

*Piotr Bugajski*

## **DYNAMIKA DOPIYU ŚCIEKÓW DO OCZYSZCZALNI W GŁOGOWIE MAŁOPOLSKIM**

### ***DYNAMICS FLOW TO SEWAGE TREATMENT PLANT IN GŁOGÓW MAŁOPOLSKI***

#### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono ilość dopływających ścieków oraz częstość występowania charakterystycznych dopływów ścieków do oczyszczalni w Głogowie Małopolskim. Okres badań objął trzy lata 2003–2005. W okresie tym pomiarem objęto dzienne dopływy ścieków. Na podstawie zarejestrowanych dopływów określono ilość dopływających ścieków w poszczególnych dniach tygodnia. W roku 2003 dopływ ścieków w kolejnych dniach tygodnia był równomierny, to znaczy w żadnym z dni tygodnia dopływ ścieków był na wyraźnie wyższym lub niższym poziomie. W analizowanym roku dopływy wahały się od  $626,9 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  do  $703,1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Dopływ średni wyniósł  $657,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . W kolejnym roku 2004 odnotowano znaczny wzrost dopływających ścieków o ponad 100% w stosunku do roku 2003. Wzrost ten spowodowany był rozbudową sieci kanalizacyjnej oraz podłączeniem kolejnych gospodarstw do kolektorów kanalizacyjnych. W roku 2004 również nie odnotowano dużych wahań dopływu ścieków w poszczególnych dniach tygodnia. Średni dopływ wyniósł w tym okresie  $1317,2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Większą nierównomierność dopływu ścieków odnotowano w roku 2005. Najmniej ścieków dopływało w środy –  $1348,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , natomiast największy w niedziele –  $1548,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Średni dopływ był wyższy w roku 2005 w porównaniu z rokiem poprzednim o blisko 13% i wyniósł  $1485,4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Kolejnym etapem analizy wyników było określenie częstości występowania określonych dopływów ścieków i prawdopodobieństwa ich pojawiania się. Z przedstawionej analizy częstości dopływów wynika, że najczęściej pojawiające się dopływy ścieków mieszczą się w przedziałach  $1100 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  a  $1200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  oraz pomiędzy  $1200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  a  $1300 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Prawdopodobieństwo odczytane z dystrybuanty empirycznej pojawienia się dopływu w tych

granicach wraz z wyższymi wynosi około 50%. W przedmiotowej oczyszczalni ścieków zdarzały się incydentalnie dopływy ścieków znacznie przekraczające dopływy średnie. Wynosiły one ponad 2700 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>. Jednak prawdopodobieństwo pojawienia się tak wysokich dopływów jest minimalne (0,1%).

**Słowa kluczowe:** ilość ścieków, nierównomierność dopływu ścieków

### **Summary**

*In a article presented amount in flow sewage and frequency occur of characteristic in flow sewage to sewage treatment plant in Głogów Malopolski. The period of research took there years 2003–2005.*

*In this time was measure days in flow sewage. On the basis of register in flow described amount in flow sewage in selected days of week. In 2003 supply sewage in days week was even, this is non of days in flow of sewage was bigger or lower content. In analysis year in flow was from 626,9 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup> to 703,1 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>. Middle in flow was 657,3 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>. In next year 2004 keep a recorded considerable growth in flow sewage on over 100% with relation to year 2003.*

*This growth cause was extending sewage system and connected next households to sewage system. In 2004 year also non of big of difference in flow sewage in selected days of week. Middle in flow in this time was 1317,2 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>. Bigger unevenness in flow wrote down in 2005 year. The smaller sewage in flow in wednesdays – 1348,3 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>, however the biggest in sundays – 1548,6 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>. Middle in flow was bigger in 2005 year them previous year almost 13% and was 1485,4 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>.*

*For need exploitation and if need be modernization sewage-system very important is indicate frequency of appearance specific flow to sewer and probability of appear. Analysis of frequency of appearance is very useful statistic of estimate for interpretation measurement of result. Especially as measure is irregular.*

