

*Krzysztof Chmielowski, Ryszard Ślizowski*

## **OCENA SKUTECZNOŚCI USUWANIA ZANIECZYSZCZEŃ W OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W TARNOWIE**

### ***EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF POLLUTANTS' REMOVAL IN THE SEWAGE TREATMENT PLANT IN TARNOW***

#### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono ocenę efektywności oczyszczania ścieków przez Tarnowską Grupową Oczyszczalnię Ścieków. Na podstawie wyników badań fizykochemicznych ścieków surowych i oczyszczonych określono skuteczność zmniejszenia wybranych zanieczyszczeń ścieków. Badano następujące wskaźniki zanieczyszczeń: BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub>, zawiesinę ogólną, azot ogólny, fosfor ogólny. Badania prowadzono od stycznia 2006 do listopada 2007 roku. W pracy przedstawiono ilość przekroczeń poszczególnych wskaźników w stosunku do wartości dopuszczalnych określonych w pozwoleniu wodno-prawnym. Na podstawie przeprowadzonej analizy badań stwierdzono następującą skuteczność usuwania zanieczyszczeń: BZT<sub>5</sub> 98,9%, ChZT<sub>Cr</sub> 92,9%, zawiesina ogólna 95,1%, azot ogólny 91,3%, fosfor ogólny 87,4%. Można stwierdzić, że badana oczyszczalnia ścieków działa prawidłowo i oczyszcza ścieki do wartości normatywnej.

**Słowa kluczowe:** ścieki bytowe, skuteczność usuwania zanieczyszczeń, wskaźnik zanieczyszczeń ścieków

#### ***Summary***

*The article presents evaluation of effectiveness of sewage treatment by the Tarnow Group Sewage Treatment Plant. On the basis of the results of raw and treated sewage physico-chemical analyses, the effectiveness of decreasing the chosen sewage pollutants was evaluated. The following pollutants' indexes were tested: BOD<sub>5</sub>, COD, total suspended solids, general nitrogen and general phosphorus. The research period was from January 2006 until November 2007.*

*The paper presents the amount of transgressions of each index in relation to the admissible values from the water-law permission. Basing on the performed analysis the following effectiveness of the pollutants' removal was evaluated: BOD 98,9%, COD 92,9%, total suspended solids 95,1%, general nitrogen 91,3%, general phosphorus 87,4%. The tested sewage treatment plant may be certified to operate in high quality and the sewage treated by this plant doesn't threaten the collector of the treated sewage.*

**Key words:** domestic sewage, effectiveness of pollutants' removal, sewage pollution index

## WSTĘP

W życiu każdego człowieka woda stanowi nieodzowny element jego egzystencji. W gospodarstwie domowym zużywana jest ona przez nas codziennie do podstawowych czynności w ilości zróżnicowanej od wielu czynników [Obarska-Pempowiak 1996; Sikorski 1989, 1994a; Szpindor 1998]. Z tak zużytej wody powstają ścieki bytowe. Zawierają one znaczne ilości zanieczyszczeń, które uniemożliwiają odprowadzenie ich do naturalnych odbiorników. Nieoczyszczone ścieki wprowadzone do odbiornika stanowią poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego. Niezbędnym rozwiązaniem staje się budowa systemów kanalizacyjnych odprowadzających ścieki od mieszkańców do oczyszczalni ścieków. Rozporządzenie z dnia 24.07.2006 r. [Rozporządzenie... 2006] określa dopuszczalne wartości zanieczyszczeń wprowadzanych do odbiornika w zależności od wielkości oczyszczalni (wyrażonej poprzez Równoważną Liczbę Mieszkańców).

