniodobowych ścieków surowych, dopływających do kraty w istniejącej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków. Do analizy przyjęto badania jakości ścieków z okresu 2008-2009, przeprowadzanych w kolejnych kwartałach. Ładunek zanieczyszczeń w kolejnych godzinach w ciągu doby z nowo projektowanej sieci w zachodniej części Rejowca Fabrycznego określono na podstawie badań nierównomierności rozbioru wody w siedmiu gospodarstwach domowych. Przeprowadzona analiza pozwala na określenie całkowitego prognozowanego ładunku zanieczyszczeń w ściekach surowych, doprowadzanego przez nowo projektowaną sieć kanalizacji sanitarnej. Jednocześnie określa ładunki dopływające w poszczególnych godzinach w ciągu doby. Zaproponowana analiza wymaga przeprowadzenia weryfikacji w celu potwierdzenia bądź odrzucenia prawidłowości zastosowanych uproszczeń.

**Słowa kluczowe:** ścieki sanitarne, jakość ścieków, kanalizacja sanitarna, ilość ścieków

Ilość i jakość ścieków pochodzących z gospodarstw domowych zależy głównie od indywidualnych przyzwyczajzeń mieszkańców oraz stopnia wyposażenia mieszkań. Szacuje się, że największe ładunki zanieczyszczeń generowane są z misek ustępowych, a najmniejsze z umywalk [1]. Ładunek zanieczyszczeń w ściekach zdeterminowany jest często ich pochodzeniem. Ścieki miejskie, przemysłowe czy rolnicze, ze względu na swój specyficzny skład, wymagają często indywidualnego podejścia w procesie oczyszczania [2]. Zarówno skład, jak i ilość dopływających ścieków do oczyszczalni często modyfikowana jest przez dostające się do sieci kanalizacyjnej wody infiltracyjne i przypadkowe [3]. Ponadto na jakość ścieków dopływających do oczyszczalni mają wpływ procesy fizyczne i biochemiczne zachodzące w samej sieci kanalizacyjnej. Narastająca biomasa mikroorganizmów heterotroficznych prowadzi do procesu samooczyszczania ścieków, czyli ubytku ładunku zanieczyszczeń na dopływie do oczyszczalni w stosunku do ładunku wprowadzonego bezpośrednio do sieci kanalizacyjnej [4-6]. Dlatego coraz częściej projektowanie oczyszczalni ścieków powinno być zintegrowane z projektowaniem sieci

<sup>1</sup> Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, tel. 81 538 44 31, email: I.Krukowski@wis.pol.lublin.pl

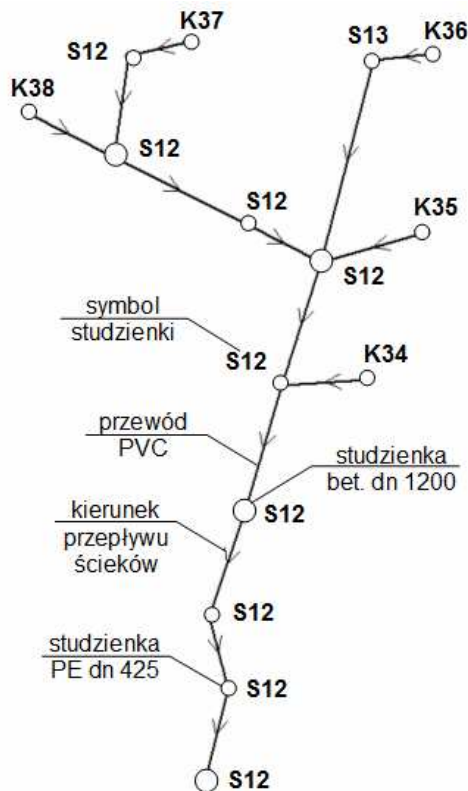
kanalizacyjnej. Obiekty te powinny być ujmowane całościowo, a nie rozpatrywane indywidualnie, gdyż z procesem oczyszczania ścieków mamy do czynienia już na etapie ich transportu systemem kanalizacyjnym [7-11].

Charakterystyka ilościowo-jakościowa ścieków jest niezbędnym elementem na etapie projektowania nowych oczyszczalni ścieków, a także przy rozbudowie czy modernizacji już istniejących [12].

