

WPLYW WIELKOŚCI DOPŁYWU WÓD OPADOWYCH NA SKŁAD ŚCIEKÓW SUROWYCH W MAŁYM SYSTEMIE KANALIZACYJNYM

Piotr Bugajski, Krzysztof Chmielowski, Grzegorz Kaczor
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy określono wpływ wielkości dopływu wód opadowych na zmiany stężenia zanieczyszczeń w ściekach surowych dopływających do oczyszczalni. W celu określenia opisanej zależności posłużono się statystyczną analizą korelacji liniowej Pearsona. W 6-letnim okresie badań od 2009 do 2014 roku pobrano i poddano analizie 31 próbek ścieków, natomiast w określeniu zależności korelacyjnej po odrzuceniu wartości odstających, na podstawie analizy reszt i wyliczonych odległości Cooka uwzględniono 29 wyników analiz ścieków. Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że wraz ze zwiększającą się ilością ścieków w kanalizacji maleją stężenia zanieczyszczeń w ściekach surowych. W przypadku BZT₅ stwierdzono, że wzrost ilości dopływających ścieków o 1 m³ powoduje zmniejszenie wartości tego parametru o 0,86 g O₂ · m⁻³. W przypadku ChZT wraz ze wzrostem ilości ścieków w kanalizacji o 1 m³ maleje wartość tego wskaźnika o 1,73 g O₂ · m⁻³. W odniesieniu do stężenia zawiesiny ogólnej stwierdzono, że wzrost ilości ścieków płynących w kanalizacji powoduje zmniejszenie stężenia zawiesiny ogólnej o 0,73 g · m⁻³.

Słowa kluczowe: ścieki, ilość i skład ścieków, korelacja, wody opadowe

WPROWADZENIE

Rozwój infrastruktury kanalizacyjnej w ostatnich latach w Polsce, szczególnie na terenach wiejskich, ma podstawowe zadanie, jakim jest ochrona środowiska wodnego i glebowego [Pawełek 2015, Obarska-Pempkowiak i in. 2015, Józwiakowski 2012]. Kompleksowa kanalizacja danego obszaru czy miejscowości to równoległa budowa systemów odprowadzania ścieków bytowych z budynków mieszkalnych oraz budowa kanalizacji deszczowej odprowadzającej ścieki opadowe z dachów i podjazdów do budynków. Budowa kanalizacji w tzw. systemie rozdzielczym jest wynikiem stosowanych różnych

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr hab. inż. Piotr Bugajski, dr hab. inż. Krzysztof Chmielowski, dr hab. inż. Grzegorz Kaczor, Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: p.bugajski@ur.krakow.pl.

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2016

metod i sposobów oczyszczania ścieków bytowych i opadowych ze względu na to, że inny rodzaj i koncentracja zanieczyszczeń występuje w ściekach bytowych, a inny w ściekach opadowych [Pluta i Mrowiec 2015]. Mieszanie ścieków bytowych i opadowych w jednym systemie kanalizacyjnym niesie za sobą wiele negatywnych skutków. Wpływa na podniesienie kosztów eksploatacyjnych oczyszczalni ścieków, ale ma też negatywny wpływ na procesy biologiczne zachodzące w reaktorach biologicznych [Kaczor 2012, Kaczor i in. 2015]. Stosowana powszechnie metoda biologicznego oczyszczania ścieków oparta na metabolizmie mikroorganizmów osadu czynnego, jest bardzo wrażliwa na wszelkiego rodzaju zmiany ilości i składu ścieków dopływających [Arnold i in. 2000, Barnard 2000]. Określone w projekcie oczyszczalni gabaryty reaktora biologicznego są ściśle związane z ilością dopływających ścieków oraz optymalną ilością związków organicznych potrzebną do prawidłowego metabolizmu mikroorganizmów. Duża zmienność zarówno ilości ścieków dopływających, jak też nierównomierność stężenia związków organicznych w nich zawartych powoduje zakłócenia procesów oczyszczania [Barnard i Oleszkiewicz 2000, Andraka 2007, Jeongsik i in. 2003, Krzanowski i Wałęga 2006]. Na terenach, gdzie nie ma systemów odprowadzania wód opadowych, wielu mieszkańców podłącza rynny dachowe do kanalizacji przeznaczonej wyłącznie dla ścieków bytowych, przez co w okresie dużych opadów występuje zwiększony dopływ ścieków o znacznym rozcieńczeniu zanieczyszczeń organicznych [Pecher 1999]. Aby zapobiec temu zjawisku, powinno się edukować społeczeństwo w zakresie kultury użytkowania systemów kanalizacyjnych.

