

ANALIZA OBCIĄŻENIA HYDRAULICZNEGO WYBRANYCH OCZYSZCZALNI POWIATU JASIELSKIEGO

Dariusz Młyński¹, Krzysztof Chmielowski¹

¹ Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, e-mail: dariusz.mlynski@gmail.com, k.chmielowski@ur.krakow.pl

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono analizę obciążenia hydraulicznego wybranych oczyszczalni powiatu jasielskiego: w Przysiekach, Kołaczycach oraz Szebniach. Badania przeprowadzono w oparciu o rejestry dobowe objętości ścieków, dopływających do oczyszczalni, w latach 2011–2014. Wyznaczono średnie dobowe objętości ścieków dopływających, określono wielkości maksymalnych współczynników nierównomierności dobowej dopływu ścieków, określono kształtowanie się wielkości dopływu ścieków w poszczególnych miesiącach oraz wyznaczono przedziały klasowe w których najczęściej pojawiały się poszczególne wielkości dopływów. Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że badane oczyszczalnie pracują w warunkach niedociążenia hydraulicznego. Ponadto stwierdzono, znaczną nierównomierność ilości ścieków, dopływających do obiektów w Przysiekach oraz Szebniach. Dodatkowo zauważono, że największe dopływy ścieków, do analizowanych oczyszczalni, wystąpiły w okresie wczesnowiosennym oraz letnim. Najczęściej pojawiającym się dopływem ścieków do oczyszczalni w Przysiekach był dopływ z przedziału od 320 do 480 m³·d⁻¹, dla oczyszczalni w Kołaczycach z przedziału od 290 do 320 m³·d⁻¹, a dla obiektu w Szebniach z przedziału od 120 do 240 m³·d⁻¹.

Słowa kluczowe: ścieki, oczyszczalnia, obciążenie hydrauliczne

ANALYSIS OF HYDRAULIC LOAD OF SELECTED WASTEWATER TREATMENT PLANT IN JASŁO COUNTY

ABSTRACT

The paper presents the analysis of hydraulic load in selected wastewater treatment plants (WTP) in Jasło County: in Przysieki, Kołaczyce and Szebnie. The study was based on the records of daily sewage volume entering the treatment plants within a multi-year period of 2011–2014. The analysis took into account the average daily amount of incoming sewage, the maximum daily peaking factor for the incoming sewage, changes in the sewage volume depending on specific month and the intervals with the greatest frequency of occurrence were designated. The analysis revealed that investigated wastewater treatment plants were hydraulically underloaded. Moreover, it significant variables of the amount of inflowing sewage were observed. The sewage admission was the largest in spring and summer periods. Sewage volume interval most often occurring at the WTP in Przysieki was the one between 320 and 480 m³·d⁻¹.

Keywords: sewages, wastewater treatment plant, hydraulic load.

WSTĘP

Rozbudowa wiejskich sieci wodociągowych oraz budynków wyposażonych w pełną instalację wodociągowo-kanalizacyjną przyczyniły się do istotnego zwiększenia, na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci, ilości ścieków bytowych [Bugajski i Kaczor 2005; Bugajski i Bergel 2009]. Zwiększona ilość ścieków dopływają-

cych do oczyszczalni może być spowodowana również przez mechaniczne uszkodzenia przewodów kanalizacyjnych, lub ich nieszczelności, powodujące dopływ wód infiltracyjnych [Kaczor i Pawełek 1999, Kaczor i Przebinda 2009]. Konsekwencją tego może być przeciążenie hydrauliczne, prowadzące do obniżenia sprawności pracy urządzeń ciągu technologicznego oczyszczalni [Kaczor 2011].

Z drugiej strony istotnym problem, z którym obecnie zmagają się eksploatatorzy oczyszczalni, jest niedociążenie hydrauliczne takich obiektów. Obecnie w Polsce do projektowania lub modernizacji sieci kanalizacyjnej czy też oczyszczalni ścieków, wykorzystuje się informacje dotyczące ilości wody zużywanej przez mieszkańców. Należy stwierdzić, że przyjmowana przez projektantów jednostkowa ilość zużywanej wody ($150 \text{ dm}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{M}^{-1}$) jest zbyt duża, w odniesieniu do rzeczywistego jej zużycia [Bergel i Kaczor 2007]. Różnice te są szczególnie zauważalne na obszarach wiejskich, gdzie mieszkańcy wykazują nawyki oszczędnego gospodarowania wodą. Wynika to głównie z ciągle wzrastających cen za wodę, montażu wodomierzy oraz instalacji urządzeń wodoszczędnych. Przewymiarowanie sieci kanalizacyjnych z kolei prowadzi do zbyt niskiej objętości ścieków doprowadzanych do oczyszczalni, co skutkuje ich niedociążeniem hydraulicznym [Bugajski 2007; Bergel i Bugajski 2008]. Oprócz przewymiarowania sieci kanalizacyjnej, niedociążenie może wynikać także z długich okresów przebudowy kanalizacji czy też niskiej świadomości ekologicznej społeczeństwa. Pomimo wybudowania sieci kanalizacyjnej część mieszkańców nie wyraża zgody do podłączenia z kolektorami, dalej korzystając z przydomowych szamb, często o wątpliwej szczelności. Stwarza to dodatkowo zagrożenie skażenia wód powierzchniowych oraz podziemnych [Bugajski 2009].

