

Krzysztof Chmielowski, Ryszard Ślizowski

**OCENA SKUTECZNOŚCI OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW
W OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW
W NOWYM SĄCZU-WIELOPOLU**

***EVALUATION OF SEWAGE TREATMENT EFFICIENCY
IN THE SEWAGE TREATMENT PLANT
IN NOWY SACZ -WIELOPOLE***

Streszczenie

W artykule przedstawiono ocenę działania oczyszczalni ścieków w Nowym Sączu-Wielopolu. Okres badań obejmował przedział czasowy od stycznia do listopada 2009 roku. Badano następujące wskaźniki zanieczyszczenia ścieków: BZT₅, ChZT_{Cr}, zawiesinę ogólną, azot ogólny oraz fosfor ogólny. Na podstawie zebranych danych dokonano analizy skuteczności zmniejszania zanieczyszczeń dla poszczególnych wskaźników. Dodatkowo zestawiono ilości ścieków dopływających do oczyszczalni w rozbiciu na miesiące rozpatrywanego okresu. Ponadto określono ilość przekroczeń wartości dopuszczalnych wskaźników w stosunku do przedstawionych w pozwoleniu wodno-prawnym wydanym przez stosowny organ.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono następującą średnią skuteczność zmniejszania zanieczyszczeń: BZT₅ – 98,10%, ChZT_{Cr} – 92,76%, zawiesina ogólna – 92,66%, azot ogólny – 82,43%, fosfor ogólny – 93,41%. Stwierdzono po jednym przekroczeniu ChZT_{Cr} i zawiesiny ogólnej w stosunku do wartości dopuszczalnych przedstawionych w pozwoleniu wodno-prawnym. Wartości pozostałych wskaźników w ściekach oczyszczonych były poniżej wartości dopuszczalnej.

Oczyszczalnia działa bardzo dobrze a niskie wartości stężeń badanych wskaźników w ściekach oczyszczonych świadczą o poprawnym przebiegu procesów zachodzących w urządzeniach do biologicznego oczyszczania ścieków. Fosfor był usuwany w wysokim stopniu dzięki zastosowaniu wspomaganie poprzez chemiczne strącanie.

Słowa kluczowe: ścieki, oczyszczalnia ścieków, skuteczność oczyszczania

Summary

The article presents evaluation of the sewage treatment plant operation in Nowy Sacz-Wielopole. The research was conducted in a period from January to November 2009. The following sewage pollution indexes were analyzed: BOD₅, COD_{Cr}, total suspended solids, general nitrogen and general phosphorus. On the basis of the gathered data the analysis of pollutants' removal efficiency was evaluated for each index. Additionally, the amount of sewage which flew into the treatment plant was compared in each month of the research period. Moreover, the amount of transgressions of the admissible values in relation to the indexes presented in the water-law permission was described.

On the basis of the carried out research, the following average effectiveness of pollutants' removal was found: BOD₅ – 98.10%, COD_{Cr} – 92.76%, total suspended solids – 92.66%, general nitrogen – 82.43%, general phosphorus – 93.41%. One transgression was found for COD_{Cr} and for total suspended solids, respectively, in relation to the admissible values presented in the water-law permission. Values of other indexes in the treated sewage were lower than the admissible value.

The sewage treatment plant operates very well and low values of the tested indexes in the analyzed sewage prove the correctness of the processes in the biological sewage treatment appliances.