CEL I ZAKRES PRACY ORAZ METODYKA BADAŃ

Celem badań było określenie wpływu ilości dopływających wód obcych, definiowanych jako suma wód przypadkowych oraz infiltracyjnych na zmienność stężenia zanieczyszczeń w ściekach surowych dopływających systemem kanalizacyjnym do oczyszczalni. Badania prowadzono na terenie małego systemu kanalizacyjnego odprowadzającego ścieki bytowe od około 1300 mieszkańców miejscowości Włosań w województwie małopolskim. Okresem badań objęto 6 lat od 2009 do 2014 roku, w którym pobrano i poddano analizie fizyczno-chemicznej 31 próbek ścieków surowych dopływających do oczyszczalni. Analizą objęto wskaźniki zanieczyszczeń z grupy podstawowej, tj. BZT₅, ChZT i zawiesina ogólna. Analizę fizyczno-chemiczną wykonano zgodnie z metodami referencyjnymi określonymi normatywami: dla BZT₅ – PN EN 1899–1:2002 i PN EN 1899–2:2002, dla ChZT – PN-ISO 15705:2005 i dla zawiesiny ogólnej – PN-EN 872:2007 + Ap1:2007. W dobach, w których pobierano próbki ścieków, dokonywano odczytu przepływomierza, określając średni dobowy dopływ ścieków z 24 godzin poprzedzających godzinę poboru próbki. Na podstawie wyników analiz fizykochemicznych odnośnie 3 analizowanych wskaźników w ściekach dopływających (surowych) do oczyszczalni oraz określonej średniej dobowej ilości ścieków opracowano zależności korelacyjne dotyczące wpływu ilości ścieków na wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych. W celu określenia ww. zależności posłużono się statystyczną analizą korelacji liniowej Pearsona. W analizie dotyczącej korelacji, jako zmienne niezależne (x) przyjęto ilości ścieków, natomiast jako zmienne zależne (y) przyjęto wartości danego wskaźnika. Zakres współczynnika korelacji przyjęto wg skali zaproponowanej przez Stanisza [1998]. Natomiast na podstawie równań opisują-

cych linie regresji określono jednostkowy zakres zmian wielkości i stężeń analizowanych wskaźników pod wpływem zmiany ilości dopływających ścieków. W obliczeniach korelacji odrzucono wyniki pomiarów, które odstawały od pozostałych na podstawie analizy reszt i wyliczonych odległości Cooka, po czym w analizie uwzględniono 29 wyników pomiarów.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