Analiza przeciążenia lub niedociążenia hydraulicznego oczyszczalni wskazuje na konieczność wcześniejszych prognoz dotyczących ilości odprowadzanych ścieków. Wyznaczenie rzeczywistych parametrów hydraulicznych sieci kanalizacyjnych oraz projektowania oczyszczalni na zbliżone do rzeczywistości obciążenie hydrauliczne jest istotne ze względów eksploatacyjnych oraz ekonomicznych. Należy jednak podkreślić, że określenie miarodajnej objętości ścieków, niezbędnej do projektowania elementów odprowadzania i unieszkodliwiania jest problematyczne, gdyż ilość wody zużywanej na cele społeczno-gospodarcze charakteryzuje się znacznym wahaniami w cyklu dobowym, tygodniowym, miesięcznym czy też rocznym [Bartkowska 2016].

Mając na uwadze problemy wynikające z przeciążenia lub niedociążenia hydraulicznego oczyszczalni ścieków, za cel niniejszej pracy postawiono analizę obciążenia hydraulicznego wybranych obiektów, zlokalizowanych na obszarze powiatu jasielskiego.

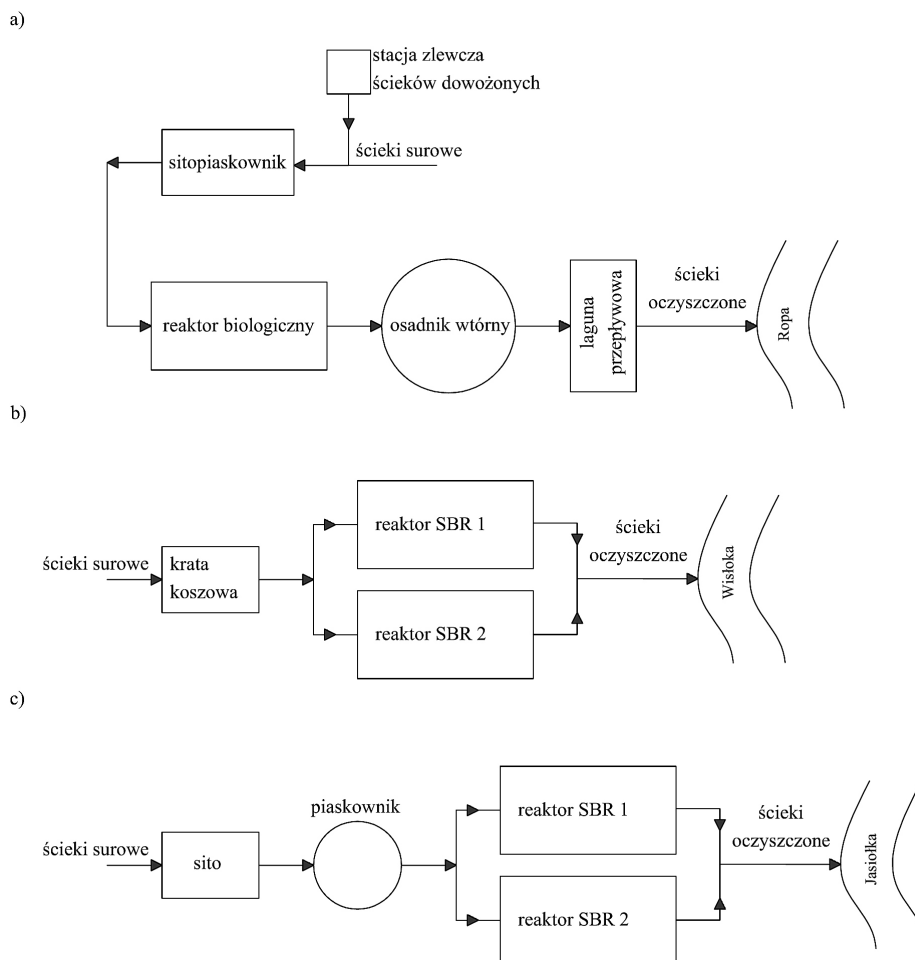
CHARAKTERYSTYKA OBIEKTÓW BADAŃ

Analizie poddano oczyszczalnie ścieków, położone w następujących miejscowościach: Przysieki, Kołaczyce oraz Szebnie, zlokalizowane są na obszarze powiatu jasielskiego (województwo podkarpackie). Uproszczone schematy technologiczne badanych obiektów przedstawiono na rysunku 1.