Key words: *sewage, sewage treatment plant, treatment efficiency*

WSTĘP

Nieodłącznie ze zużyciem wody przez człowieka jest związany problem z powstającymi ściekami. Rozwój wodociągów zaopatrujących coraz to nowe osady powodował, że zużycie wody na przeliczeniowego mieszkańca wzrastało. Wynikało to z coraz łatwiejszego i bezproblemowego dostępu do wody bieżącej. Obecnie obserwuje się tendencję do oszczędzania wody głównie ze względów ekonomicznych (poza opłatą za wodę jest opłata za odprowadzane ścieki). Niemniej jednak nieczyszczone ścieki trzeba doprowadzić do stanu, w którym nie będą stanowiły zagrożenia dla środowiska naturalnego. Ścieki bytowe charakteryzują się dużą zmiennością wskaźników zanieczyszczeń [Sikorski 1989; Sikorski 1994a; Sikorski 1994b]. Tak duża zmienność wskaźników zanieczyszczeń wynika przede wszystkim z ilości wody zużywanej na 1 mieszkańca, ładunku zanieczyszczeń, czasu przetrzymania ścieków oraz warunków klimatycznych [Bernacka 1984; Heidrich, Witkowski 1993]. Skład ścieków zależy od ludzkiej aktywności i zmienia się zależnie od godziny, dnia i pory roku [Hartman 1992]. Oczyszczalnie ścieków służą z założenia ochronie środowiska, w tym głównie wód. Nie zmienia to faktu, iż jako obiekty sztuczne stanowią przykłady ingerencji człowieka w środowisko. Tym samym wywierają na to środowisko określony wpływ. Może się on przejawiać np. w postaci zanieczyszczenia ziemi i powietrza w otoczeniu oczyszczalni oraz zmianami w biotopie, tj. w środowisku życia

biocenozy. Uciążliwie mogą okazać się zmiany krajobrazu i poziomu hałasu [Łomotowski, Szpindor 2002]. Obecnie projektowane i budowane oczyszczalnie ścieków pozwalają na oczyszczenie ścieków komunalnych do wymaganych wartości [Rozporządzenie... 2006] i stanowią minimalne zagrożenie ekologiczne. Przykładem takiego obiektu może być oczyszczalnia ścieków w Nowym Sączu-Wielopolu.

CEL PRACY I METODYKA BADAŃ

Celem artykułu była ocena działania oczyszczalni ścieków w Nowym Sączu-Wielopolu. Okres badań obejmował przedział czasowy od stycznia do listopada 2009 roku. Badano następujące wskaźniki zanieczyszczenia ścieków: BZT₅, ChZT_{Cr}, zawiesinę ogólną, azot ogólny oraz fosfor ogólny. Dane dotyczące wartości wskaźników w ściekach surowych, oczyszczonych mechanicznie i oczyszczonych biologicznie pozyskane zostały z laboratorium znajdującego się przy oczyszczalni. Na podstawie zebranych danych dokonano analizy skuteczności zmniejszania zanieczyszczeń dla poszczególnych wskaźników. W tabelach zestawiono dane dotyczące wartości badanych wskaźników w ściekach surowych (dopływających do oczyszczalni), oczyszczonych mechanicznie (po osadniku wstępnym) oraz oczyszczonych biologicznie (na odpływie z oczyszczalni). Ponadto w tabelach zestawiono skuteczności zmniejszania badanych wskaźników zanieczyszczenia ścieków po stopniu mechanicznym, biologicznym oraz całkowitą skuteczność. Dodatkowo przedstawiono dla każdego badanego wskaźnika podstawowe statystyki opisowe oraz ilość przekroczeń w stosunku do wartości dopuszczalnej w pozwoleniu wodno-prawnym [Pozwolenie... 1999]. Zestawiono również ilość ścieków dopływających do oczyszczalni w rozbiciu na miesiące rozpatrywanego okresu.