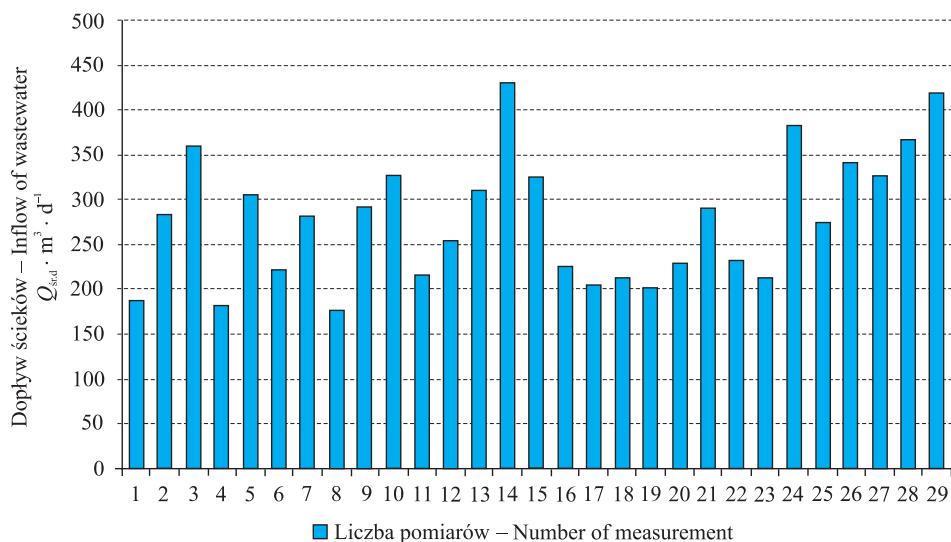
W sześcioletnim okresie badań, w którym pobrano i poddano analizie 29 próbek ścieków surowych, stwierdzono duże rozbieżności i wahania wartości stężeń analizowanych wskaźników. W wyniku przeprowadzonej analizy w odniesieniu do zawiesiny ogólnej stwierdzono, że średnia wartość tego wskaźnika w okresie badań wyniosła $234,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$. Minimalne stężenie tego parametru wyniosło $84,0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$, a maksymalne $580 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$. Różnica pomiędzy wartością minimalną a maksymalną wynosi $496,0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$. O dużych wahaniami zawiesiny ogólnej w ściekach surowych świadczy również wartość współczynnika zmienności $W_z = 0,54$. Analizując kolejne dwa wskaźniki zanieczyszczeń ścieków surowych BZT₅ i ChZT, podobnie jak w poprzednim przypadku, stwierdzono duże wahania ich wartości w analizowanym okresie. W przypadku parametru BZT₅ średnia jego wartość wyniosła $238,3 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$, natomiast wartości minimalne i maksymalne wynosiły odpowiednio $76,0$ i $457,0 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$. Różnica pomiędzy wartością minimalną a maksymalną wyniosła $381,0 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$. Dla wartości BZT₅ obliczona wartość współczynnika zmienności wyniosła $W_z = 0,37$. W odniesieniu do wartości trzeciego z analizowanych wskaźników, jakim jest ChZT, stwierdzono, że wartość średnia tego parametru wyniosła $581,7 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$, a wartości minimalna i maksymalna wynosiły odpowiednio $254,0$ i $894,0 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$, zatem różnica pomiędzy nimi wyniosła $640,0 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$. Z trzech analizowanych wskaźników wartość współczynnika zmienności była najmniejsza i wyniosła $W_z = 0,30$. Charakterystyczne wartości analizowanych wskaźników zanieczyszczeń przedstawiono w tab. 1.

W analizowanym systemie kanalizacyjnym oprócz badań dotyczących jakości ścieków określono również ilość oraz zakres zmienności ilości dopływających ścieków do

Tabela 1. Charakterystyki statystyczne wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych
Table 1. Statistical characteristics of concentration indicators of pollution in raw wastewater

Parametry Parameters	Statystyka – Statistics					Współczynnik zmienności Coefficient of variation
	Średnia Average $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	Mediana Median $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	Min. Min. $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	Maks. Max. $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	Odchylenie standardowe Deviation stand. $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	
Zawiesina ogólna Total suspension	234,2	204	84	580	126,7	0,54
BZT ₅ BOD ₅	238,3	248	76	457	88,2	0,37
ChZT COD	581,7	587	254	894	172,8	0,30

