



## **Wpływ ścieków przemysłowych na energochłonność i efektywność procesów technologicznych w komunalnej oczyszczalni ścieków**

*Anna Remiszewska-Skwarek<sup>\*</sup>, Sylwia Fudala-Książek<sup>\*\*</sup>,  
Aneta Łuczkiwicz<sup>\*\*</sup>*

*<sup>\*</sup>PEWIK GDYNIA Sp. z o.o.*

*<sup>\*\*</sup>Politechnika Gdańska*

### **1. Wprowadzenie**

W celu dostosowania się do wymogów Unii Europejskiej, w tym spełnienia wymagań Dyrektywy Rady 91/271/EGW, zgodnie z ostatnią aktualizacją Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych (2015), do 2014 r. wybudowano w Polsce 376 nowych oczyszczalni oraz zmodernizowano 1206 już istniejących, głównie intensyfikujące skuteczność oczyszczania ścieków komunalnych.

Wzrost efektywności usuwania zanieczyszczeń spowodował zwiększenie kosztów związanych zarówno z eksploatacją części ściekowej w oczyszczalni, jak i z zagospodarowaniem osadów ściekowych oraz innych odpadów generowanych w procesie oczyszczania (Remiszewska 2015a, c). Dodatkowo na przestrzeni ostatnich kilku lat zaobserwowano wzrost ładunków zanieczyszczeń w ściekach dopływających do oczyszczalni komunalnych, co z jednej strony utrudnia utrzymanie stabilności procesów technologicznych, a z drugiej przekłada się również na zwiększenie kosztów eksploatacyjnych.

W artykule skupiono się na przedstawieniu wpływu jakości i ilości ścieków przemysłowych wprowadzanych do sieci kanalizacyjnej PEWIK GDYNIA Sp. z o.o. na stabilność procesów technologicznych

oraz na wzrost kosztów oczyszczania ścieków komunalnych w Grupowej Oczyszczalni Ścieków „Dębogórze” w latach 2012-2015.

## **2. Zakres i metodyka badań**

### **2.1. Obiekt badań**

Grupowa Oczyszczalnia Ścieków „Dębogórze” obsługująca aglomerację Gdyni (będąca obecnie jedną z największych oczyszczalni komunalnych w Polsce) w latach 2006-2009 przeszła gruntowną modernizację oraz rozbudowę części biologicznej. Obecnie średni przepływ dobowy oczyszczalni wynosi około 55 000 m<sup>3</sup>, natomiast jej obciążenie to 440 000 RLM.

### **2.2. Metodyka badań**

Wszystkie prezentowane w artykule badania jakościowe ścieków prowadzono w akredytowanym Laboratorium Ścieków należącym do PEWIK GDYNIA, zgodnie z obowiązującymi Normami.

Badania frakcji ChZT przeprowadzono z godnie wytycznymi określonymi przez Roeleveld i Loosdrecht (2002) z pewnymi modyfikacjami (Mamais 1993, Kayser 2000) szeroko opisane przez Fudalę-Książek (Fudala-Książek 2011).

## **3. Wyniki badań i dyskusja**

### **3.1. Jakość oczyszczonych ścieków komunalnych w GOŚ „Dębogórze”**

Wartości uśrednione parametrów jakościowych ścieków oczyszczonych odprowadzanych z GOŚ „Dębogórze” do Zatoki Puckiej w latach 2009-2015 wraz z wynikami z roku 2008, które stanowią tzw. tło dla badanego okresu zostały przedstawione w tabeli 1.

Pomimo zachowania wysokiej redukcji zanieczyszczeń po trzech latach pracy nowego układu reaktorów biologicznych, czyli od 2013 r. zaczęto obserwować zmiany w stabilności jakości ścieków odprowadzanych do środowiska naturalnego. W roku 2013 zaobserwowano przyrost stężenia azotu ogólnego o 0,7 mgN/dm<sup>3</sup> w stosunku do roku 2012. Natomiast w roku 2014 znacząco wzrosło średnie stężenie chemicznego zapotrzebowania na tlen (ChZT), co bezpośrednio przyczyniło się do wzrostu

kosztów oczyszczania w wyniku podwyższonej opłaty za korzystanie ze środowiska. Po wyeliminowaniu przyczyn technologicznych skupiono się na analizie ścieków surowych dopływających do oczyszczalni.