*In article so that frequency of appearance specific flow to sewer and foresee probability of appear drew up histogram (Fig. 2). On histogram can be read frequency of appearance concrete flow to and probability of appear with higher values. The number class arrange on 29 and class span-range arrange on 100.*

*Next stage analysis was qualification of frequency occur specifics in flows and probability theirs appear. From present analysis of frequency is result that the most often appears in flow are between 1100 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup> – 1200 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup> and between 1200 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup> – 1300 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>. Probability of result from empirical curve occur in flow in this limit is about 50%. In sewage treatment plant happened incident in flow of sewage of crossing middle in flows. Take was over 2700 m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>. However probability occur this big in flows is minimal.*

**Key words:** amount sewage, irregular flow to sewage

## **WSTĘP**

Obecnie w Polsce projektując lub modernizując sieć kanalizacyjną przyjmuje się ilość odpływających ścieków z gospodarstw domowych na podstawie ilości zużywanej wody przez mieszkańców. Niestety, często zamiast przyjmować faktyczną ilość zużywanej wody projektanci w większości przypadków przyjmują ilość wody zakładaną w projekcie. Przyjmowanie najczęściej 150 dm<sup>3</sup> zużywanej wody przez mieszkańca w ciągu doby jest ilością zbyt dużą, co wskazują doniesienia autorów zajmujących się gospodarką wodno-ściekową [Bugajski, Kaczor 2005; Chotkowski, Lis 2006; Kluba 2006]. Szczególnie duże różnice pomiędzy wartością projektowaną a ilością wody faktycznie zużywaną odnosi się do terenów wiejskich, gdzie ludność nie jest przyzwyczajona do „rozrzutnego” korzystania z wody. Nawyki związane z oszczędnością, braki pełnego wyposażenia budynków w instalację wodno-kanalizacyjną są głównymi przyczynami niskiego poboru wody przez mieszkańców. Dodatkowymi czynnikami wpływającymi na zmniejszenie ilości zużywanej wody w Polsce w ostatnich latach to jej stale rosnąca cena, montaż wodomierzy oraz instalacja urządzeń wodooszczędnych w mieszkaniach (pralki, zmywarki do naczyń, toalety). Przewymiarowanie sieci kanalizacyjnych skutkuje przede wszystkim zbyt małą ilością ścieków dopływających na oczyszczalnię. W ten sposób wiele oczyszczalni ścieków na terenach wiejskich jest niedociążona hydraulicznie. Eksploatatorzy tych obiektów często wyrażają opinię o „braku ścieków dopływających do oczyszczalni”. Brak odpowiedniej ilości ścieków może wpływać na zakłócenia pracy oczyszczalni. Procesy zachodzące w oczyszczalniach ścieków, aby były skuteczne, muszą zachodzić przy odpowiedniej dawce ścieków oraz odpowiedniej ilości zanieczyszczeń w nich zawartych.