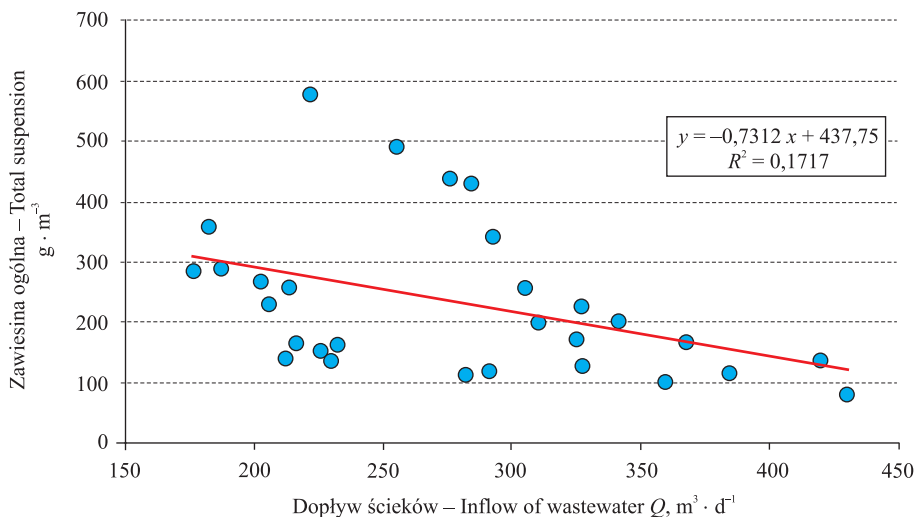
oczyszczalni. W okresie 6 lat badań średnia dobowa ilość dopływających ścieków wyniosła 278,4 m³. Natomiast od początku okresu użytkowania systemu kanalizacyjnego przez mieszkańców odnotowano duże wahania ilości ścieków dopływających. W badanym okresie minimalna ilość ścieków dopływających wyniosła 176,0 m³ · d⁻¹, natomiast maksymalna 430,0 m³ · d⁻¹. Różnica pomiędzy wartością minimalną a maksymalną wyniosła zatem 254 m³ · d⁻¹. Analizowany system kanalizacyjny doprowadza ścieki do oczyszczalni o projektowanej przepustowości średniej dobowej wynoszącej 350 m³ · d⁻¹. Systemem kanalizacyjnym odprowadzane są ścieki bytowe od ok. 1300 mieszkańców. Zakładając, wg aktualnie obowiązujących wytycznych do projektowania sieci kanalizacyjnych, że odpływ jednostkowy ścieków wynosi 140÷150 dm³ od mieszkańca w ciągu doby, to ilość ścieków bytowych dopływających do przedmiotowej oczyszczalni powinna oscylować w granicach 200 m³ · d⁻¹. Większa ilość średnia dobowa ścieków dopływających od podanej wartości świadczy o dopływach do sytemu kanalizacyjnego dodatkowo wód obcych, czyli infiltracyjnych i przypadkowych. Jak wspomniano we wstępie, zwiększona ilość dopływających ścieków o wody obce ma negatywne oddziaływanie na funkcjonowanie oczyszczalni ścieków w aspekcie ekonomicznym oraz technologicznym. W dalszym etapie pracy przeprowadzono analizę wpływu ilości ścieków dopływających do oczyszczalni na wartości i stężenia analizowanych wskaźników w nich zawartych. Średnią dobową ilość ścieków dopływających w badanych dobach przedstawiono na ryc. 1.



Ryc. 1. Ilość ścieków dopływających do oczyszczalni
Fig. 1. Quantity inflow of wastewater in treatment plant

W odniesieniu do pierwszego z analizowanych wskaźników, jakim jest zawiesina ogólna, stwierdzono, że korelacja pomiędzy ilością ścieków w kanalizacji a stężeniem tego parametru w ściekach wynosi $r_{xy} = -0,41$. Wg przyjętej skali Stanisza [1998] określa się ten poziom korelacji jako przeciętny. W analizowanym przypadku korelacja jest istotna statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$, a wartość testu wyniosła $t = 0,02542$.