W celu zabezpieczenia potencjalnych odbiorników ścieków oczyszczonych przed degradacją konieczne jest budowanie oczyszczalni ścieków, które pozwolą na zmniejszenie ładunku zanieczyszczeń wprowadzonego do odbiornika. Obecnie stosowane układy technologiczne w oczyszczalniach ścieków realizują różny stopień oczyszczenia ścieków, który można przedstawić następująco [Królikowski 1994]:

- stopień I – usunięcie ciał pływających i zawiesin łatwo opadających
- stopień II – usunięcie 90–96% wszystkich zawiesin oraz ich zmineralizowanie (nawet do 98% rozpuszczonych związków organicznych)
- stopień III – usunięcie w znacznym stopniu związków biogennych, tj. azotu i fosforu, które powodują zwiększenie żyzności wód odbiorników, ich zarastanie, a tym samym wtórne zanieczyszczenie produktami rozkładu roślin.

W III stopniu oczyszczania ścieków istotne jest uzyskanie wysokiej skuteczności zmniejszenia stężenia azotu ogólnego i fosforu ogólnego. Fosfor podobnie jak azot należy do pierwiastków biogennych. Zawartość fosforu w ściekach jest ważna, gdyż przyjmuje on z reguły rolę czynnika krytycznego, którego przekroczone stężenie w wodach powoduje intensywny wzrost glonów [Hartman 1992]. Przy biologicznym usuwaniu fosforu nie można z reguły utrzymać

w sposób niezawodny wartości kontrolowanej dla fosforu ogólnego. Należy w związku z tym dodatkowo zastosować chemiczny stopień oczyszczania, poprzez dozowanie koagulantów. Dawka koagulantu powinna być uzależniona od sprawności usuwania fosforu drogą biologiczną [Bever i in. 1997].

### **CEL PRACY I METODYKA BADAŃ**

Celem artykułu było określenie skuteczności usuwania zanieczyszczeń przez Tarnowską Grupową Oczyszczalnię Ścieków. Badano następujące wskaźniki zanieczyszczeń: BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub>, zawiesinę ogólną, azot ogólny oraz fosfor ogólny. Okres badań obejmował okres od stycznia 2006 do listopada 2007 roku. Dane dotyczące wartości wskaźników w ściekach surowych i oczyszczonych pozyskane zostały z laboratorium znajdującego się przy oczyszczalni ścieków. Na podstawie wartości wskaźników ścieków surowych i oczyszczonych określono skuteczność zmniejszenia ich wartości.

Ponadto określono ilość przekroczeń wartości dopuszczalnych wskaźników w stosunku do wartości przedstawionych w pozwoleniu wodno-prawnym wydanym przez stosowny organ.

### **OPIS OBIEKTU BADAŃ**

Oczyszczalnia ścieków została zlokalizowana w pobliżu ujścia rzeki Biała do Dunajca, na prawym brzegu, na wysokości Zakładów Azotowych zachodniej części miasta Tarnowa. Powierzchnia wynosi 27,1 ha. Oczyszczalnia zaprojektowana została na przyjęcie 68 700 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> mieszaniny ścieków z miasta Tarnowa i Zakładów Azotowych S.A. w Tarnowie Mościcach oraz gmin Skrzyszów, Tarnów i Wierzchosławice. Ścieki dopływające do oczyszczalni z Zakładów Azotowych są wstępnie podczyszczane w miejscu ich powstawania i stanowią zaledwie 5% wszystkich ścieków dopływających do oczyszczalni.

Przebieg oczyszczania ścieków w oczyszczalni ścieków w Tarnowie (rys. 1) jest następujący:

Oczyszczanie mechaniczne:

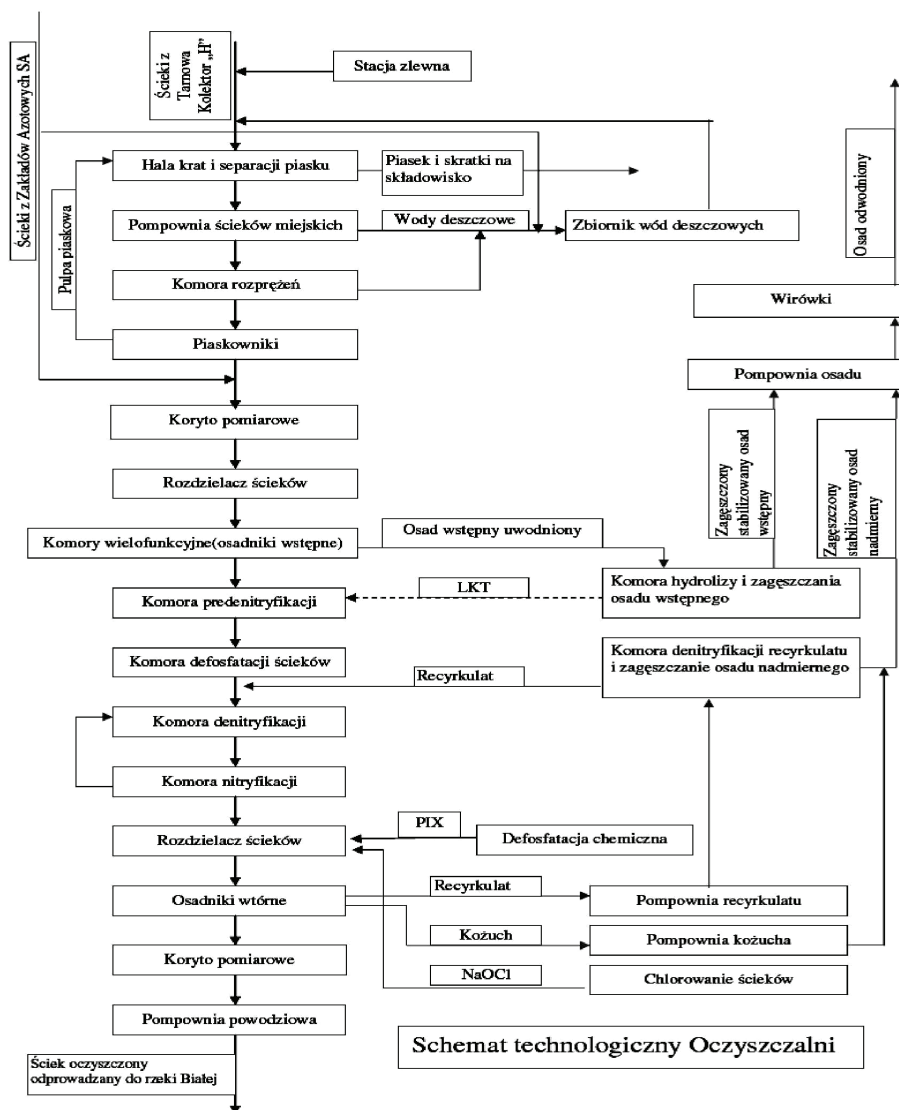
- cedzenie ścieków przez kraty i pompowanie na wyższy poziom,
- przelanie nadmiernej ilości ścieków podczas opadów do zbiorników wód deszczowych,

- czyszczenie mechaniczne z piasku i zawiesin,
- sedymentacja osadów i flotacja substancji pływających.

Oczyszczanie biologiczne:

- predenitryfikacja ścieków,
- biologiczna defosfatacja,

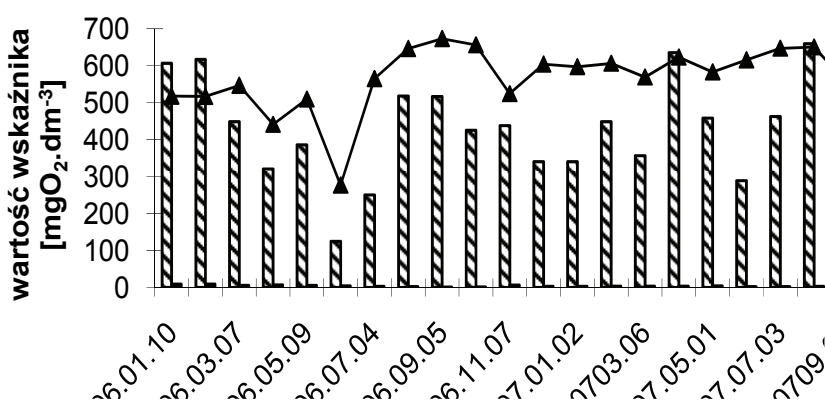
- oczyszczenie biologiczne z redukcją biogenów – (nityfikacja i denityfikacja),
- sedimentacja osadów,
- chlorowanie ścieków opuszczających TGOŚ podczas epidemii w mieście.