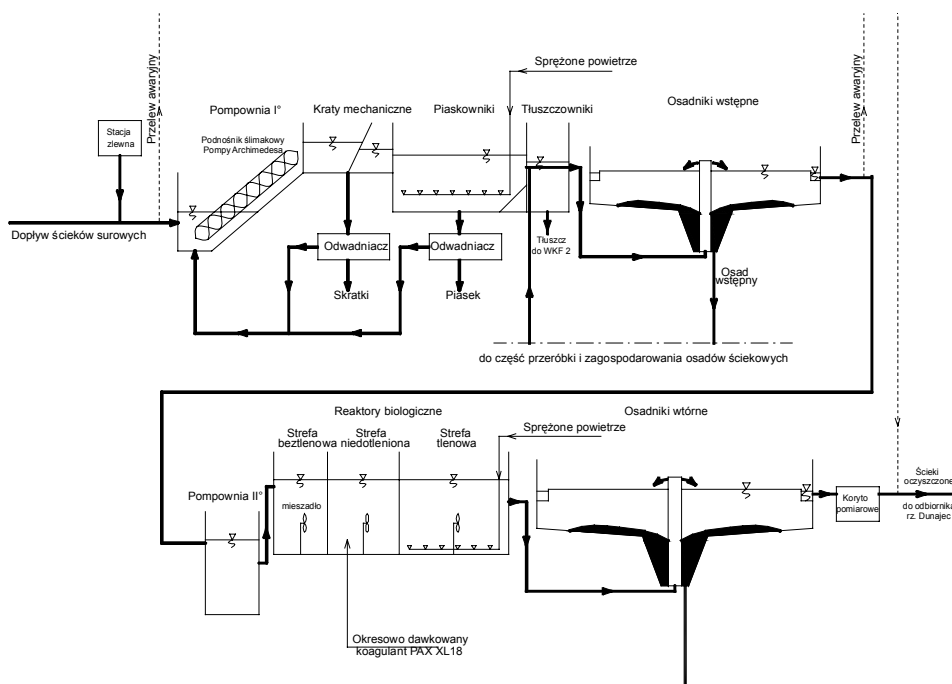
OPIS OBIEKTU BADAŃ

Badany obiekt zlokalizowany jest w powiecie nowosądeckim, we wsi Wielopole, która graniczy z Nowym Sączem. Ścieki komunalne, jak również z mniejszych, sąsiednich wsi, dopływają do oczyszczalni siecią kanalizacji sanitarnej oraz dowożone są samochodami asenizacyjnymi z gospodarstw oraz mniejszych zakładów, które nie są podłączone do sieci. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rzeka Dunajec. Oczyszczalnia ścieków w Nowym Sączu-Wielopolu została zaprojektowana na przepływ ścieków $Q_{\max d} = 42\,200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$.

Miasto Nowy Sącz ma kanalizację ogólnospławną, sanitarną i deszczową. Spółka „Sądeckie Wodociągi” zarządza siecią kanalizacyjną o łącznej długości 201 km, w tym: sieć kanalizacji ogólnospławnej 76,1 km i sieć kanalizacji sani-

tarnej 124,9 km. Z sieci kanalizacyjnej korzysta obecnie około 86% mieszkańców miasta.

Pierwszym etapem oczyszczania ścieków jest stopień mechaniczny, stanowiący wstępne oczyszczanie ścieków. W badanym obiekcie stopień mechaniczny składa się z trzech elementów: krat automatycznych, piaskowników oraz osadników wstępnych. Ze względu na konfigurację terenu i wymiary urządzeń do oczyszczania ścieków przed stopniem mechanicznym i biologicznym są pompownie odpowiednio I i II stopnia. Drugi stopień oczyszczania (biologiczny) stanowią: reaktory biologiczne, w których zachodzą procesy nityfikacji, denityfikacji i defosfatacji oraz osadniki wtórne. Poza wymienionymi elementami istnieją urządzenia do obróbki i zagospodarowania osadu. Na rysunku 1 przedstawiono schematycznie poszczególne urządzenia wchodzące w skład oczyszczalni ścieków w Nowym Sączu-Wielopolu (bez części przeróbki i zagospodarowania osadów).