Z równania opisującego linię regresji przedstawionej na ryc. 2 można stwierdzić, że wraz ze wzrostem ilości ścieków dopływających do oczyszczalni o 1 m^3 maleje stężenie zawiesiny ogólnej o $0,73 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$. Jak już wcześniej wspomniano, ilość ścieków wyłącznie bytowych płynących systemem kanalizacyjnym wynosi około $200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ i w czasie takiego dopływu stężenie zawiesiny ogólnej oscyluje w granicach $290 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$. Zwiększenie dopływu o 50%, tj. do ilości $300 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, skutkuje zmniejszeniem stężenia tego parametru do poziomu $220 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ natomiast zwiększenie dopływu ścieków o 100% do poziomu $400 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ powoduje zmniejszenie stężenia zawiesiny ogólnej do poziomu $150 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$.

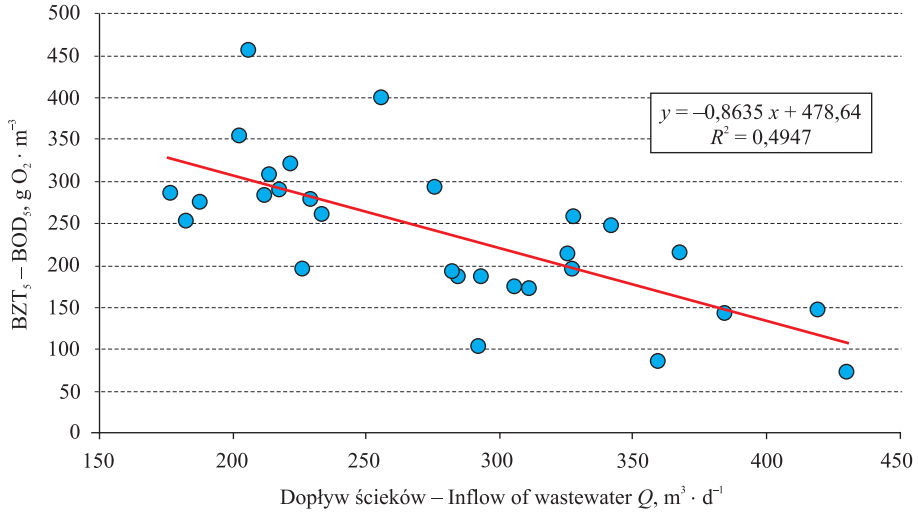


Ryc. 2. Zależność stężenia zawiesiny ogólnej w ściekach surowych od ilości ścieków w kanalizacji

Fig. 2. Relationship of concentration of total suspension in raw wastewater from the quantity of wastewater in sewers

W przypadku kolejnego wskaźnika jakim jest BZT_5 stwierdzono, że wartość współczynnika korelacji opisującego zależność pomiędzy ilością ścieków w kanalizacji a wielkością tego parametru w ściekach surowych wyniosła $r_{xy} = -0,70$. Korelacja na tym poziomie wg przyjętej skali jest określona jako bardzo wysoka. Zależność korelacyjna w analizowanym przypadku jest istotna statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$, a wartość testu t-Studenta wyniosła 0,00001. Z równania opisującego linię regresji przedstawionej na ryc. 2 można stwierdzić, że wraz ze wzrostem o 1 m^3 ilości ścieków dopływających do oczyszczalni wartość BZT_5 maleje o $0,86 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$. W okresie, gdy do systemu kanalizacyjnego doprowadzane są tylko ścieki bytowe, a średni dobowy dopływ oscyluje w granicach 200 m^3 , wartość BZT_5 wynosi ok. $310 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$. Przy dopływie zwiększonym o 50%, tj. do poziomu $300 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, wartość tego parametru w ściekach surowych obniża się do poziomu $240 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$, a przy dopływie większym o 100%, czyli w granicach $400 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, wartość BZT_5 ulega dalszemu obniżeniu do poziomu $130 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$.