Rysunek 1. Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Tarnowie

## WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

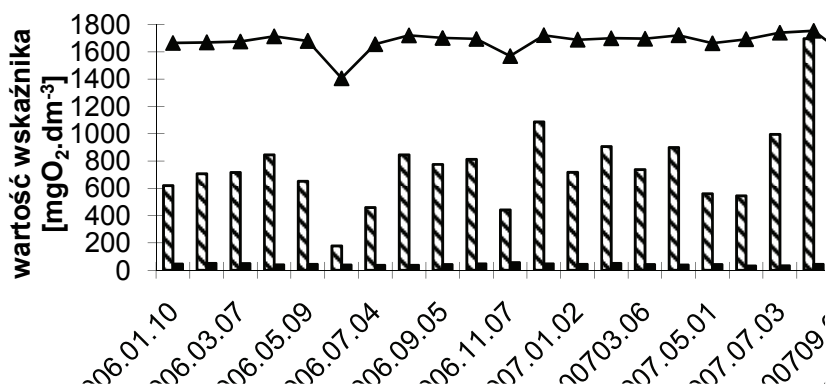
Wartość BZT<sub>5</sub> (rys. 2) ścieków surowych wahała się w przedziale od 124 do 659 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> wartość średnia uplasowała się na poziomie 433 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Zaobserwowano bardzo niskie wartości BZT<sub>5</sub> ścieków oczyszczonych, które wahały się od 1,2 do 9,7 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Wartość średnia tego wskaźnika w ściekach oczyszczonych wyniosła 4,4 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Dopuszczalna wartość wskaźnika według pozwolenia wodno-prawnego wynosi 15 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Na 23 analizowane próbki ścieków oczyszczonych nie stwierdzono żadnych przekroczeń wartości dopuszczalnej. Skuteczność zmniejszenia BZT<sub>5</sub> wahała się od 96,4 do 99,8%. Średnia skuteczność zmniejszenia BZT<sub>5</sub> wyniosła 98,9%.



**Rysunek 2.** Wartość BZT<sub>5</sub> ścieków surowych i oczyszczonych oraz skuteczność jego zmniejszenia

**Figure 2.** Comparison of BOD<sub>5</sub> values of raw sewage and treated sewage and effectiveness of its reducing

Minimalna wartość ChZT<sub>Cr</sub> (rys. 3) w ściekach surowych wyniosła 178 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> podczas gdy wartość maksymalna wyniosła 1694 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Średnia wartość ChZT<sub>Cr</sub> w ściekach surowych ukształtowała się na poziomie 756 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Wartości ChZT<sub>Cr</sub> w ściekach oczyszczonych mieściły się w granicach od 33 do 74 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Wartość średnia ChZT<sub>Cr</sub> w ściekach oczyszczonych wyniosła 46 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Wartość dopuszczalna przedstawiona w pozwoleniu wodno-prawnym wynosi 125 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Nie stwierdzono żadnych przekroczeń wartości dopuszczalnej na 23 zbadanych próbek ścieków. Redukcja ChZT<sub>Cr</sub> wahała się od 78,1 do 97,3%. Średnia skuteczność zmniejszenia ChZT<sub>Cr</sub> wyniosła 92,9%.