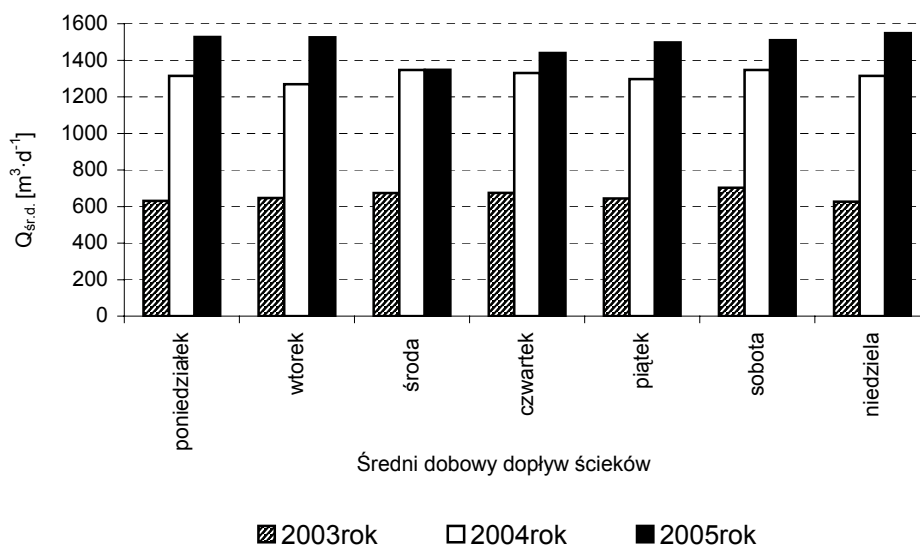
## **CEL PRACY ORAZ ZAKRES BADAŃ**

Celem badań było określenie objętości oraz nierównomierności dopływających ścieków w okresie 2003 do 2005 roku. Obiektem, do którego dopływają ścieki to zbiorcza oczyszczalnia ścieków w Głogowie Małopolskim odbierająca ścieki z 1985 gospodarstw domowych.

W artykule przeanalizowano dopływy w poszczególnych dniach tygodnia w ciągu trzech lat. W roku 2004 ilość dopływających ścieków znacznie się zwiększyła z powodu rozbudowy i podłączenia kolejnych mieszkańców do sieci kanalizacyjnej. Na bazie wyników badań przeprowadzono obliczenia statystyczne, pozwalające na określenie częstości występowania określonych dopływów ścieków oraz prawdopodobieństwa ich wystąpienia.

## ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Na rysunku 1 przedstawiono dopływy ścieków w poszczególnych dniach tygodnia w latach 2003–2005. Średni dopływ do oczyszczalni w roku 2003 wyniósł  $657,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Nie odnotowano dużych wahań dopływów ścieków w poszczególnych dniach tygodnia do oczyszczalni w 2003. Dopływy w tym okresie wahały się od  $626,9 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  w niedzielę do  $703,1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  w sobotę. Średni dopływ ścieków do przedmiotowej oczyszczalni ścieków w analizowanym roku wyniósł  $657,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . W kolejnym roku 2004 odnotowano znaczny wzrost dopływających ścieków, który wyniósł ponad 100% w stosunku do roku 2003. Wzrost ten



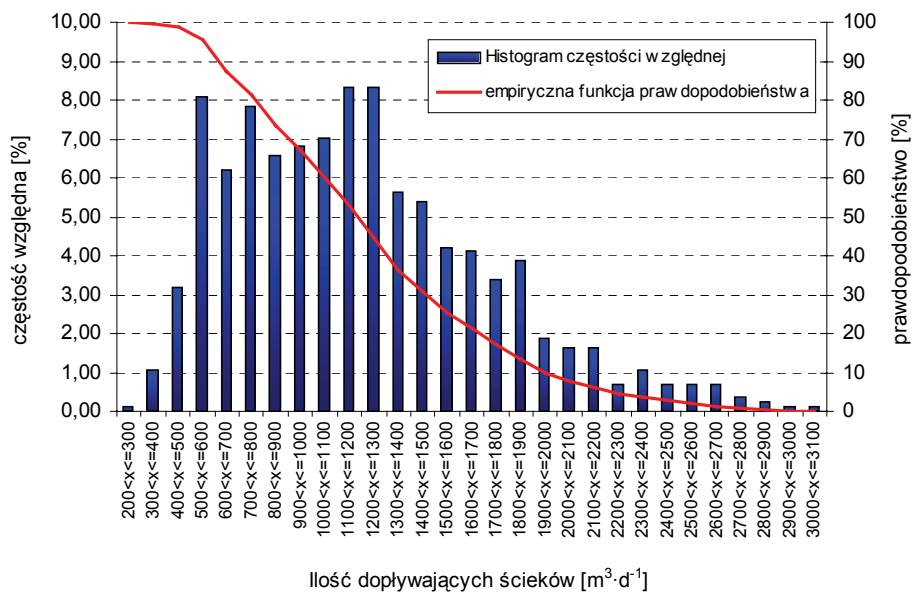
**Rysunek 1.** Ilość dopływających ścieków w poszczególnych dniach tygodnia w wieloleciu 2003-2005