## Materiały i metody

### Charakterystyka obiektu badań

Jako obiekt badań wykorzystano nowo projektowaną sieć kanalizacji sanitarnej grawitacyjnej w zachodniej części miasta Rejowiec Fabryczny. Sieć ta obejmuje swoim zasięgiem obszar ulic: Chełmskiej, Dworcowej, Lubelskiej i Bocznej oraz obsługiwać będzie 90 indywidualnych gospodarstw domowych. Miasto Rejowiec Fabryczny o powierzchni 14 km<sup>2</sup> położone jest w południowo-wschodniej części województwa lubelskiego [13]. Zamieszkiwane jest przez blisko 5 tys. mieszkańców, a jego gęstość zaludnienia wynosi 342 osoby na km<sup>2</sup> [14].



Rys. 1. Schemat przedstawiający strukturę sieci (część nr 4)

Fig. 1. The schema displaying structure of system (part no. 4)

Długość obecnie działającej sieci kanalizacji ogólnospławnej wynosi 9,3 km, a przyłączy 2,0 km, co świadczy o ponad 85% stopniu skanalizowania gospodarstw domowych. Ścieki z obecnie działającej, a także nowo projektowanej kanalizacji sanitarnej odprowadzane będą do zmodernizowanej w 2003 roku mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków o wydajności  $800 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  [13, 15].

Wykorzystana w badaniach nowo projektowana sieć kanalizacji sanitarnej grawitacyjnej wraz z przykanalikami składa się z 5 części, z których każda włączona zostanie do obecnie działającej sieci. Wykonana będzie z rurociągów PVC SN 4, a jej łączna długość będzie wynosić 4085 m. Uzbrojenie sieci będą stanowić studzienki kanalizacyjne polietylenowe o średnicach 425 mm i betonowe 1200 mm (część nr 4), (rys. 1). Trasa nowo projektowanej sieci kanalizacji sanitarnej grawitacyjnej zdeterminowana została spadkami terenu oraz istniejącą infrastrukturą nad- i podziemną [16]. Przewody poprowadzono poniżej głębokości przemarzania gruntu, która wynosi 1,0 m [17].

#### Metoda badawcza

Ilość ścieków dopływających do nowo projektowanej sieci ustalono na podstawie przeciętnych norm zużycia wody i liczby mieszkańców zamieszkujących obszar poddany kanalizacji (tab. 1). W każdym z gospodarstw domowych założono 4 mieszkańców, zasilenie budynku z sieci wodociągowej i przeciętną normę zużycia wody na poziomie  $100 \text{ dm}^3 \cdot \text{os.}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  [18]. Współczynniki nierównomierności przyjęto na poziomie  $N_h = 2,0$ ,  $N_d = 3,0$  z uwagi na liczbę mieszkańców nieprzekraczającą 5 tys. osób [19].

Tabela 1

Zestawienie ilości ścieków z poszczególnych części nowo projektowanej kanalizacji [18, 19]

Table 1

The compilation of the sewage quantity from individual parts of the newly designed sewage system [18, 19]

Część numer	Liczba mieszkańców	Ilość ścieków				
		Jednostkowa dobową	Średnia dobową	Maksymalna dobową	Maksymalna godzinowa	Maksymalna godzinowa
		$q_j$ [ $\text{dm}^3 \cdot \text{os.}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ]	$Q_d^{\text{sr}}$ [ $\text{dm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ]	$Q_d^{\text{max}}$ [ $\text{dm}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ]	$Q_h^{\text{max}}$ [ $\text{dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ]	$Q_h^{\text{max}}$ [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ]
1	112	100	11 200	22 400	3500	3,50
2	16	100	1600	3200	500	0,50
3	120	100	12 000	24 000	3750	3,75
4	36	100	3600	7200	1125	1,13
5	76	100	7600	15 200	2375	2,38
					<b>SUMA</b>	<b>11,25</b>

W celu uwzględnienia wód infiltracyjnych i przypadkowych maksymalną godzinową ilość ścieków pochodzącą z gospodarstw domowych zwiększono o 25%.