Rysunek 1. Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Nowym Sączu-Wielopolu (bez części przeróbki i zagospodarowania osadów)

Figure 1. Technological scheme of the sewage treatment plant in Nowy Sącz (without the sludge utilization and disposal part)

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Analiza dopływu ścieków do oczyszczalni. Oczyszczalnia ścieków w Nowym Sączu-Wielopolu została zaprojektowana na przepustowość $Q_{\max d} = 42\,200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Kilkakrotnie te wartości były przekraczane, głównie w okresie wiosennym, co mogło być spowodowane roztopami śniegu oraz w okresie letnim, przy dużych opadach deszczu. Średni przepływ dobowy dla badanego okresu wyniósł $27\,930 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Największe przepływy zanotowano w czerwcu 2009 r. ($55\,512 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$), podczas intensywnych opadów deszczu. Zestawienie przepływów ścieków oczyszczonych w oczyszczalni w Nowym Sączu-Wielopolu w roku 2009 przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie przepływów ścieków oczyszczonych w oczyszczalni w Nowym Sączu-Wielopolu w roku 2009

Table 1. Comparison of the treated sewage flow rate in the treatment plant in Nowy Sacz-Wielopole in 2009

Miesiąc	Przepływ ścieków $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$		
	minimalny	średni	maksymalny
styczeń	19 560	22 705	28 845
luty	19 248	24 106	30 865
marzec	22 008	29 642	48 336
kwiecień	24 792	29 696	34 222
maj	21 456	26 294	35 040
czerwiec	19 920	32 084	55 512
lipiec	25 848	33 081	48 504
sierpień	20 016	27 100	45 936
wrzesień	14 544	26 342	34 152
październik	18 432	27 386	43 200
listopad	20 688	29 084	46 368
z roku 2009	14 544	27 930	55 512

Analiza wyników BZT₅. Na podstawie wartości BZT₅ ścieków surowych, oczyszczonych mechanicznie i oczyszczonych biologicznie, uzyskanych z laboratorium określono skuteczność zmniejszenia BZT₅ w poszczególnych etapach oczyszczania ścieków (tab. 2).

Poddając analizie zebrane dane (tab. 2), można stwierdzić, że wartość BZT₅ ścieków surowych kształtuje się na poziomie podawanym przez innych autorów [Krzanowski, Wałęga 2004; Chmielowski, Bugajski 2008; Chmielowski, Ślizowski 2008; Chmielowski, Ślizowski 2009]. Średnia wartość BZT₅ dla ścieków surowych wyniosła $299,51 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. Średnia skuteczność zmniejszenia BZT₅ po części mechanicznej wyniosła 30,57%, podczas gdy skuteczność zmniejszenia po części biologicznej ukształtowała się na wysokim poziomie 97,28%. Całkowita skuteczność zmniejszenia BZT₅ wyniosła 98,10%. Jest to

bardzo wysoka skuteczność i w nawiązaniu do średniej wartości BZT₅ ścieków oczyszczonych (5,35 mgO₂dm⁻³) świadczy o poprawnym działaniu oczyszczalni ścieków. Na 11 analizowanych próbek ścieków oczyszczonych nie stwierdzono przekroczenia wartości dopuszczalnej (15 mgO₂dm⁻³) wymaganej w pozwoleniu wodno-prawnym. Pozostałe statystyki opisowe zawiera tabela 2.

Tabela 2. Zestawienie wartości BZT₅ w ściekach surowych, oczyszczonych mechanicznie i biologicznie wraz ze skutecznością zmniejszenia w roku 2009

Table 2. Comparison of BOD₅ values in raw, mechanically and biologically treated sewage together with the removal effectiveness in 2009