**Tabela 1.** Jakość ścieków oczyszczonych odprowadzanych z GOŚ „Dębogórze” do Zatoki Puckiej w latach 2008-2015

**Table 1.** The quality of the treated wastewater discharged from WWTP "Debogórze" to the Puck Bay in the years 2008-2015

| ROK           | ChZT                               |              | BZT <sub>5</sub>                   |              | Zawiesina          |              | Azot ogólny          |              | Fosfor ogólny        |              |
|---------------|------------------------------------|--------------|------------------------------------|--------------|--------------------|--------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|
|               | mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> | redukcja (%) | mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> | redukcja (%) | mg/dm <sup>3</sup> | redukcja (%) | mg N/dm <sup>3</sup> | redukcja (%) | mg P/dm <sup>3</sup> | redukcja (%) |
| <b>2008</b>   | 39,1                               | 96,4         | 5,9                                | 98,7         | 9,5                | 97,7         | 12,9                 | 84,4         | 0,82                 | 92,7         |
| <b>2009</b>   | 23,6                               | 97,8         | 4,3                                | 99,0         | 5,6                | 98,7         | 8,4                  | 89,8         | 0,44                 | 95,8         |
| <b>2010</b>   | 23,8                               | 97,7         | 3,3                                | 99,3         | 5,1                | 98,8         | 7,8                  | 91,1         | 0,52                 | 94,1         |
| <b>2011</b>   | 27,0                               | 97,6         | 0,9                                | 99,8         | 1,6                | 99,6         | 7,4                  | 91,1         | 0,56                 | 93,9         |
| <b>2012</b>   | 23,9                               | 97,9         | 0,8                                | 99,8         | 2,0                | 99,5         | 7,7                  | 91,1         | 0,64                 | 94,4         |
| <b>2013</b>   | 22,9                               | 98,0         | 0,8                                | 99,8         | 1,1                | 99,8         | 8,4                  | 90,7         | 0,64                 | 94,5         |
| <b>2014</b>   | 30,0                               | 97,1         | 0,4                                | 99,9         | 1,3                | 99,7         | 8,3                  | 91,2         | 0,67                 | 94,5         |
| <b>2015</b>   | 30,5                               | 97,2         | 0,1                                | 100,0        | 0,0                | 100,0        | 7,4                  | 92,2         | 0,64                 | 94,6         |
| wartości dop. | <b>125</b>                         |              | <b>15</b>                          |              | <b>35</b>          |              | <b>10</b>            |              | <b>1,0</b>           |              |

### 3.2. Wpływ składu ścieków dopływających do GOŚ „Dębogórze” na stabilność jakości ścieków oczyszczonych

Ilość ścieków komunalnych dopływająca z wielkomiejskiej aglomeracji Gdynia do GOŚ „Dębogórze” od kilku lat jest na zbliżonym poziomie – z tendencją niewielkiego spadku od roku 2014 (tabela 2). Jednocześnie zaobserwowano nieznaczny, ale systematyczny wzrost średnich stężeń zanieczyszczeń dopływających w ściekach surowych wyrażonych głównie zawiesiną oraz związkami biogennymi (azot, fosfor), zwłaszcza w roku 2013, co przedstawiono w tabeli 2 (wyniki z roku 2008 stanowią „tło” dla omawianego okresu).

Zaobserwowany w ściekach surowych w roku 2013 przyrost stężenia azotu ogólnego o około 4 mg/dm<sup>3</sup> w stosunku do 2012 r., tłumaczy jego przyrost w ściekach oczyszczonych odprowadzanych do środowiska naturalnego. Jednocześnie zauważono, że w 2014 roku w ściekach surowych stężenie ChZT spadło, natomiast średnie stężenie azotu ogólnego wzrosło ponownie o kolejne 4 mg/dm<sup>3</sup>. W ściekach oczyszczonych nie



zaobserwowano wzrostu stężenia azotu ogólnego a wręcz nieznaczny jego spadek. Znacząco natomiast wzrosło stężenie ChZT w ściekach oczyszczonych, co nie znalazło już tak prostego wytłumaczenia w jakości ścieków dopływających, jak w przypadku stężenia azotu ogólnego.