Oczyszczalnia ścieków w Przysiekach (rysunek 1a) to obiekt typu mechaniczno-biologicznego, obsługujący 9 778 równoważnej liczby mieszkańców (RLM). Jego średniodobowa przepustowość to $1\,200 \text{ m}^3$. Procesy mechanicznego oczyszczania ścieków realizowane są przez sitopiaskownik, a biologiczne oczyszczanie odbywa się w reaktorze biologicznym, gdzie ścieki oczyszczane są za pomocą osadu czynnego. Z reaktora biologicznego ścieki przepływają do osadnika wtórnego, a następnie kierowane są do laguny przepływowej, stanowiącej trzeci stopień oczyszczania. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych na oczyszczalni w Przysiekach jest rzeka Ropa [Szymczyk 2011]. Oczyszczalnia ścieków w Kołaczycach (rysunek 1b) to obiekt mechaniczno-biologiczny o RLM na poziomie 6352. Średnia dobowa przepustowość hydrauliczna oczyszczalni to 493 m^3 , a maksymalna wynosi $600 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Procesy mechanicznego oczyszczania odbywają się za pomocą kraty koszowej. Następnie ścieki kierowane do reaktorów biologicznych, pracujących wg schematu SBR, gdzie biologiczna redukcja zanieczyszczeń odbywa się za pomocą osadu czynnego. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych na obiekcie w Kołaczycach jest rzeka Wisłoka [Chmielowski i in. 2015a]. Oczyszczalnia ścieków w Szebniach (rys. 1c) jest obiektem mechaniczno-biologicznym obsługującym 2900 RLM. Średnia przepustowość hydrauliczna obiektu to $242 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, przy maksymalnej na poziomie $450 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Procesy mechanicznego oczyszczania ścieków odbywają się za pomocą sita oraz piaskownika, po czym ścieki poddaje się biologicznemu oczyszczaniu w reaktorach typu SBR. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych na obiekcie w Szebniach jest rzeka Jasiołka [Chmielowski i in. 2015b].

METODYKA BADAŃ

Analizę obciążenia hydraulicznego wybranych oczyszczalni ścieków powiatu jasielskiego



Rys. 1. Uproszczone schematy technologiczne badanych oczyszczalni ścieków:

a) Przysieki b) Kołaczyce c) Szebnie

Fig.1. Simplified technological scheme of investigated wastewater treatment plant:

a) Przysieki; b) Kołaczyce; c) Szebnie

przeprowadzono na podstawie danych, w postaci rejestru dobowego dopływu ścieków do oczyszczalni w Przysiekach, Kołaczycach oraz Szebnicach. Dane te zostały udostępnione przez operatorów niniejszych obiektów i obejmowały wielolecie 2011–2014. Wyznaczono statystyki opisowe: miary pozycyjne – wartości minimalne (Q_{dmin}), średnie ($Q_{dśr}$) oraz maksymalne (Q_{dmax}), dobowych objętości ścieków dopływających do oczyszczalni, w analizowanym wieloleciu oraz miary rozproszenia: odchylenie standardowe (s) i współczynnik zmienności (V_s), a także miary kształtu rozkładu badanej zmiennej losowej: skośność (Sko) oraz kurtozę ($Kurt$). Określono także wartości $Q_{dśr}$ ścieków dopływających do analizowanych oczyszczalni w poszczególnych miesiącach roku.

Dla rozpatrywanego wielolecia określono wartości maksymalnych dobowych współczynni-

ków nierównomierności dopływu ścieków (N_{dmax}) do oczyszczalni w Przysiekach, Kołaczycach oraz Szebnicach, wg wzoru [Heidrich 1998]:

$$N_{dmax} = \frac{Q_{dmax}}{Q_{dśr}} \quad (1)$$

gdzie: Q_{dmax} – maksymalny dobowy dopływ ścieków do oczyszczalni w $m^3 \cdot d^{-1}$, w rozpatrywanym okresie czasu;

$Q_{dśr}$ – średni dobowy dopływ ścieków do oczyszczalni w $m^3 \cdot d^{-1}$, w rozpatrywanym okresie czasu.

Wyznaczono histogramy i dystrybuanty empiryczne objętości ścieków dopływających do analizowanych oczyszczalni ścieków, w wieloleciu 2011–2014. Określenie liczby przedziałów klasowych oraz ich rozpiętości dokonano za pomocą wzorów, stosowanych m. in w pracy [Miernik i Wałęga 2013]:

$$L_k \approx 5 \cdot \log N \quad (2)$$

gdzie: L_k – liczba przedziałów klasowych prawostronnie otwartych,
 N – liczba danych w ciągu obserwacyjnym.

$$\Delta = \frac{Q_{dmax} - Q_{dmin}}{L_k} \quad (3)$$

gdzie: Δ – szerokość przedziału klasowego w $m^3 \cdot d^{-1}$,

Q_{dmax} – maksymalny dobowy dopływ ścieków do oczyszczalni w $m^3 \cdot d^{-1}$, w rozpatrywanym wieloleciu;