Miesiąc/parametr	BZT ₅ mgO ₂ dm ⁻³			Skuteczność zmniejszenia [%]		
	ścieki surowe	ścieki wstępnie oczyszczone	ścieki oczyszczone	po części mechanicznej	po części biologicznej	całkowita
styczeń	333,00	234,33	6,00	29,63	97,44	98,20
luty	257,33	195,00	5,03	24,22	97,42	98,05
marzec	226,80	187,20	12,00	17,46	93,59	94,71
kwiecień	311,00	171,67	8,67	44,80	94,95	97,21
maj	340,67	249,00	5,00	26,91	97,99	98,53
czerwiec	291,40	204,80	4,20	29,72	97,95	98,56
lipiec	193,25	146,00	4,00	24,45	97,26	97,93
sierpień	304,67	203,67	2,00	33,15	99,02	99,34
wrzesień	332,00	252,75	3,08	23,87	98,78	99,07
październik	323,50	226,25	4,83	30,06	97,87	98,51
listopad	381,00	183,00	4,00	51,97	97,81	98,95
wartość minimalna	193,25	146,00	2,00	17,46	93,59	94,71
wartość średnia	299,51	204,88	5,35	30,57	97,28	98,10
wartość maksymalna	381,00	252,75	12,00	51,97	99,02	99,34
wartość dopuszczalna	15	15	15	–	–	–
liczba przekroczeń	11	11	0	–	–	–
odchylenie standardowe	54,47	33,20	2,78	9,88	1,61	1,27
mediana	311,00	203,67	4,83	29,63	97,81	98,51

Analiza wyników ChZT_{Cr}. W tabeli 3 przedstawiono wartości ChZT_{Cr} w ściekach surowych, oczyszczonych mechanicznie i oczyszczonych biologicznie oraz skuteczność zmniejszenia tego wskaźnika w badanym okresie. Dodatkowo zestawiono podstawowe statystyki opisowe oraz liczbę przekroczeń wartości dopuszczalnej.

Tabela 3. Zestawienie wartości ChZT_{cr} w ściekach surowych, oczyszczonych mechanicznie i biologicznie wraz ze skutecznością zmniejszania w roku 2009
Table 3. Comparison of COD_{cr} values in raw, mechanically and biologically treated sewage together with the removal effectiveness in 2009

miesiąc/parametr	ChZT_{cr} mg/dm^3			Skuteczność zmniejszenia [%]		
	ścieki surowe	ścieki wstępnie oczyszczone	ścieki oczyszczone	po części mechanicznej	po części biologicznej	całkowita
styczeń	916,67	587,67	45,33	35,89	92,29	95,05
luty	645,25	487,00	41,50	24,53	91,48	93,57
marzec	541,60	379,20	74,80	29,99	80,27	86,19
kwiecień	951,67	493,00	75,00	48,20	84,79	92,12
maj	609,67	461,00	38,00	24,39	91,76	93,77
czerwiec	607,80	442,60	41,20	27,18	90,69	93,22
lipiec	444,00	335,75	40,25	24,38	88,01	90,93
sierpień	605,67	376,00	42,33	37,92	88,74	93,01
wrzesień	766,75	527,50	40,75	31,20	92,27	94,69
październik	733,75	438,50	46,75	40,24	89,34	93,63
listopad	774,00	429,00	45,00	44,57	89,51	94,19
wartość minimalna	444,00	335,75	38,00	24,38	80,27	86,19
wartość średnia	690,62	450,66	48,26	33,50	89,01	92,76
wartość maksymalna	951,67	587,67	75,00	48,20	92,29	95,05
wartość dopuszczalna	75	75	75	–	–	–
liczba przekroczeń	11	11	1	–	–	–
odchylenie standardowe	154,78	72,43	13,41	8,45	3,65	2,46
mediana	645,25	442,60	42,33	31,20	89,51	93,57