Analizując drugi parametr z grupy wskaźników tlenowych, tj. ChZT, stwierdzono, że zależność pomiędzy ilością ścieków a wielkością tego parametru w ściekach surowych

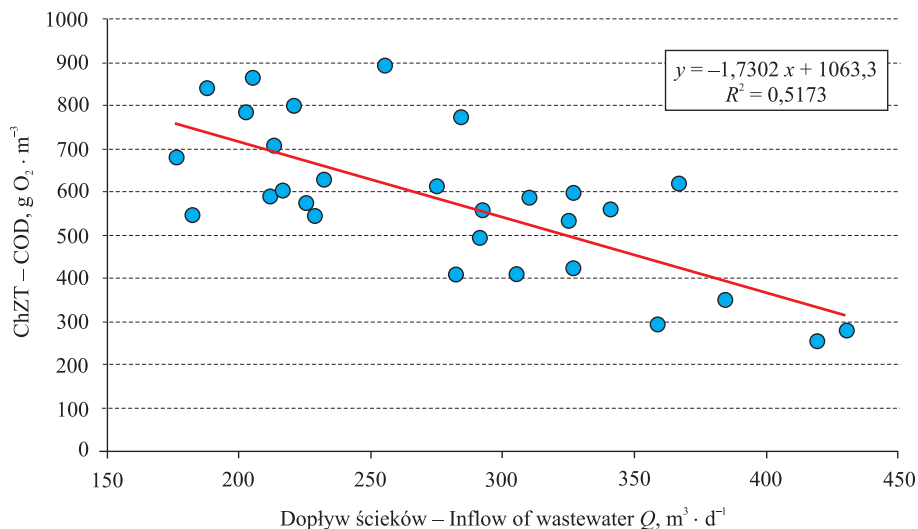


Ryc. 3. Zależność wartości BZT_5 w ściekach surowych od ilości ścieków w kanalizacji

Fig. 3. Relationship of concentration of BOD_5 in raw wastewater from the quantity wastewater in sewers

jest na podobnym poziomie, jak w przypadku poprzednio analizowanego wskaźnika i wynosi $r_{xy} = -0,72$. Zatem korelacja na tym poziomie określana jest jako bardzo wysoka. Zależność korelacyjna dwóch zmiennych jest istotna statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$, a wartość testu t-Studenta wyniosła 0,00001. Na podstawie równania opisującego linię regresji przedstawionej na ryc. 3 stwierdzono, że wartość ChZT maleje o $1,73 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$ wraz z wzrostem ilości ścieków w kanalizacji o $1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Przy dopływie ścieków w okresie bez udziału wód przypadkowych i infiltracyjnych na poziomie $200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ wartość ChZT wynosiła około $720 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$, natomiast przy dopływie zwiększonym o 50% do poziomu $300 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ wartość tego parametru kształtowała się na poziomie $550 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$, a w okresie zwiększonego dopływu ścieków do poziomu $400 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, czyli zwiększonego o 100%, wartość ChZT wynosiła ok. $370 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$.

W wyniku przeprowadzonej analizy dotyczącej wpływu wód opadowych i infiltracyjnych na stężenia zanieczyszczeń w ściekach dopływających do oczyszczalni widoczna jest duża zależność korelacyjna między stężeniem związków organicznych, wyrażonych wskaźnikami BZT_5 i ChZT , a natężeniem ilości ścieków płynących w kanalizacji. W mniejszym stopniu związek ten jest widoczny w odniesieniu do zawiesiny ogólnej. Charakterystyczne wyniki korelacji przedstawiono w tab. 2. Przeprowadzona analiza potwierdza tezę o tym, że wprowadzanie wód deszczowych i infiltracyjnych do systemu kanalizacji bytowej powoduje zjawisko „rozcieńczenia ścieków”, czyli zmniejszania stężenia zanieczyszczeń. Zjawisko to, jak wspomniano we wstępie, skutkuje większymi kosztami eksploatacyjnymi oczyszczania oraz niestabilnością procesów w reaktorze biologicznym. Aby zapobiec temu zjawisku, należy na terenie analizowanego systemu kanalizacyjnego prowadzić kontrole wykrywania nielegalnych podłączeń rynien dachowych do kanalizacji oraz, a może przede wszystkim, należy przeprowadzić cykl szkoleń edukacyjnych dla mieszkańców odnośnie do sposobu i kultury użytkowania urządzeń sanitarnych.