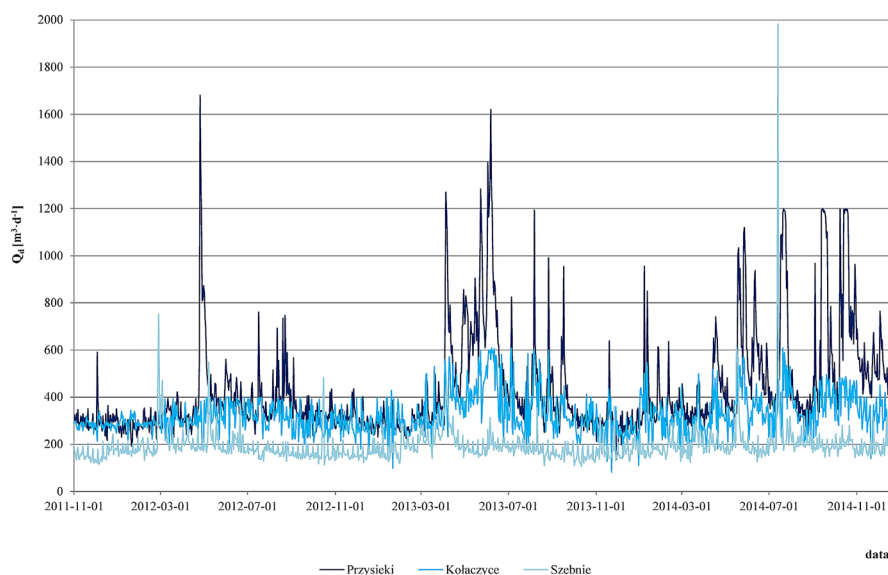
Q_{dmin} – minimalny dobowy dopływ ścieków do oczyszczalni w $m^3 \cdot d^{-1}$, w rozpatrywanym wieloleciu.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Kształtowanie się wielkości dobowego dopływu ścieków do oczyszczalni w Przysiekach, Kołaczycach oraz Szebniach, w wieloleciu 2011–2014 przedstawiono na rysunku 2. Określenie statystyk opisowych oraz wartości maksymalnych dobowych współczynników nierównomierności dopływu ścieków do oczyszczalni (tabela 1), miały za zadanie charakterystykę dynamiki zmian kształtowania się tego dopływu do badanych obiektów w analizowanym wieloleciu.

Przeprowadzona analiza wykazała, że w przypadku oczyszczalni w Przysiekach, dobowa ob-

jętość ścieków, do niej dopływająca, charakteryzowała się rozpiętością na poziomie $2445 m^3 \cdot d^{-1}$, przy wartości średniej wynoszącej $446 m^3 \cdot d^{-1}$. Wartość współczynnika V_s mówi o dużej zmienności obciążenia hydraulicznego oczyszczalni w badanym wieloleciu. Współczynnik skośności wskazuje na prawostronną asymetrię analizowanej zmiennej losowej, natomiast wartość kurtozy świadczy o jej leptokurtycznym rozkładzie. W przypadku oczyszczalni ścieków w Kołaczycach, różnica pomiędzy Q_{dmin} a Q_{dmax} , w latach 2011–2014, wynosiła 87%, a wartość średnia utrzymywała się na poziomie $327 m^3 \cdot d^{-1}$. Obciążenie hydrauliczne tej oczyszczalni charakteryzowało się przeciętną zmiennością (V_s na poziomie 26%). Wartość współczynnika skośności mówi o prawostronnej asymetrii analizowanej zmiennej, a kurtoza wskazuje na jej leptokurtyczny rozkład. Dla oczyszczalni w Szebniach wykazano iż dobowa objętość ścieków dopływających do niej, w latach 2011–2014, przyjmowała wartości z przedziału od 92 do $1984 m^3 \cdot d^{-1}$, przy wartości średniej wynoszącej $191 m^3 \cdot d^{-1}$. Pomimo znacznej rozpiętości pomiędzy Q_{dmin} a Q_{dmax} ścieków dopływających do oczyszczalni w Szebniach, wielkość współczynnika V_s wskazuje na przeciętną zmienność jej obciążenia. Wartość współczynnika skośności świadczy o prawostronnej asymetrii rozpatrywanej zmiennej losowej, a kurtoza wskazuje na jej leptokurtyczny rozkład.