Pomimo tego, że stężenie ChZT w ściekach surowych wprowadzanych do oczyszczalni w 2014 r. było niższe o około 89 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w porównaniu do 2013 r., to jednak stężenie ChZT na odpływie wzrosło. Taka sytuacja może świadczyć o wzroście udziału frakcji ChZT nierozkładalnych lub trudno rozkładalnych biologicznie w dopływających ściekach, co może być spowodowane przyjmowaniem ścieków przemysłowych o podwyższonych ładunkach azotu i/lub pracach modernizacyjno-konserwatorskich służb eksploatacyjnych PEWIK na sieci kanalizacyjnej.

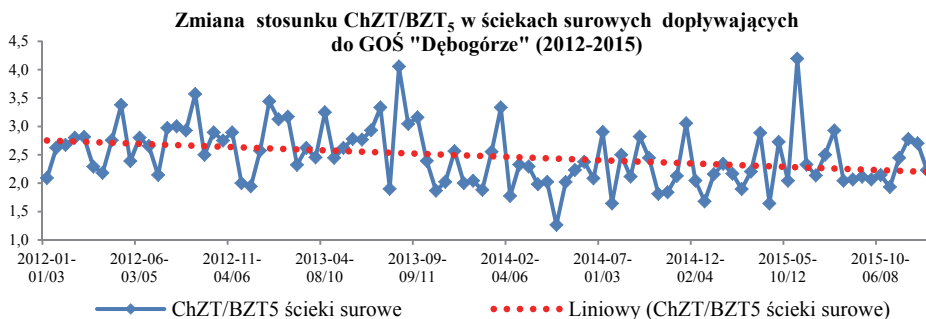
**Tabela 2.** Jakość ścieków komunalnych dopływających do GOŚ „Dębogórze” (2008-2015)

**Table 2.** The quality of raw wastewater entering WWTP “Debogorze” (2008-2015)

| Rok              |               |                                    | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   |
|------------------|---------------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ilość ścieków    | <i>Q</i> srdb | m <sup>3</sup> /db                 | 54 491 | 53 408 | 56 506 | 58 991 | 56 848 | 56 284 | 54 162 | 55 294 |
|                  | stężenie      | mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> | 448    | 455    | 448    | 415    | 443    | 431    | 474    | 474    |
| BZT <sub>5</sub> | ładunek       | kg O <sub>2</sub> /db              | 24 407 | 24 274 | 25 286 | 24 456 | 25 179 | 24 272 | 25 662 | 26 220 |
|                  | stężenie      | mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> | 1 092  | 1 051  | 1 125  | 1 113  | 1 155  | 1 129  | 1 040  | 1 090  |
| ChZT             | ładunek       | kg O <sub>2</sub> /db              | 59 477 | 56 142 | 63 579 | 65 654 | 65 634 | 63 554 | 56 350 | 60 270 |
|                  | stężenie      | mg/dm <sup>3</sup>                 | 409    | 422    | 420    | 428    | 434    | 469    | 485    | 488    |
| Zawiesina        | ładunek       | kg/db                              | 22 305 | 22 511 | 23 732 | 25 218 | 24 658 | 26 383 | 26 269 | 26 978 |
|                  | stężenie      | mg N/dm <sup>3</sup>               | 82     | 83     | 87     | 83     | 86     | 90     | 94     | 95     |
| Azot ogólny      | ładunek       | kg N/db                            | 4 493  | 4 412  | 4 916  | 4 901  | 4 878  | 5 076  | 5 102  | 5 236  |
|                  | stężenie      | mg P/dm <sup>3</sup>               | 11,1   | 10,5   | 8,9    | 9,2    | 11,4   | 11,6   | 12,1   | 11,9   |
| Fosfor ogólny    | ładunek       | kg P/db                            | 604    | 561    | 502    | 543    | 646    | 652    | 655    | 658    |

O podatności ścieków surowych na procesy oczyszczania biologicznego informuje stosunek chemicznego zapotrzebowania na tlen wyrażonych jako ChZT do biologicznego zapotrzebowania na tlen wyrażony jako BZT<sub>5</sub>. Przyjmuje się, że jeżeli iloraz ten jest mniejszy od 2,0 (ChZT/BZT<sub>5</sub> < 2,0), to ścieki takie należą do podatnych na rozkład biologiczny w oczyszczalniach komunalnych (Henze i in. 2008). W latach 2012-2015 na GOŚ „Dębogórze” zaobserwowano spadek ilorazu ChZT/BZT<sub>5</sub> w ściekach dopływających do oczyszczalni (rys. 1), co ponownie zaprzecza utrzymującej się tendencji wzrostowej stężenia ChZT w ściekach odprowadzanych do środowiska (rys. 2).