Ryc. 4. Zależność wartości ChZT w ściekach surowych od ilości ścieków w kanalizacji
 Fig. 4. Relationship of concentration of COD in raw wastewater from the quantity wastewater in sewers

Tabela 2. Zestawienie wyników analizy korelacji wpływu ilości ścieków na stężenie wybranych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych
 Table 2. Compare of results of the correlation analysis the impact of the amount of wastewater at concentrations of selected indicators of contamination in raw wastewater

Statystyka Statistics	Liczebność grupy Number of group	Współczynnik korelacji Pearsona – Correlation coefficient of Pearson's	Współczynnik determinacji Coefficient of determination	Odchylenie standardowe Standard deviation	Średnia arytmetyczna Arithmetic average	Wartość statystyki t Value of t statistics	Wartość testu t na poziomie $\alpha = 0,05$ Test value at $\alpha = 0,05$
Korelacja – Correlation	<i>N</i>	<i>r_{x,y}</i>	<i>R</i> ²	<i>S</i>	<i>SR</i>	<i>t</i>	<i>tα</i>
Zawiesina ogólna Total suspension	29	-0,41	0,172	126,7	234,2	-2,36	0,02542
Ilość ścieków Volume of wastewater				71,8	278,4		
BZT ₅ – BOD ₅	29	-0,70	0,495	88,2	238,3	-5,14	0,00001
Ilość ścieków Volume of wastewater				71,8	278,4		
ChZT – COD	29	-0,72	0,517	172,8	581,7	-5,38	0,00001
Ilość ścieków Volume of wastewater				71,8	278,4		

WNIOSKI

1. W przypadku analizowanych wskaźników zanieczyszczeń: zawiesina ogólna, BZT₅ i ChZT stwierdzono, że wraz ze wzrostem ilości ścieków w kanalizacji zmniejsza się ich stężenie i wartości w ściekach dopływających do oczyszczalni.
2. Zależność korelacyjna określająca wpływ ilości ścieków na wartości BZT₅ i ChZT w ściekach surowych jest na poziomie bardzo wysokim, natomiast w przypadku zawiesiny ogólnej jest na poziomie przeciętnym.
3. W badanym systemie kanalizacyjnym stwierdzono duże wahania zarówno średniej dobowej ilości ścieków w kanalizacji, jak też stężeń zanieczyszczeń w nich zawartych, co przekłada się na zwiększone koszty oczyszczania oraz powoduje niestabilność procesów biologicznych zachodzących w reaktorze biologicznym.
4. Na podstawie przeprowadzonej analizy potwierdzono tezę, że dopływ wód obcych, definiowanych jako suma wód przypadkowych i infiltracyjnych, powoduje rozcieńczenie ścieków dopływających systemem kanalizacyjnym do oczyszczalni.