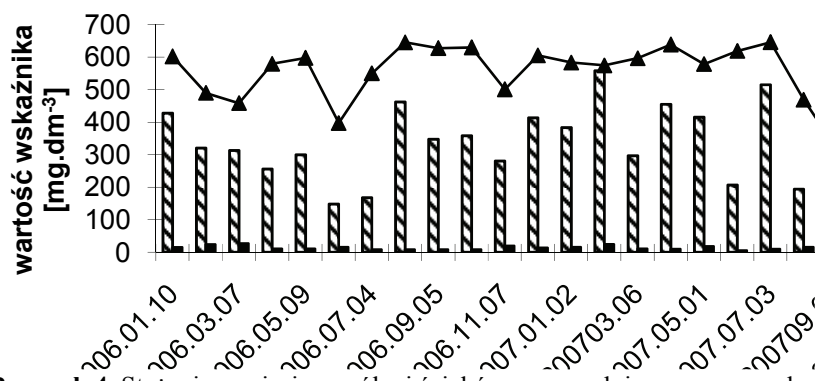


Rysunek 3. Wartość  $ChZT_{Cr}$  ścieków surowych i oczyszczonych oraz skuteczność jego zmniejszenia

Figure 3. Comparison of COD values of raw sewage and treated sewage and effectiveness of its reducing

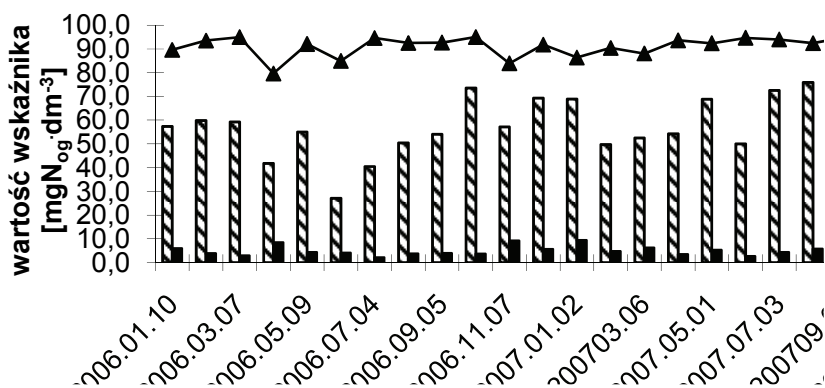
Minimalne stężenie zawiesiny ogólnej (rys. 4) w ściekach surowych wyniosło  $148 \text{ mg dm}^{-3}$  podczas gdy wartość maksymalna ukształtowała się na poziomie  $607 \text{ mg dm}^{-3}$ . Wartość średnia zawiesiny ogólnej w ściekach surowych dla badanego okresu wyniosła  $347 \text{ mg dm}^{-3}$ . Stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych mieściło się w granicach od 6 do  $40 \text{ mg dm}^{-3}$ . Wartość średnia zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych uplasowała się na poziomie  $15 \text{ mg dm}^{-3}$ . Wartość dopuszczalna przedstawiona w pozwoleniu wodno-prawnym wynosi  $35 \text{ mg dm}^{-3}$ . Nie stwierdzono żadnych przekroczeń wartości dopuszczalnej na 23 pobranych próbek ścieków. Skuteczność zmniejszenia zawiesiny ogólnej wahała się od 86,3 do 98,7%. Średnia skuteczność zmniejszenia tego wskaźnika wyniosła 95,1%.

Minimalne stężenie azotu ogólnego w ściekach surowych (rys. 5) wyniosło  $27,1 \text{ mg N}_{og} \text{ dm}^{-3}$  podczas gdy wartość maksymalna wyniosła  $89,8 \text{ mg N}_{og} \text{ dm}^{-3}$ . Średnie stężenie azotu ogólnego w ściekach surowych ukształtowało się na poziomie  $58,4 \text{ mg N}_{og} \text{ dm}^{-3}$ . Stężenie azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych mieściło się w granicach od 2,2 do  $9,4 \text{ mg N}_{og} \text{ dm}^{-3}$ . Wartość średnia azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych wyniosła  $4,9 \text{ mg N}_{og} \text{ dm}^{-3}$ . Wartość dopuszczalna tego wskaźnika przedstawiona w pozwoleniu wodno-prawnym wynosi  $10 \text{ mg N}_{og} \text{ dm}^{-3}$ . Nie stwierdzono żadnych przekroczeń wartości dopuszczalnej na 23 pobranych próbek ścieków. Skuteczność zmniejszenia azotu ogólnego wahała się od 79,6 do 96,1%. Średnia skuteczność zmniejszenia azotu ogólnego wyniosła 91,3%.