Analizę jakościową ścieków przeprowadzono na podstawie wyników badań jakości ścieków surowych dopływających do oczyszczalni udostępnionych przez Zakład Wodociągów i Kanalizacji w Rejowcu Fabrycznym. Zawierają one analizy BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub> i zawiesiny ogólnej oznaczane w średniodobowych próbkach ścieków z lat 2008 i 2009

przeprowadzane w kolejnych kwartałach w ciągu każdego z roku. Wyniki analizy jakości ścieków z okresu dwóch lat przedstawiono w tabeli 2 (analiza wg [20-22]). Średni ładunek zanieczyszczeń w ściekach surowych dopływających do oczyszczalni wyznaczono z pominięciem pierwszego pomiaru. W celu uwzględnienia nierównomierności dopływu ilościowego i jakościowego ścieków do oczyszczalni wykorzystano wzorec zmian dopływu ścieków wyznaczony na podstawie zużycia wody w 2009 roku w siedmiu gospodarstwach domowych w kolejnych godzinach [15].

Tabela 2

Jakość ścieków dopływających do oczyszczalni w latach 2008 i 2009 [20-22]

Table 2

The quality of sewage flowing in the WWTP in years 2008 and 2009 [20-22]

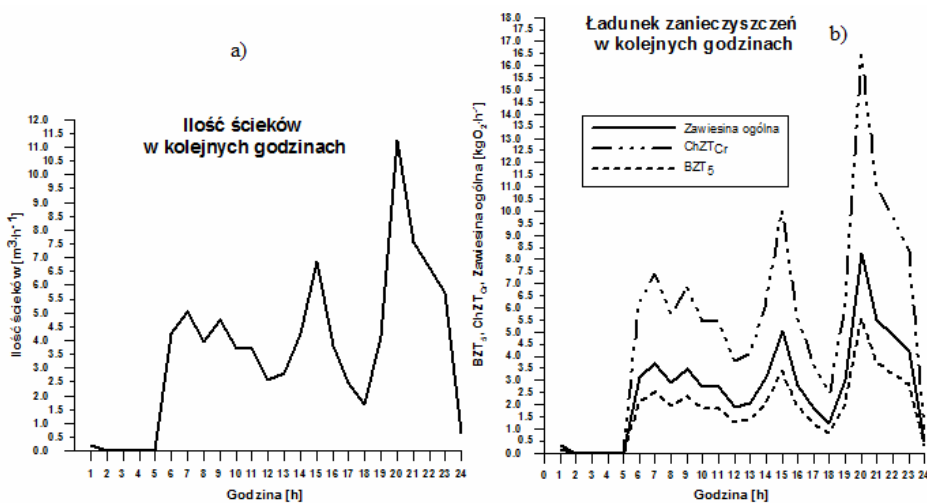
Lp.	Kwartał	Data	Jakość ścieków		
			BZT <sub>5</sub>	ChZT <sub>Cr</sub>	Zawiesina ogólna
			[mg·dm <sup>-3</sup> ]	[mg·dm <sup>-3</sup> ]	[mg·dm <sup>-3</sup> ]
1	I	14.03.2008	95,7	200	40
2	II	19.06.2008	781	1660	1100
3	III	12.09.2008	388	1107	258
4	IV	12.12.2008	579	2283	994
5	I	01.04.2009	534	1503	560
6	II	16.06.2009	320	985	594
7	III	12.09.2009	511	1500	1070
8	IV	11.12.2009	345	1193	544
Średni ładunek zanieczyszczeń			<b>494</b>	<b>1462</b>	<b>731</b>

Ilościową nierównomierność dopływu ścieków wyznaczono jako iloczyn maksymalnej godzinowej ilości ścieków  $11,25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  i współczynnika nierównomierności dopływu w kolejnych godzinach w ciągu doby.

Jakościową nierównomierność dopływu ścieków ustalono jako iloczyn średniego ładunku zanieczyszczeń ustalonego na podstawie obliczeń zamieszczonych w tabeli 2 i maksymalnej godzinowej ilości ścieków, analogicznie jak wykonali to w swojej pracy J. Adamek i K. Kudlik [23] z uwzględnieniem nierównomierności dopływu. Analizę przeprowadzono łącznie dla wszystkich czterech odcinków nowo projektowanej sieci.