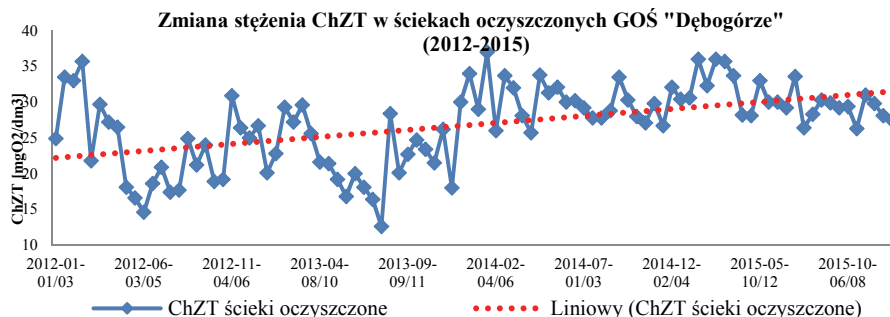




**Rys. 1.** Zmiana ilorazu ChZT/BZT<sub>5</sub> w ściekach surowych dopływających do GOŚ „Dębogórze”(2012-2015)

**Fig. 1.** Change in COD/BOD ratio in the raw wastewater entering WWTP "Debogorze" (2012-2015)

Brak logicznej zależności pomiędzy wzrostem podatnością ścieków surowych na procesy biologicznego oczyszczania, a przyrostem stężenia ChZT w ściekach oczyszczonych, odprowadzanych do środowiska naturalnego jest zastanawiający.



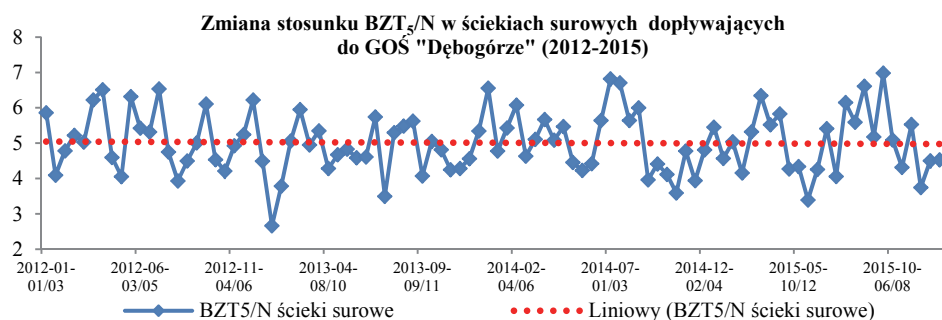
**Rys. 2.** Zmiana wartości ChZT w ściekach oczyszczonych odprowadzanych do środowiska (2012-2015)

**Fig. 2.** Changes of COD in the effluent of WWTP "Debogorze" (2012-2015)

Jedną z przyczyn podwyższonych wartości ChZT w ściekach oczyszczonych mogłaby być zmiana parametrów technologicznych w oczyszczalni, np.: wydłużanie wieku osadu, czy też utrzymywanie jego podwyższonej koncentracji w reaktorach. Jednak zarówno wiek osadu,

jak i jego koncentracja w układzie reaktorów biologicznych są niezmiennie utrzymywane na podobnym poziomie od 2009 roku, przy czym w roku 2015 nastąpiło nieznaczne skrócenie wieku osadu i obniżenie jego stężenia w reaktorach biologicznych.

W przypadku analizowania skuteczności oczyszczalni pod względem usuwania związków biogenych skupiono się głównie na azocie. Przeprowadzone w latach 2009-2010 oraz w roku 2016 badania wykazały wysoką sprawność osadu czynnego w GOŚ „Dębogórze”, a tym samym wysoką efektywność procesu nityfikacji (Drewnowski i in. 2015, Fudala-Książek i in. 2016). Usuwanie azotu przez bakterie heterotroficzne w procesie denityfikacji wymaga przyswajalnej biologicznie substancji organicznej, co orientacyjnie wyraża się ilorazem  $BZT_5/N > 5$  (Miksch 2010). Zmiany ilorazu  $BZT_5/N$  w ściekach dopływających do oczyszczalni na przestrzeni lat 2012-2015 została przedstawiona na wykresie 3.