Rys. 2. Ilość ścieków dopływających do oczyszczalni w Przysiekach, Kołaczycach i Szebniach w wieloleciu 2011–2014

Fig. 2. The amount of sewage inflowing the wastewater treatment plant in Przysieki, Kołaczycy and Szebnie in the years 2011–2014

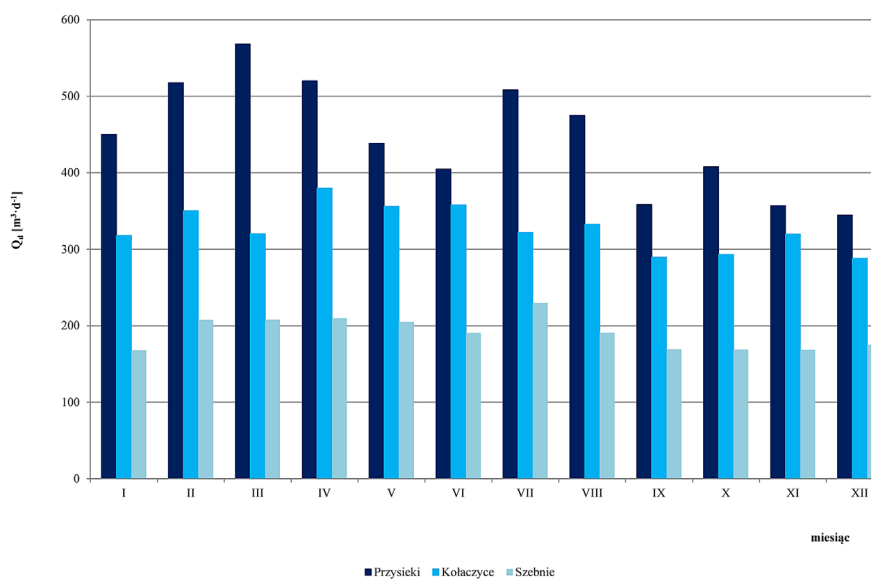
Tabela 1. Charakterystyka dopływu ścieków do oczyszczalni w Przysiekach, Kołaczycach i Szebniach w wieloletniu 2011–2014**Table 1.** Parameters describing sewage admission into the Przysieki, Kałaczyce and Szebnie wastewater treatment plant in years 2011–2014

| Oczyszczalnia | Parametr dopływu ścieków [$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$]; [-] | | | | | | | |
|---------------|--|------------------|-------------------|-----|-------|-------|--------|-------------------|
| | Q_{dmin} | $Q_{\text{dśr}}$ | Q_{dmax} | s | V_s | Sko | Kurt | N_{dmax} |
| Przysieki | 135 | 446 | 2580 | 228 | 0,51 | 2,60 | 9,82 | 5,79 |
| Kołaczyce | 80 | 327 | 610 | 84 | 0,26 | 0,45 | 1,17 | 1,87 |
| Szecznie | 92 | 191 | 1984 | 76 | 0,40 | 11,29 | 234,42 | 10,40 |

Ponieważ Q_{dmax} oraz $Q_{\text{dśr}}$ stanowią jedne z głównych charakterystyk projektowych oraz eksploatacji oczyszczalni ścieków, wyznaczono wartości N_{dmax} w badanym wieloletniu, dla każdej z analizowanych oczyszczalni ścieków (tab. 1). Na podstawie obliczeń stwierdzono iż jej wartości znacząco odbiegają od literaturowych wielkości tego wskaźnika. W pracy [Myszograj i Panek 2007] podano, że dla małych jednostek osadniczych, liczących poniżej 5000 mieszkańców, wartość N_{dmax} przyjmuje się na poziomie 2,0. W przypadku oczyszczalni w Kołaczycach wyznaczona wielkość N_{dmax} jest zbliżona do referencyjnej. Natomiast dla obiektów w Przysiekach i Szebniach zaznacza się istotne przeszacowanie tych wskaźników, odnośnie do przytoczonej wartości. Należy wskazać, że przyjęcie na etapie projektowania zaniżonej wartości N_{dmax} może skutkować przeciążeniem hydraulicznym oczyszczalni oraz zakłóceniem procesów redukcji zanieczyszczeń [Młyński i in. 2016].

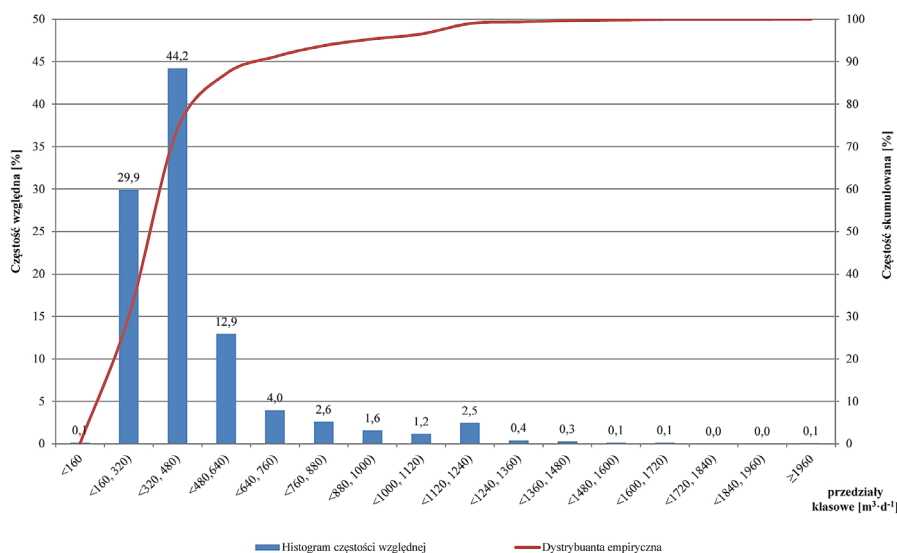
W celu określenia sezonowości kształtowania się wielkości dopływu ścieków do analizowanych oczyszczalni ścieków, dla każdego z miesięcy wyznaczono wartości $Q_{\text{dśr}}$. Wyniki analizy przedstawiono na rysunku 3.