**Rysunek 4.** Stężenie zawiesiny ogólnej ścieków surowych i oczyszczonych oraz skuteczność jej zmniejszenia

**Figure 4.** Comparison of total suspended solids values of raw sewage and treated sewage and effectiveness of its reducing

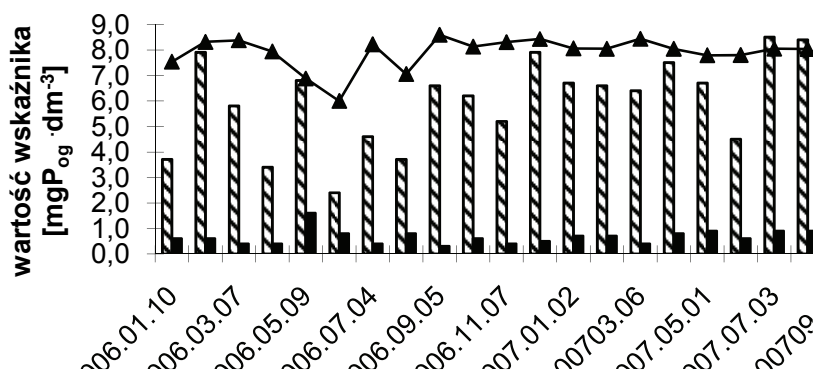


**Rysunek 5.** Stężenie azotu ogólnego ścieków surowych i oczyszczonych oraz skuteczność jego zmniejszenia

**Figure 5.** Comparison of total nitrogen values of raw sewage and treated sewage and effectiveness of its reducing

Minimalne stężenie fosforu ogólnego (rys. 6) w ściekach surowych wyniosło  $2,4 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$  podczas gdy wartość maksymalna wyniosła  $8,5 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Średnie stężenie fosforu ogólnego w ściekach surowych ukształtowało się na poziomie  $6,0 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Stężenie fosforu ogólnego w ściekach oczyszczonych mieściło się w granicach od  $0,3$  do  $1,6 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wartość średnia fosforu ogólnego w ściekach oczyszczonych wyniosła  $0,7 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Wartość dopusz-

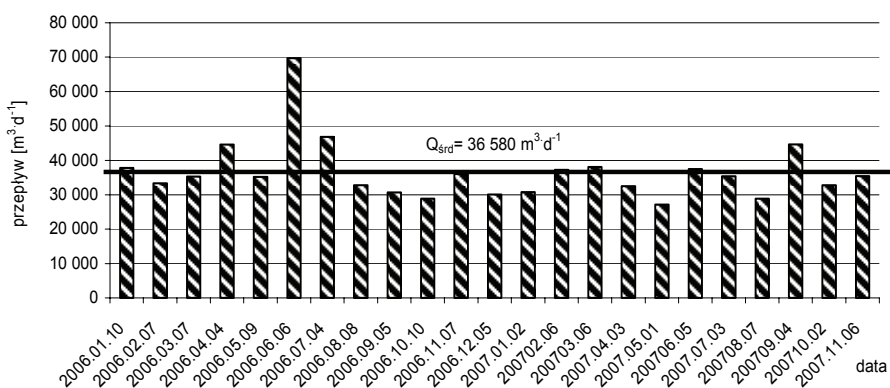
czalna przedstawiona w pozwoleniu wodno-prawnym wynosi  $1 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Stwierdzono 2 przekroczenia wartości dopuszczalnej na 23 pobrane próbki ścieków. Skuteczność zmniejszenia fosforu ogólnego wahała się od 66,7 do 95,5%. Średnia skuteczność zmniejszenia fosforu ogólnego wyniosła 87,4%.



**Rysunek 6.** Stężenie fosforu ogólnego ścieków surowych i oczyszczonych oraz skuteczność jego zmniejszenia

**Figure 6.** Comparison of total phosphate values of raw sewage and treated sewage and effectiveness of its reducing

Dodatkowo określono przepływy średnie dobowe (rys. 7) w okresie od stycznia 2006 do grudnia 2007 roku.