PIŚMIENNICTWO

- Andraka, D. (2007). Risk analysis at designing the wastewater treatment plants. *Pol. J. Environ. Stud.*, 16(2A), 823–825.
- Arnold, E., Bohm, B., Wilderem, P.A. (2000). Application of activated sludge and biofilm sequencing bath reactor technology to treat reject water from sludge dewatering systems: a comparison. *Water Sci. Technol.*, 41(1), 115–122.
- Barnard, J. L. (2000). Projektowanie oczyszczalni z osadem czynnym usuwających związki biogenne. Materiały seminarium szkoleniowego „Filozofia projektowania a eksploatacja oczyszczalni ścieków” LEM PROJEKT s.c. Kraków, 13–69.
- Barnard, J. L., Oleszkiewicz, J. A. (2000). Charakterystyka ścieków i przykłady jej wpływu na wielkość komory osadu czynnego. Materiały seminarium szkoleniowego „Filozofia projektowania a eksploatacja oczyszczalni ścieków” LEM PROJEKT s.c. Kraków, 239–247.
- Jeongsik, K., Chulhwan, P., Tak-Hyun, K., Myunggu, L., Sangyong, K., Seung-Wook, K., Jinwon, L. (2003). Effects of various pretreatments for enhanced anaerobic digestion with waste activated sludge. *J. Biosci. Bioengin.*, 95(3), 271–275.
- Jóźwiakowski, K., Pytka, A., Marzec, M., Gizińska, M., Dąbek, J., Głaz, B., Sławińska, A. (2012). Rozwój infrastruktury wodno-ściekowej w województwie lubelskim w latach 2000–2011. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.*, 3(1), 73–86.
- Kaczor, G. (2012). Oddziaływanie wód przypadkowych na stężenie związków biogenych w ściekach surowych i oczyszczonych podczas pogody mokrej. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.*, 4(3), 179–191.
- Kaczor, G., Bergel, T., Bugajski, P. (2015). Impact of extraneous waters on the proportion of sewage pollution indices regarding its biological treatment. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.*, 4 (3), 1251–1260.
- Krzanowski, S., Wałęga, A. (2006). Wykorzystanie teorii niezawodności i statystycznej kontroli jakości do oceny eksploatacyjnej wiejskich oczyszczalni ścieków. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.*, 3(2), 17–37.
- Obarska-Pempkowiak, H., KołECKA, K., Gajewska, M., Wojciechowska, E., Ostojcki, A. (2015). Zrównoważone gospodarowanie ściekami na przykładzie obszarów wiejskich. *Rocz. Ochr. Środ.*, 17, 585–602.
- Pawełek, J. (2015). Water management in Poland in view of water supply and sewage disposal infrastructure development. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.*, 2(2), 367–376.

- Pecher, R. (1999). Fremdwasseranfall im Kanalnetz – ein wasserwirtschaftliches Problem? Korrespondenz Abwasser, 12(45), 2250–2258.
- Pluta, K., Mrowiec, M. (2015). Analiza oddziaływania systemów kanalizacyjnych na odbiornik. Inż. Ekol., 45, 183–194.
- PN EN 1899–1:2002. PN EN 1899–2:2002. Jakość wody. Oznaczanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu po n dniach (BZTn). Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa.
- PN-ISO 15705:2005 Jakość wody. Oznaczanie indeksu chemicznego zapotrzebowania tlenu (SP-ChZT). Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa.
- PN-EN 872:2007 + Ap1:2007. Jakość wody. Oznaczanie zawiesin. Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa.
- Stanisz, A. (1998). Przystępny kurs statystyki. T. 1. Wydawnictwo StatSoft Polska Sp. z o.o. Kraków.

INFLUENCE OF THE SIZE OF FLOW OF RAINWATER ON THE COMPOSITION OF RAW WASTEWATER IN SMALL SEWER SYSTEM

Abstract. The paper describes the effect of the amount of wastewater flowing in a small sewer system to changes in the concentration of pollution indicators: Total suspension, BOD₅ and COD. In order to determine the dependence described were used statistical analysis of Pearson's correlation. In the 6 year study period from 2009 to 2014 were collected and analyzed 31 samples of raw wastewater. Determine the correlation based on the rejection of outliers based on the analysis of residues and the calculated distance Cook's included 29 results wastewater analysis. The analysis showed that along with the increasing amount of waste water in the sewer decrease the concentration of pollutants in raw wastewater. In the case of BOD₅, it was found that the increase in influent about 1 m³ to decrease the value of this parameter by 0.86 g O₂ · m⁻³. In the case of COD with the quantity of sewage in the sewer 1 m³ of this ratio decreases by 1.73 g O₂ · m⁻³. In relation to the concentration of total suspension it found that the increase in the amount of sewage flowing into the sewage system reduces the concentration of total suspension of 0.73 g · m⁻³.

Key words: wastewater, quantity and composition of wastewater, correlation, inflow water

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 15.06.2015

Do cytowań – For citation: Bugajski, P., Chmielowski, K., Kaczor, G. (2016). Wpływ wielkości dopływu wód opadowych na skład ścieków surowych w małym systemie kanalizacyjnym. Acta. Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 15(2), 3–11.