Analizując wyniki zestawione na rysunku 3 stwierdzono, że dla oczyszczalni ścieków w Przysiekach, miesiącem charakteryzującym się najwyższą wartością $Q_{\text{dśr}}$ był marzec, gdzie średni dobowy dopływ ścieków do oczyszczalni wynosił niespełna $570 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. W przypadku oczyszczalni w Kołaczycach, miesiącem takim był kwiecień, w czasie którego $Q_{\text{dśr}}$ utrzymywało się na poziomie $380 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Natomiast dla oczyszczalni w Szebniach najwyższą wartość $Q_{\text{dśr}}$ wyznaczono dla lipca, i wynosiła ona $230 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Zakłada się, że przedstawiony rozkład wartości $Q_{\text{dśr}}$ wynika głównie z dopływu wód obcych do kanalizacji. W miesiącach wczesnowiosennych były to wody roztopowe pokrywy śnieżnej. W okresie letnim źródłem takich wód

**Rys. 3.** Średni dobowy dopływ ścieków, w poszczególnych miesiącach, do analizowanych oczyszczalni ścieków, w latach 2011–2014**Fig. 3.** Average daily amount of sewage inflowing, in individual months, to the analyzed wastewater treatment plants, in the years 2011–2014

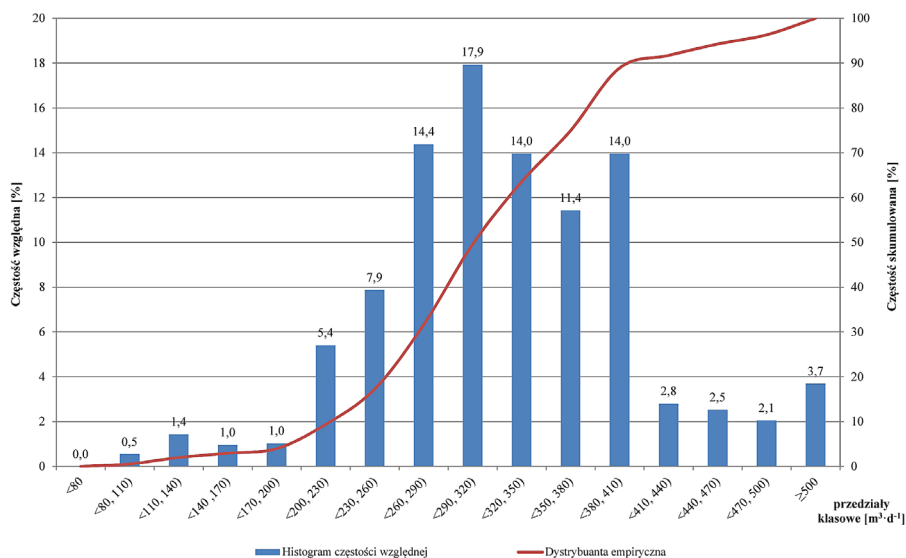
były wzmożone opady atmosferyczne. Wody przypadkowe dostają się do sieci kanalizacyjnej przez jej nieszczelności lub przez otwory w włazach do studzienek kanalizacyjnych. Ponadto ich źródła mogą być nielegalne podłączenia do sieci kanalizacji sanitarnej, przez które odprowadzane są wody ze spustów rynien dachowych lub inne. [Kaczor i in. 2013].

Uzupełnieniem przeprowadzonej analizy obciążenia hydraulicznego badanych oczyszczalni ścieków, było wyznaczenie częstości występowania poszczególnych wielkości dopływów oraz empirycznego prawdopodobieństwa pojawienia się tych wielkości, za pomocą histogramów częstości względnej oraz dystrybuanty empirycznej. Wyniki analizy przedstawiono na rysunkach 4–6.