Od stycznia do listopada 2009 roku średnia wartość ChZT_{Cr} w ściekach surowych dopływających do oczyszczalni ukształtowała się na poziomie $690,62 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ (tab. 3). W porównaniu z innymi badanymi oczyszczalniami wartość ta mieści się w granicach podawanych przez literaturę [Chmielowski, Ślizowski 2008; Chmielowski, Ślizowski 2009]. Mediana ChZT_{Cr} ukształtowała się na podobnym poziomie i wyniosła $645,25 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$. Urządzenia części mechanicznej oczyszczalni spowodowały zmniejszenie ChZT_{Cr} o 33,50% w stosunku do ścieków surowych. Średnia skuteczność zmniejszenia ChZT_{Cr} po części biologicznej wyniosła 89,01% w stosunku do ścieków oczyszczonych mechanicznie, podczas gdy średnia całkowita skuteczność zmniejszenia ChZT_{Cr} ukształtowała się na wysokim poziomie 92,76%. Stwierdzono na 11 analizowanych próbek ścieków oczyszczonych 1 przekroczenie w stosunku do wymogów pozwolenia wodno-prawnego ($75 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$).

Analiza wyników zawiesiny ogólnej. Wyniki stężenia zawiesiny ogólnej w ściekach surowych, oczyszczonych mechanicznie i biologicznie, oraz skuteczność zmniejszenia tego wskaźnika, przedstawiono w tabeli 4. W tabeli przedstawiono również zestawienie podstawowych statystyk opisowych dotyczących badanego wskaźnika.

Tabela 4. Zestawienie wartości zawiesiny ogólnej w ściekach surowych, oczyszczonych mechanicznie i biologicznie wraz ze skutecznością zmniejszania w roku 2009

Table 4. Comparison of total suspended solids values in raw, mechanically and biologically treated sewage together with the removal effectiveness in 2009

Miesiąc/parametr	zawiesina ogólna mg/dm ³			Skuteczność zmniejszenia [%]		
	ścieki surowe	ścieki wstępnie oczyszczone	ścieki oczyszczone	po części mechanicznej	po części biologicznej	całkowita
styczeń	416,73	151,21	20,39	63,72	86,52	95,11
luty	354,40	142,50	22,92	59,79	83,92	93,53
marzec	345,57	158,10	32,50	54,25	79,44	90,60
kwiecień	434,39	182,06	49,17	58,09	72,99	88,68
maj	425,26	174,74	95,21	58,91	45,51	77,61
czerwiec	332,61	138,50	18,76	58,36	86,45	94,36
lipiec	302,66	115,40	12,43	61,87	89,23	95,89
sierpień	336,37	131,67	14,93	60,86	88,66	95,56
wrzesień	336,33	153,30	17,18	54,42	88,79	94,89
październik	395,74	144,42	22,82	63,51	84,20	94,23
listopad	336,00	142,00	4,00	57,74	97,18	98,81
wartość minimalna	302,66	115,40	4,00	54,25	45,51	77,61
wartość średnia	365,10	148,54	28,21	59,23	82,08	92,66
wartość maksymalna	434,39	182,06	95,21	63,72	97,18	98,81
wartość dopuszczalna	50	50	50	–	–	–
liczba przekroczeń	11	11	1	–	–	–
odchylenie standardowe	44,69	18,74	25,07	3,17	13,57	5,66
mediana	345,57	144,42	20,39	58,91	86,45	94,36

Średnie stężenie zawiesiny ogólnej w okresie od stycznia do listopada 2009 roku wyniosło 365,10 mg/dm³. Wartość minimalna zawiesiny ogólnej w ściekach surowych wyniosła 302,66 mg/dm³ a maksymalna 434,39 mg/dm³. Odchylenie standardowe wyniosło 44,69 mg/dm³ i świadczy o szerokim zakresie odnotowanych wartości zawiesiny ogólnej. Średnie stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach oczyszczonych mechanicznie wyniosło 148,54 mg/dm³ co daje wysoką skuteczność jej zmniejszenia (59,23%). Średnie stężenie zawiesiny

ogólnej w ściekach oczyszczonych biologicznie kształtowało się na poziomie $28,21 \text{ mg/dm}^3$. Jest to znacznie poniżej wartości dopuszczalnej (50 mg/dm^3) i świadczy o poprawnej pracy oczyszczalni. W rozpatrywanym okresie stwierdzono 1 przekroczenie wartości dopuszczalnej, miało to miejsce w miesiącu maju oraz stosunkowo wysoką wartość w miesiącu kwietniu, zbliżoną do wartości dopuszczalnej ($49,17 \text{ mg/dm}^3$). Przyczyną tego stanu mógł być zwiększony dopływ ścieków do oczyszczalni spowodowany opadami atmosferycznymi.