**Figure 1.** Volume of sewage flowing in individuals week days in 2003 - 2005 years

spowodowany jest podłączeniem do sieci kanalizacyjnej kolejnych gospodarstw domowych. Również w tym okresie nie odnotowano znaczących wahań dopływów średnio-dobowych w poszczególnych dniach tygodnia. Ilości dopływających ścieków do oczyszczalni mieściły się w granicach od  $1269,1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  we wtorki do  $1347,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  w środy. Średni dopływ ścieków w roku 2004 wyniósł  $1317,2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Kolejny rok 2005 przyniósł ponownie wzrost dopływających ścieków w porównaniu do roku 2004 o około 13%. Był to niewielki przyrost dopływających ścieków w porównaniu z okresem poprzednim. Obecnie dopływy

do oczyszczalni kształtuje się na średnim poziomie, tak jak w roku 2005, czyli dopływa około  $14500 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . W roku 2005 odnotowano nierównomierność dopływających ścieków do oczyszczalni w porównaniu z latami 2003 i 2004. Najmniejszy średni dopływ był w środy i wyniósł  $1348,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , natomiast największy w niedzielę i wyniósł  $1548,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Różnica pomiędzy dopływami minimalnymi a maksymalnymi w poszczególnych dniach tygodnia wyniosła ponad  $200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ .

Dla potrzeb eksploatacji, a także ewentualnej modernizacji systemów odprowadzania i oczyszczania ścieków, istotne jest określenie częstości występowania określonych dopływów ścieków i prawdopodobieństwa ich pojawiania się [Henze et. al. 2000; Poradnik eksploatatora... 1997]. Analiza częstości występowania jest bardzo przydatnym narzędziem statystycznym dla interpretacji wyników pomiarowych, wykonywanych zarówno regularnie jak i nieregularnie [Kaczor 2000]. Aby określić częstość pojawienia się danego dopływu oraz przewidzieć prawdopodobieństwo jego pojawienia się sporządzono histogram (rys. 2). Na histogramie można odczytać częstość pojawienia się konkretnego



**Rysunek 2.** Histogram częstości względnej występowania ilości dopływających ścieków w poszczególnych przedziałach wraz z empiryczną funkcją prawdopodobieństwa przewyższenia

**Figure 2.** Histogram relative frequency to occur amount of sewage in individuals ranges with empirical function probability outstrip

przepływu oraz prawdopodobieństwo jego wystąpienia wraz w wartościami wyższymi. Liczbę klas ustalono na 29, a rozpiętość przedziału klasowego ustalono na  $100Q_{sr.d}$ . Po ustaleniu granic klas zliczono poszczególne wartości znajdujące się w przedziałach poszczególnych klas. W wyniku otrzymano szereg, w którym do danego przedziału przypisano ilość obserwacji, zwaną liczebnością klasy. Z przedstawionego rysunku 2 wynika, że najczęściej pojawiające się dopływy ścieków mieszczą się w przedziałach  $1100 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  a  $1200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  oraz pomiędzy  $1200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  a  $1300 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Prawdopodobieństwo odczytane z empirycznej funkcji prawdopodobieństwa pojawienia się dopływu w tych granicach wynosi około 50%. Na podobnym poziomie (blisko 8%) występowały dopływy w przedziałach od  $500 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  do  $600 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  oraz od  $700 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  do  $800 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Przedstawiony histogram jest wykonany dla dopływów, które wystąpiły w okresie badawczym 2003–2005, natomiast przyjmując inny okres badawczy, należy wraz ze zmieniającymi się dopływami ścieków histogram zmodyfikować w odniesieniu do nowych ilości dopływających ścieków.