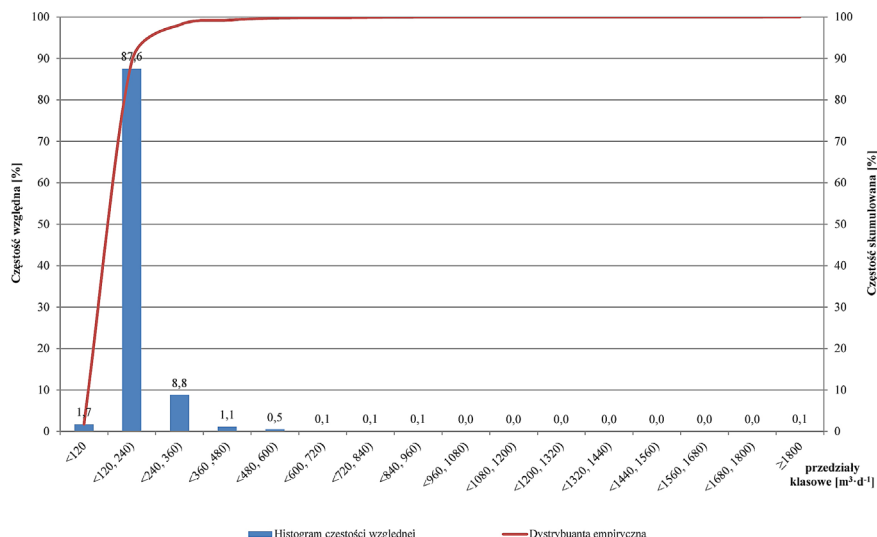
Rys. 4. Histogram częstości względnej oraz dystrybuanta empiryczna dla ilości ścieków dopływających do oczyszczalni w Przysiekach, w wieloleciu 2011–2014

Fig. 4. Histogram of relative frequency and empirical cumulative distribution function for the amount of sewage inflowing the wastewater treatment plant in Przysieki in the years 2011–2014



Rys. 5. Histogram częstości względnej oraz dystrybuanta empiryczna dla ilości ścieków dopływających do oczyszczalni w Kołaczycach, w wieloleciu 2011–2014

Fig. 5. Histogram of relative frequency and empirical cumulative distribution function for the amount of sewage inflowing the wastewater treatment plant in Kołaczycy in the years 2011–2014



Rys. 6. Histogram częstości względnej oraz dystrybuanta empiryczna dla ilości ścieków dopływających do oczyszczalni w Szebniach, w wieloleciu 2011–2014

Fig. 6. Histogram of relative frequency and empirical cumulative distribution function for the amount of sewage inflowing the wastewater treatment plant in Szebniach in the years 2011–2014

W przypadku oczyszczalni ścieków w Przysiekach (rysunek 4) wyznaczono 16 przedziałów klasowych, których rozpiętość wynosiła $160 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. W badanym wieloleciu średnia dobowa objętość ścieków, dopływająca do tej oczyszczalni, najczęściej przyjmowała wartości z przedziału od 320 do $480 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, co stanowiło prawie 45% wszystkich obserwacji. Empiryczne prawdopodobieństwo przekroczenia średniodobowej przepustowości obiektu wynosi 1%. Dla oczyszczalni ścieków w Kołaczycach (rysunek 5) wyznaczono 16 przedziałów klasowych o rozpiętości $30 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. W latach 2011–2014 średniodobowa objętość ścieków dopływająca do tej oczyszczalni najczęściej była opisywana przedziałem od 290 do $320 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, co stanowiło prawie 18% wszystkich obserwacji. Wyznaczona wartość prawdopodobieństwa empirycznego, przekroczenia średniodobowej przepustowości oczyszczalni w Kołaczycach, to 4%. Dla oczyszczalni ścieków w Szebniach (rysunek 6) wyznaczono 16 przedziałów klasowych o rozpiętości $120 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Najczęściej pojawiającym się dopływem ścieków był dopływ, którego objętość wynosiła od 120 do $240 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. W przedziale tym odnotowano prawie 90% wszystkich obserwacji. Empiryczne prawdopodobieństwo przekroczenia średniodobowej przepustowości hydraulicznej oczyszczalni w Szebniach wynosi 1%.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy obciążenia hydraulicznego wybranych oczyszczalni ścieków powiatu jasielskiego można wysunąć następujące wnioski:

1. Średniodobowa objętość ścieków dopływająca do oczyszczalni w Przysiekach, Kołaczycach oraz Szebniach, w wieloleciu 2011–2014 stanowiła odpowiednio: 37%, 66% oraz 79% projektowych przepustowości hydraulicznych. Należy jednak wskazać, że incydentalnie zdarzały się sytuacje, kiedy oczyszczalnie pracowały w warunkach przeciążenia hydraulicznego.
2. W wieloleciu 2011–2014 oczyszczalnie ścieków w Przysiekach oraz w Szebniach charakteryzowały się dużą zmiennością obciążenia hydraulicznego, o czym świadczą wartości współczynników zmienności oraz maksymalnych dobowych współczynników nierównomierności dopływu ścieków do tych obiektów. Oczyszczalnia w Kołaczycach odznacza się stałym i równomiernym dopływem ścieków w badanym wieloleciu.
3. Największe dopływy ścieków do badanych oczyszczalni odnotowano dla okresów wczesnowiosennych oraz letnich. Zwiększone ilości ścieków odpowiadają dopływowi wód obcych do kanalizacji, z topnienia pokrywy śnieżnej oraz opadów atmosferycznych,