**Rys. 3.** Zmiana  $BZT_5/N$  w ściekach surowych GOŚ „Dębogórze” (2012-2015)  
**Fig. 3.** Change in  $BOD/N$  ratio in the raw wastewater entering WWTP “Debogorze” (2012-2015)

Należy stwierdzić, iż nie zaobserwowano zmian stosunku zawartości związków organicznych podatnych na rozkład biologiczny do azotu ( $BZT_5/N$ ) od roku 2012, co świadczy o łatwej dostępności związków węgla organicznego dla przebiegu procesu denityfikacji.

### **3.3. Koszty bezpośrednie dla oczyszczalni wynikające z podwyższonego ładunku niektórych zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych bez uwzględniania gospodarki osadowej**

Kosztem bezpośrednim wynikającym z wyższych stężeń ChZT w ściekach oczyszczonych, jak już wcześniej wspomniano, jest wyższa tzw. „opłata środowiskowa”, w roku 2014 ze względu tylko na przyrost ChZT o 7,1 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w stosunku do roku 2013, wzrosła o 120 000 złotych, natomiast w 2015 o kolejne 23 500 zł.

Przedstawione zmiany w jakości ścieków surowych wpłynęły również negatywnie na energochłonność procesu napowietrzania. Wskaźniki zużycia energii jednoznacznie wskazują, iż od roku 2013 energochłonność procesu napowietrzania nieznacznie, ale sukcesywnie rośnie (Remiszewska 2015b,c).

W artykule celowo nie omawiano wcześniej podwyższonej koncentracji fosforu ogólnego w dopływających do oczyszczalni ściekach (Tabela 1) ze względu na możliwość wspomagania biologicznych procesów usuwania fosforu strącaniem chemicznym, co pod względem stosowanych w oczyszczalni procesów technologicznych nie stanowi dla eksploatatora oczyszczalni wyzwania. Jednak prezentując koszty wynikające ze zmiennej jakości ścieków surowych – tematu nie można już pominąć. Od roku 2014 zużycie koagulant wzrosło w stosunku do roku 2013 o 74 tony, natomiast w roku 2015 o kolejne 166 ton, co pokazuje, że w roku 2015 zużycie PIX 113 było wyższe w stosunku do lat 2012-2013 o około 52%. Analizując koszty eksploatacyjne wynikające z podwyższonych ładunków fosforu w ściekach surowych należy liczyć się ze wzrostem kosztów ich chemicznego strącania, szczególnie gdy stosunek ChZT/BZT<sub>5</sub> nie jest poniżej 1,8.

Pomimo, że przedstawione w artykule (tabela 1) zmiany w stabilności jakości ścieków oczyszczonych odprowadzanych do Zatoki Puckiej w GOŚ „Dębogórze”, głównie w przypadku całkowitego ChZT w ściekach, nie wynikały „na pierwszy rzut oka” w sposób bezpośredni ze zmiennego składu i ilości ścieków surowych dopływających do oczyszczalni, postanowiono poddać ścieki surowe „głębszej” analizie.

Średni iloraz ChZT/BZT<sub>5</sub> ścieków przemysłowych w roku 2013 wynosił 3,27, natomiast w roku 2014 poprawił się i wyniósł 2,81 (wyliczenia na podstawie 274 kontroli służb eksploatacyjnych PEWIK



w różnych podmiotach gospodarczych), co ponownie zaprzeczało postawionej tezie, iż na taki stan wpływ mają ścieki przemysłowe. Dopiero bardziej wnikliwa analiza wyników badań dla poszczególnych zakładów przemysłowych wykazała wyraźny wzrost objętości wprowadzonych do systemu kanalizacyjnego PEWIK ścieków przemysłowych, o składzie wysoce niekorzystnym dla procesów biologicznych ( $ChZT/BZT_5 > 5$ ). Do analizy wyników badań wybrano reprezentatywną grupę jedenastu zakładów przemysłowych o niekorzystnym składzie odprowadzanych ścieków. Dla zobrazowania sytuacji w tabeli 3 wyszczególniono jakość i ilość ścieków wprowadzanych do kanalizacji PEWIK jednego podmiotu gospodarczego, a dane z pozostałych zakładów – uśredniono.