### Analiza uzyskanych wyników

Przeprowadzona analiza pokazała, że maksymalnie w ciągu jednej godziny dopłynię do oczyszczalni z nowo projektowanej kanalizacji  $11,25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  ścieków, z których średnie wartości poszczególnych ładunków zanieczyszczeń wynoszą następująco:  $\text{BZT}_5 = 494 \text{ mg} \cdot \text{dm}^3$ ,  $\text{ChZT}_{\text{Cr}} = 1462 \text{ mg} \cdot \text{dm}^3$ , zawiesina ogólna =  $731 \text{ mg} \cdot \text{dm}^3$ . Rozkład nierównomierności dopływu ilościowego i jakościowego ścieków przedstawiono na rysunkach 2a i 2b. Maksymalną ilość ścieków zarejestrowano o godzinie 20:00. Brak dopływu ścieków do oczyszczalni zaobserwowano w godzinach nocnych pomiędzy 2:00 a 5:00. Największe ładunki zanieczyszczeń uzyskane dla godziny 20:00 wynosiły:  $\text{BZT}_5 = 5,56 \text{ kg O}_2 \cdot \text{h}^{-1}$ , zawiesina ogólna =  $8,23 \text{ kg O}_2 \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $\text{ChZT}_{\text{Cr}} = 16,44 \text{ kg O}_2 \cdot \text{h}^{-1}$ .



Rys. 2. Nierównomierność dopływu ścieków do oczyszczalni: a) ilościowa, b) jakościowa

Fig. 2. The inequality of the sewage inflow to the WWTP: a) quantitatively, b) qualitatively

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy można przewidzieć zarówno ilość ścieków, jak i ładunek zanieczyszczeń w ściekach surowych, dopływających do oczyszczalni z nowo projektowanej sieci kanalizacji sanitarnej. Uzyskane wyniki dają pogląd na rozkład ilości i jakości ścieków w kolejnych godzinach w ciągu doby. Pokazują godziny, w których mamy do czynienia z kulminacją ilościowo-jakościową ścieków w mieście Rejowiec Fabryczny i obrazują brak dopływu ścieków do oczyszczalni. Dzięki temu możliwe jest lepsze planowanie eksploatacji, remontów, modernizacji czy ewentualnych zmian w technologii oczyszczania ścieków. Przeprowadzona analiza pokazuje, że zwiększenie ilości ścieków dopływających do oczyszczalni z powodu rozbudowy kanalizacji sanitarnej w mieście nie spowoduje przekroczenia maksymalnej wydajności tego obiektu.

## Literatura

- [1] Butler D., Friedler E. i Gatt K.: *Characterising the quantity and quality of domestic wastewater inflows*. Water Sci. Technol., 1995, **31**(7), 13-24.
- [2] Sophonsiri C. i Morgenroth E.: *Chemical composition associated with different particle size fractions in municipal, industrial, and agricultural wastewaters*. Chemosphere, 2004, **55**, 691-703.
- [3] Taebi A. i Droste R.L.: *Pollution loads in urban runoff and sanitary wastewater*. Sci. Total Environ., 2004, **327**, 175-184.
- [4] Almeida M.C., Butler D. i Matos J.S.: *In-sewer biodegradation study at the Costa do Estoril interceptor system*. Urban Water, 2000, **2**, 327-334.
- [5] Łagód G. i Sobczuk H.: *Transformation and biodegradation of pollutants in sewage systems as processes leading to sewage self-purification*. Ecol. Chem. Eng., 2006, **13**(1), 1-7.
- [6] Tanaka N. i Hvitved-Jacobsen T.: *Transformations of wastewater organic matter in sewers under changing aerobic/anaerobic conditions*. Water Sci. Technol., 1998, **37**(1), 105-113.
- [7] Almeida M.C., Butler D. i Davies J.W.: *Modeling in-sewer changes in wastewater quality under aerobic conditions*. Water Sci. Technol., 1999, **39**(9), 63-71.