4. Dla rozpatrywanego okresu badań stwierdzono, że dla oczyszczalni ścieków w Przysiekach 45% obserwacji średniodobowych objętości ścieków dopływających do tego obiektu stanowiły dopływy o objętości od 320 do 480 m³·d⁻¹. Dla oczyszczalni w Kołaczycach najczęściej pojawiającym się średnim dobowym dopływem do oczyszczalni był dopływ, przyjmujący wartości z przedziału od 320 do 480 m³·d⁻¹ (17% obserwacji). W przypadku oczyszczalni w Szebniach prawie 90% wszystkich obserwacji stanowił średni dobowy dopływ ścieków na poziomie od 120 do 240 m³·d⁻¹.
5. Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że badane oczyszczalnie ścieków funkcjonują w warunkach niedociążenia hydraulicznego, co może powodować zakłócenie pracy poszczególnych obiektów ich ciągów technologicznych redukcji zanieczyszczeń. Mając na uwadze tendencje spadkową zużycia i produkcji wody oraz powstającej przy tym mniejszej objętości ścieków, postuluje się weryfikację wartości wskaźników, przyjmowanych do projektowania oraz eksploatacji oczyszczalni ścieków.

LITERATURA

1. Bartkowska I. 2016. Zmienność odpływu ścieków oczyszczonych. *Inżynieria Ekologiczna*, 48, 1–8.
2. Bergel T., Bugajski P. 2008. Wpływ wybranych czynników na bezzwrotne zużycie wody w gospodarstwach wiejskich. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 9, 60–63.
3. Bergel T., Kaczor G. 2007. Wielkość i nierównomierność poboru wody przez pojedyncze gospodarstwa wiejskie. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 1, 125–136.
4. Bugajski P. 2007. Dynamika dopływu ścieków do oczyszczalni w Głogowie Małopolskim. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 2, 103–109.
5. Bugajski P. 2009. Zmienność ilości ścieków dopływających w Tęgoborzy. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 9, 23–32.
6. Bugajski P., Bergel T. 2009. Niedociążenia hydrauliczne przydomowych oczyszczalni ścieków. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 5, 147–154.
7. Bugajski P., Kaczor G. 2005. Struktura zużycia zimnej i ciepłej wody w gospodarstwie jednorodzinym. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 2, 17–26.
8. Chmielowski K., Młyńska A., Młyński D. 2015. Efektywność pracy oczyszczalni ścieków w Kołaczycach. *Inżynieria Ekologiczna*, 45, 44–50.
9. Chmielowski K., Młyńska A., Młyński D. 2015b. Analiza skuteczności oczyszczania ścieków na oczyszczalni w Szebniach. [W:] K. Pikoń, M. Bogacka (red.) *Współczesne problemy Ochrony Środowiska*. Wyd. Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska, Gliwice.
10. Heidrich Z. 1998. *Przydomowe oczyszczalnie ścieków*. CIOB, Warszawa.
11. Kaczor G. 2011. Wpływ wiosennych roztopów śniegu na dopływ wód przypadkowych do oczyszczalni ścieków bytowych. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 2, 27–34.
12. Kaczor G., Bugajski P., Bergel T. 2013. Zastosowanie metody trójkąta do obliczania objętości wód infiltracyjnych i przypadkowych w kanalizacji sanitarnej. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3, 263–274.
13. Kaczor G., Pawełek J. 1999. Dobowe ilości ścieków w osiedlach wiejskich w aspekcie ich oczyszczania. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie*, 350, 103–113.
14. Kaczor G., Przebinda A. 2009. Analiza uszkodzeń kanałów sanitarnych po krótkim okresie eksploatacji. *Inżynier Budownictwa*, 11, 56–59.
15. Miernik W., Wałęga A. 2013. Usuwanie ze ścieków związków organicznych i biogennych w oczyszczalni z reaktorem biologicznym funkcjonującym w układzie A2/O. [W:] J. Rak (red.) *Wybrane aspekty ochrony i kształtowania środowiska w Polsce, we wschodniej Słowacji i zachodniej Ukrainie*, wyd. Muzeum Regionalnego im. Adama Fastnachta w Brzozowie, Brzozów.
16. Młyński D., Chmielowski K., Młyńska A. 2016. Analysis of hydraulic load of a wastewater treatment plant in Jasło. *Journal of Water and Land Development*, 28, 67–67.
17. Myszograj S., Panek E. 2007. Bilansowanie ilości ścieków dopływających do oczyszczalni. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 5, 9–12.
18. Szymczyk K. 2011. Gminna oczyszczalnia ścieków w Przysiekach. *Przegląd Komunalny*, 3, 58–59.