**Tabela 3.** Jakość ścieków przemysłowych o niekorzystnym składzie wprowadzona do sieci kanalizacyjnej PEWIK (2012-2015)

**Table 3.** The quality of industrial wastewater of unfavourable composition, entering the sewerage network PEWIK (2012-2015)

| Zakłady przemysłowe   |   | 2012          | 2013          | 2014          | 2015          |
|---|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Podmiot I</b>  | BZT <sub>5</sub><br>[mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ] | 9 243         | 3 050         | 169           | 148           |
|   | ChZT<br>[mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ]             | 13 529        | 7 250         | 2 211         | 1 443         |
|   | <b>ChZT/BZT<sub>5</sub></b>                               | 1,5           | 2,4           | 13,1          | 9,7           |
| Ilość wprowadzona [m <sup>3</sup> ]                               |   | 8 967         | 6 507         | 10 446        | 6 129         |
| <b>Inne podmioty gospodarcze,<br/>ChZT/BZT<sub>5</sub> &gt; 5</b> |   | 7 948         | 11 457        | 14 508        | 11 464        |
| Ilość wprowadzona [m <sup>3</sup> ]                               |   |               |               |               |               |
| <b>Razem – 11 zakładów [m<sup>3</sup>]</b>                        |   | <b>16 915</b> | <b>17 964</b> | <b>24 954</b> | <b>17 593</b> |

Wyniki badań jednoznacznie wykazały, iż w roku 2013 tylko z zakładów poddanych analizie przyjęto tzw. „trudnych” ścieków w ilości 1 000 m<sup>3</sup> więcej, niż w roku 2012, natomiast w roku 2014 ilość ta wzrosła o kolejne 7 000 m<sup>3</sup> (Remiszewska 2015b). Natomiast w roku 2015 ilości te zmalały do wartości na poziomie, jak w roku 2013. W całej ilości zafakturowanych przez PEWIK ścieków przemysłowych ilość ta stanowi tylko około 1%. Istnieją jednak uzasadnione podejrzenia (na podstawie przeprowadzonych kontroli), że ilości ścieków z podmiotów





gospodarczych o tzw. „trudnym składzie” (dla oczyszczalni biologicznej) przy  $\text{ChZT}/\text{BZT}_5 > 5$  jest powyżej 70 000 m<sup>3</sup>/rok. Potwierdzeniem takich wstępnych wniosków może być uśredniona wartość całkowitego ChZT w ściekach oczyszczonych i odprowadzanych do środowiska naturalnego w 2015 roku, która to ponownie wzrosła w stosunku do roku 2014 o kolejne 0,5 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (Tabela 1).

Analiza wszystkich zebranych danych pozwala przypuszczać, iż przyrost ChZT w ściekach oczyszczonych jest wynikiem przyrostu rozpuszczonej, nierozkładalnej biologicznie frakcji  $\text{ChZT}_{\text{RBN}}$ , na usunięcie której biologiczne metody oczyszczania nie mają wpływu. Dlatego też w celu jednoznacznego stwierdzenia, czy rzeczywiście w ściekach dopływających do oczyszczalni nastąpił wzrost frakcji rozpuszczonych nierozkładalnych biologicznie (frakcji ta „przepływa” przez oczyszczalnię ścieków i w niezmienionej postaci odpływa wraz ze ściekami oczyszczonymi) do zakresu analiz podstawowych oczyszczalni „Dębogórze” od lutego 2015 roku włączono frakcjonowanie ChZT dopływających do oczyszczalni ścieków komunalnych. Uśrednione wyniki badań udziału procentowego poszczególnych frakcji ChZT w ściekach surowych dopływających do oczyszczalni (wyznaczone na podstawie 56 analiz) przedstawiono w tabeli 4.