- [8] Bertrand-Krajewski J.L., Lefebvre M., Lefai B. i Audic J.M.: *Flow and pollutant in a combined sewer system to operate a wastewater treatment plant and its storage tank during storm events*. Water Sci. Technol., 1995, **31**(7), 1-12.
- [9] Hvitved-Jacobsen T., Vollertsen J. i Tanaka N.: *Wastewater quality changes during transport in sewers - an integrated aerobic and anaerobic model concept for carbon and sulfur microbial transformations*. Water Sci. Technol., 1998, **38**(10), 257-264.
- [10] Vollertsen J. i Hvitved-Jacobsen T.: *Sewer quality modeling - a dry weather approach*. Urban Water, 2000, **2**, 295-303.
- [11] Warith M.A., Kennedy K. i Reitsma R.: *Use of sanitary sewers as wastewater pre-treatment systems*. Waste Manage., 1998, **18**, 235-247.
- [12] Andoh R.Y.G. i Smisson R.P.M.: *The practical uses of wastewater characterization in design*. Water Sci. Technol., 1996, **33**(9), 127-134.
- [13] Fisiz M.: *Analiza warunków hydraulicznych projektowanej sieci kanalizacji sanitarnej dla zachodniej części Rejowca Fabrycznego*. Praca dyplomowa. Politechnika Lubelska, Lublin 2009.
- [14] www.stat.gov.pl, 13.09.2010.
- [15] Iwanek M., Krukowski I., Kowalski D. i Fisiz P.: *Badania modelowe warunków hydraulicznych pracy fragmentu sieci kanalizacji sanitarnej*. [W:] Nowe technologie w sieciach i instalacjach wodociągowych i kanalizacyjnych. K. Kuś i F. Piechurski (red.), Gliwice 2010, 159-173.
- [16] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002, w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. DzU Nr 75, poz. 690 z dnia 15 czerwca 2002.
- [17] Wymagania techniczne COBRTI INSTAL. Zeszyt 9. Warunki techniczne wykonania i odbioru sieci kanalizacyjnych. Warszawa 2003.
- [18] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002, w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody. DzU Nr 72, poz. 747 z dnia 31 stycznia 2002.
- [19] Myszograj S. i Panek E.: *Bilansowanie ilości ścieków dopływających do oczyszczalni*. Gaz, Woda, Techn. Sanit., 2007, **5**, 9-12.
- [20] PN-EN 872:2007.: Jakość wody: Oznaczanie zawiesin: Metoda z zastosowaniem filtracji przez sączki z włókna szklanego.
- [21] PN-74/C-04578.03.: Oznaczanie chemicznego zapotrzebowania tlenu (ChZT) metodą dwuchromianową.
- [22] PN-EN 1899-1:2002.: Jakość wody: Oznaczanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu po n dniach (BZTn): Część 1: Metoda rozcieńczania i szczepienia z dodatkiem allilotiomocznika.
- [23] Adamek J. i Kudlik K.: *Rozbudowa kanalizacji sanitarnej aglomeracji Nowy Sącz skuteczną metodą ochrony wód zlewni rzeki Dunajec*. Gaz, Woda, Techn. Sanit., 2009, **9**, 59-60.

## QUANTITATIVE-QUALITATIVE ANALYSIS OF SEWAGE FOR THE NEWLY DESIGNED SANITARY SEWAGE SYSTEM IN THE WEST PART OF THE REJOWIEC FABRYCZNY TOWN

Faculty of Environmental Engineering, Lublin University of Technology

**Abstract:** A basic kind of engineering activity improving the quality and comfort of citizens' life is maintenance of the suitable sanitary state. The above may result from suitable devices and buildings of sewage transport and treatment. The correctly designed sewer system assures the uninterrupted intake of sewage at the minimization of the negative impact on human health and the environment. The already existing sewer systems are frequently extended for new lines causing the growth of the quantity and load of pollutions in sewage entering the wastewater treatment plant (WWTP). This paper shows the results of the quantitative-qualitative analysis of sanitary sewage from the newly designed sanitary sewage system in the west site of Rejowiec Fabryczny. Our analysis was conducted to determine the increase of the pollutants load entering the WWTP. The analysis was based on the pollutants load in average-twenty-four hours samples of raw sewage sampled in the screens chamber in mechanical-biological WWTP. The results of sewage qualitative analyses from the period of years 2008-2009 were adopted to our research. The pollutants loads in the newly designed network in the west of Rejowiec Fabryczny were defined basing on the research of the inequality of the water demand in seven household. This analysis allowed the pollutants loads prediction in raw sewage inside the newly designed network of the sanitary sewage system. The proposed analysis demands validation permitting confirmation of assumed simplifications.

**Keywords:** sanitary sewage: sewage quality: sanitary sewage system: sewage quantity