**Rysunek 7.** Zestawienie przepływów przez oczyszczalnię w Tarnowie w badanym okresie

**Figure 7.** Inflows of raw sewage to sewage treatment plant in Tarnów in during research



Na podstawie danych zawartych na rysunku 7 można stwierdzić, że przepływ minimalny wyniósł  $27\,118\text{ m}^3\text{d}^{-1}$  podczas gdy przepływ maksymalny ukształtował się na poziomie  $69\,279\text{ m}^3\text{d}^{-1}$ . Wartość średnia przepływu ścieków przez oczyszczalnię uplasowała się na poziomie  $36\,580\text{ m}^3\text{d}^{-1}$ .

### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników badań sformułowano następujące wnioski:

– średnia skuteczność zmniejszenia  $\text{BZT}_5$  w oczyszczalni ukształtowała się na bardzo wysokim poziomie 98,9%. Nie stwierdzono żadnych przekroczeń wartości dopuszczalnej, co świadczy o poprawnej pracy oczyszczalni zarówno części mechanicznej jak i biologicznej,

– średnia skuteczność zmniejszenia  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  w oczyszczalni ukształtowała się również na bardzo wysokim poziomie 92,9% i podobnie jak w przypadku  $\text{BZT}_5$  nie stwierdzono żadnych przekroczeń wartości dopuszczalnej,

– średnia skuteczność zmniejszenia zawiesiny ogólnej w oczyszczalni wyniosła 95,1% co stanowi bardzo dobry wynik i świadczy o tym, że proces sedymentacji zachodzi z dużą efektywnością. Nie stwierdzono żadnych przekroczeń wartości dopuszczalnej,

– średnia skuteczność zmniejszenia azotu ogólnego w oczyszczalni wyniosła 91,3%. Nie stwierdzono żadnych przekroczeń wartości dopuszczalnej. Procesy nitrifikacji i denitrifikacji zachodziły z dużą intensywnością,

– średnia skuteczność zmniejszenia fosforu ogólnego w oczyszczalni ukształtowała się na wysokim poziomie 87,4%. Stwierdzono tylko 2 na 23 możliwych przekroczeń wartości dopuszczalnej,

– wartość średnia przepływu ścieków przez oczyszczalnię uplasowała się na poziomie  $36\,580\text{ m}^3\text{d}^{-1}$ , co stanowiło 53% wartości projektowej.

### BIBLIOGRAFIA

- Bever J., Stein A., Feichmann H. *Zaawansowane metody oczyszczania ścieków*. Projprzem-EKO. Bydgoszcz 1997.
- Hartman L. *Biologiczne oczyszczanie ścieków*. Wydawnictwo Instalator Polski. Warszawa 1992.
- Królikowski A. J. *Gospodarka wodno-ściekowa na obszarach nieurbanizowanych*. BBiWE. Białystok 1994.
- Obarska-Pempowiak H. *Analiza efektywności usuwania zanieczyszczeń w oczyszczalniach wodno-roślinnych i gruntowo-roślinnych w województwie gdańskim*. 1996.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód i do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz.U. Nr 168 poz. 1763.
- Sikorski M. *Charakterystyka ścieków wiejskich i sposób ich unieszkodliwiania*. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie. Częstochowa 1994a.

- Sikorski M. *Przegląd procesów, metod i urządzeń do oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych możliwych do zastosowania w warunkach wiejskich. Zagadnienia Techniki Sanitarnej Wsi. Oczyszczanie ścieków wiejskich, procesy, urządzenia , eksploatacyjne. Materiały konferencyjne.* Wrocław 1989.
- Szpindor A. *Zaopatrzenia w wodę i kanalizacja wsi.* Arkady, Warszawa 1998.

Dr inż. Krzysztof Chmielowski,  
Prof. dr hab. inż. Ryszard Ślizowski  
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej  
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Recenzent: *Prof. dr hab. Stanisław Czaban*