**Tabela 4.** Frakcje ChZT w ściekach dopływających do GOŚ "Dębogórze" (II.2015-III.2016)

**Table 4.** Fraction of COD in the raw wastewater entering WWTP "Debogorze" (II. 2015-III. 2016)

| m-c 2015                     | $\text{ChZT}_{\text{R}}$ | $\text{ChZT}_{\text{C}}$ | $\text{ChZT}_{\text{RRB}}$ | $\text{ChZT}_{\text{RNB}}$ | $\text{ChZT}_{\text{CRB}}$ | $\text{ChZT}_{\text{CNB}}$ |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| II                           | 21,9                     | 78,1                     | 18,8                       | 3,1                        | 49,7                       | 28,4                       |
| III                          | 16,3                     | 83,7                     | 14,3                       | 2,0                        | 56,2                       | 27,5                       |
| <b>Średnia (II-XII 2015)</b> | <b>19,7</b>              | <b>80,3</b>              | <b>17,3</b>                | <b>2,4</b>                 | <b>44,6</b>                | <b>35,7</b>                |
| m-c 2016                     | $\text{ChZT}_{\text{R}}$ | $\text{ChZT}_{\text{C}}$ | $\text{ChZT}_{\text{RRB}}$ | $\text{ChZT}_{\text{RNB}}$ | $\text{ChZT}_{\text{CRB}}$ | $\text{ChZT}_{\text{CNB}}$ |
| I                            | 21,1                     | 78,9                     | 17,9                       | 3,2                        | 43,7                       | 35,2                       |
| II                           | 27,7                     | 72,3                     | 24,9                       | 2,8                        | 29,5                       | 42,8                       |
| II                           | 24,8                     | 75,2                     | 22,2                       | 2,6                        | 47,0                       | 28,2                       |
| <b>Średnia (II-III 2015)</b> | <b>19,1</b>              | <b>80,9</b>              | <b>16,6</b>                | <b>2,5</b>                 | <b>52,9</b>                | <b>28,0</b>                |
| <b>Średnia (II-III 2016)</b> | <b>26,3</b>              | <b>73,7</b>              | <b>23,5</b>                | <b>2,7</b>                 | <b>38,2</b>                | <b>35,5</b>                |



Na podstawie dotychczas zebranych danych można stwierdzić, że odnotowany został nieznaczny wzrost średniej wartości  $\text{ChZT}_{\text{RNB}}$  w okresie luty-marzec 2016, w stosunku do analogicznego okresu w roku 2015. Jeśli ta tendencja w roku 2016 będzie się utrzymywać, to w konsekwencji może spowodować ponowny wzrost stężenia  $\text{ChZT}$  całkowitego w ściekach oczyszczonych, co w konsekwencji spowoduje dalszy wzrost kosztów związanych z „opłatą środowiskową”.

Wstępne wnioski dotyczące wpływu ścieków przemysłowych na stabilność składu ścieków komunalnych potwierdzają badania prowadzone na Politechnice Gdańskiej nad ściekami przemysłowymi o tzw. „trudnym” składzie, które wykazały, iż np. już 0,5% dodatek odcieków składowiskowych do ścieków dopływających do GOŚ „Dębogórze” spowoduje wzrost stężenia azotu ogólnego na dopływie do oczyszczalni, a tym samym – wzrost kosztów eksploatacyjnych (Fudala-Książek 2014, Remiszewska 2015b).

#### 4. Podsumowanie

W artykule wykazano, że wdrażanie nowoczesnych rozwiązań monitorujących jakość ścieków przemysłowych już u źródła, oraz wprowadzanie nowych standardów/procedur analiz chemicznych dla ścieków nie wykonywanych powszechnie w przedsiębiorstwach wodno-kanalizacyjnych pozwalana na wnikliwszą ocenę oraz kontrolę ścieków komunalnych przy jednoczesnej optymalizacji stosowanych procesów technologicznych w oczyszczalni.

Wykazano również, iż na koszty oczyszczania ścieków komunalnych znaczący wpływ ma frakcja  $\text{ChZT}$  rozpuszczona nierozkładalna biologicznie ( $\text{ChZT}_{\text{RNB}}$ ), która w postaci niezmienionej odplywa z oczyszczalni biologicznej bezpośrednio do odbiornika ścieków oczyszczonych, wpływając negatywnie na wzrost tzw. „opłaty środowiskowej”. Natomiast zawartość podwyższonego ładunku azotu ogólnego w ściekach komunalnych negatywnie wpływa na energochłonność procesu napowietrzania i stabilność procesu oczyszczania, w tym usuwania fosforu (wzrost stężenia azotu ogólnego w dopływie bez wzrostu substancji organicznej łatwo rozkładalnej biologicznie – ogranicza efektywność usuwania fosforu), co również negatywnie wpływa na koszty eksploatacyjne oczyszczalni.