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy dynamiki dopływających ścieków do oczyszczalni w Głogowie Małopolskim latach 2003–2005 sformułowano następujące wnioski i spostrzeżenia:

1. Średni dopływ ścieków do oczyszczalni w roku 2003 wyniósł  $657,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , w roku 2004 dopływało średnio  $1317,2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , a w roku 2005  $1485,4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . W roku 2004 odnotowano ponad 100% większy dopływ w porównaniu do roku 2003, natomiast w roku 2005 wzrost ten wyniósł około 13%. Wzrost ilości dopływających ścieków związany jest z rozbudową sieci kanalizacyjnej oraz podłączaniem kolejnych gospodarstw.

2. W roku 2003 i 2004 nie odnotowano dużej nierównomierności dopływu ścieków w poszczególnych dniach tygodnia. W roku 2003 wahania dopływów ścieków były nieznaczne i wyniosły od  $626,9 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  do  $703,1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . W roku 2004 dopływ ścieków wahał się w granicach od  $1269,1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  do  $1347,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . W roku 2005 odnotowano zwiększoną nierównomierność dopływu na poziomie blisko  $200 \text{ m}^3$  pomiędzy dopływem w  $1348,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  (środy) i  $1548,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  (niedziele).

3. Najczęściej pojawiające się dopływy ścieków mieszczą się w przedziałach  $1100 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  a  $1200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  oraz pomiędzy  $1200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  a  $1300 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Prawdopodobieństwo odczytane z dystrybuanty empirycznej pojawienia się dopływu w tych granicach wynosi około 50%.

4. W przedmiotowej oczyszczalni ścieków zdarzały się incydentalnie dopływy ścieków znacznie przekraczające dopływy średnie. Wynosiły one ponad  $2700 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Prawdopodobnie były one wynikiem dopływu wód infiltracyjnych

i przypadkowych w okresie dużych opadów atmosferycznych oraz roztopów wiosennych. Jednak tak wysokie dopływy zdarzyły się w około 0,8% przypadków.

## BIBLIOGRAFIA

- Bugajski P., Kaczor G. *Struktura zużycia zimnej i ciepłej wody w gospodarstwie jednorodzinym*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 2/2005. PAN o/Kraków, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, 2005, s. 17–26.
- Chotkowski W., Lis G. *Krótkoterminowe prognozowanie dopływu ścieków do oczyszczalni na podstawie ilości zużywanej wody*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 5/2006. Warszawa 2006, s. 13–18.
- Henze M., Harremoës P., Jansen J., Arvin E. *Wastewater Treatment. Biological and Chemical Processes*. Springer Verlag. London–Paris–Tokyo 2000.
- Kaczor G. *Analiza dynamiki dopływu ścieków z wiejskich systemów kanalizacyjnych*. Rozprawa doktorska opracowana w Katedrze Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji Akademii Rolniczej w Krakowie 2000, maszynopis.
- Kluba P. *Analiza zużycia wody w wodociągu grupowym w gminie Drwinia*. Praca Inżynierska wykonana w Katedrze Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji, 2006, maszynopis.
- Pawełek J., Kaczor G., Bergel T. *Zagadnienia ilościowo-jakościowe ścieków bytowych odprowadzanych wiejskimi systemami kanalizacyjnymi*. Ogólnopolska konferencja Naukowo-Techniczna pt. „Kanalizacja wsi – stan obecny, perspektywy rozwoju”. Poznań–Puszczykowo, luty 2004 r., s 1–24.
- Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*. Praca zbiorowa. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział w Poznaniu, 1997.

Dr inż. Piotr Bugajski

Katedra Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji  
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji  
Akademia Rolnicza w Krakowie  
Al. Mickiewicza 24/28  
30-059 Kraków  
tel. (012) 632-57-88  
pbugajsk@ar.krakow.pl

Recenzent: Prof. dr hab. Stanisław Węglarczyk