Należy pamiętać, iż wysokie stężenia zanieczyszczeń ścieków przemysłowych, nawet przy niewielkim ich udziale objętościowym, mogą mieć istotny wpływ na koszty eksploatacyjne oczyszczalni oraz podwyższone „opłaty środowiskowe” (np. poprzez wzrost związków refrakcyjnych).

## Literatura

- Drewnowski, J., Remiszewska-Skwarek, A. (2015). *The simulation of activated sludge system for optimization of predictive aeration AT large WWTP*. 7th Eastern European Young Water Professionals Conference. Belgrade 17-19 September 2015.
- Fudala-Książek, S., A. Remiszewska-Skwarek, J. Drewnowski, S. and A. Luczkiewicz (2016). *Determination of COD fractionation as a key factor for appropriate modelling and monitoring of activated sludge processes* – materiały konferencyjne 8th Eastern European Young Water Professional Conference, IWA Gdańsk 2016.
- Fudala-Książek, S., Luczkiewicz, A., Fitobor, K., Olanczuk-Neyman, K. (2014). Nitrogen removal via the nitrite pathway during wastewater co-treatment with ammonia-rich landfill leachates in a sequencing batch reactor. *Environmental Science Pollution Research International*, 21, 7307-7318.
- Fudala-Książek, S. (2011). *Wpływ zrzutu odcieków składowiskowych na efektywność pracy miejskiej oczyszczalni ścieków*. rozprawa doktorska, Gdańsk 2011, rękopis.
- Henze, M., Loosdrecht, M., Ekma, G., Brdjanovic, D. (2008). *Biological Wastewater Treatment. Principles, Modelling and Design*. London: IWA Publishing, London.
- Kayser, R., (2000). *Komentarz ATV-DVWK do A131P i do A210P. Wymiarowanie jednostopniowych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym oraz sekwencyjnych reaktorów porcjowych SBR*. Józefosław: Seidel Przywecki.
- Mamais, D., Jenkins, D., Piuu, P. (1993). A rapid physical-chemical method for the determination of readily biodegradable soluble COD in municipal wastewater. *Water Research*, 27(1), 195-197.
- Miksch, K., Sikora, J. (2010). *Biotechnologia ścieków*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Oleszkiewicz, J.A. (2005). *Zasady i praktyka w optymalizacji pracy oczyszczalni ścieków*. Lemtech Konsulting Sp. z o.o.



- Remiszewska-Skwarek, A. (2015a). Energochłonność procesu napowietrzania a rzeczywistość polskich oczyszczalni komunalnych. *Wodociągi i Kanalizacja*, 12(608), 44-49.
- Remiszewska-Skwarek, A. (2015b). *Wpływ ścieków przemysłowych na pracę komunalnej oczyszczalni ścieków*. Materiały na Konferencję “Ścieki przemysłowe - wyzwania technologiczne i ekonomiczne”, Sopot 2015.
- Remiszewska-Skwarek, A. (2015c). Napowietrzanie za mniej. *Kierunek Wod-Kan*, 2(608), 20-30.
- Roeleveld P.J., van Loosdrecht M.C.M. (2002). Experience with guidelines for wastewater characterisation in The Netherlands. *Water Science and Technology*, 45(6), 77-87.

## **The Influence of Industrial Wastewater on the Energy Consumption and the Efficiency of Technological Processes in Municipal Wastewater Treatment Plant**

### **Abstract**

In recent years, the municipal WWTP operated by PEWIK Gdynia receives increasing quantity of industrial wastewater with COD/BOD ratio above 2. In most cases, it is probably due to the required reduction of certain pollutants before delivery of industrial wastewater to the sewage system. Implemented pre-treatment of industrial wastewater by on-site plants usually remove the nutrients and easily biodegradable organic matter, while other organic fractions are directed to the municipal WWTP. In this study the influence of industrial wastewater on the efficiency of technological processes was analyzed on the basis of WWTP in Gdynia-Debogorze. For this reason, the COD fractions (readily (soluble) and slowly (particulate) biodegradable fraction, and non-biodegradable soluble (inert) and particulate fraction) were analyzed in raw wastewater. Obtained results were discussed in terms of the efficiency of treatment processes as well as the energy consumption and the operating costs of the plant.

### **Słowa kluczowe:**

oczyszczanie ścieków komunalnych, efektywność oczyszczania, ścieki przemysłowe

### **Keywords:**

treatment of municipal wastewater, the efficiency of treatment, industrial wastewater