Analiza wyników azotu ogólnego. Poza wskaźnikami zanieczyszczeń z grupy podstawowej analizie poddano dwa wskaźniki z grupy zanieczyszczeń eutroficznych (azot ogólny i fosfor ogólny). W tabeli 5 zestawiono stężenia azotu ogólnego w ściekach surowych, oczyszczonych mechanicznie i biologicznie oraz skuteczność jego zmniejszenia po stopniu mechanicznym, biologicznym i łącznie w całej oczyszczalni.

Tabela 5. Zestawienie wartości azotu ogólnego w ściekach surowych, oczyszczonych mechanicznie i biologicznie wraz ze skutecznością zmniejszenia w roku 2009

Table 5. Comparison of general nitrogen values in raw, mechanically and biologically treated sewage together with the removal effectiveness in 2009

Miesiąc/parametr	azot ogólny mg/dm^3			Skuteczność zmniejszenia [%]		
	ścieki surowe	ścieki wstępnie oczyszczone	ścieki oczyszczone	po części mechanicznej	po części biologicznej	całkowita
Styczeń	64,34	68,41	10,03	-6,33	85,34	84,41
Luty	55,97	58,96	8,99	-5,34	84,75	83,94
Marzec	42,48	46,06	9,18	-8,43	80,07	78,39
Kwiecień	62,03	65,03	14,49	-4,84	77,72	76,64
Maj	63,63	69,27	9,60	-8,86	86,14	84,91
Czerwiec	46,98	52,04	9,70	-10,77	81,36	79,35
Lipiec	43,21	47,87	10,33	-10,78	78,42	76,09
Sierpień	38,22	40,12	6,53	-4,97	83,72	82,91
Wrzesień	56,39	59,33	7,02	-5,21	88,17	87,55
Październik	49,77	46,10	6,54	7,37	85,81	86,86
Listopad	56,44	67,99	8,12	-20,46	88,06	85,61
Wartość minimalna	38,22	40,12	6,53	-20,46	77,72	76,09
Wartość średnia	52,68	56,47	9,14	-7,15	83,60	82,43
Wartość maksymalna	64,34	69,27	14,49	7,37	88,17	87,55
Wartość dopuszczalna	15	15	15	–	–	–
Liczba przekroczeń	11	11	0	–	–	–
Odchylenie standardowe	9,09	10,51	2,25	6,61	3,68	4,10
Mediana	55,97	58,96	9,18	-6,33	84,75	83,94

Średnie stężenie azotu ogólnego w ściekach surowych wyniosło $52,68 \text{ mgN}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$. Biorąc pod uwagę dane literaturowe [Heidrich, Witkowski 1993; Łomotowski, Szpindor 2002; Krzanowski, Wałęga 2004; Chmielowski, Ślizowski 2009], należy stwierdzić, że jest to wartość odpowiadająca przeciętnym wartościom tego wskaźnika w komunalnych ściekach surowych. Średnie stężenie azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych mechanicznie wyniosło $56,47 \text{ mgN}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ i było wyższe niż ścieków surowych. Sytuacja taka może wynikać z tego, że w ściekach surowych występują ciała stałe jeszcze nie rozdrobione i w swoim składzie zawierają formy azotu. Natomiast na wskutek długiego przebywania w ściekach po pewnym czasie azot może być uwalniany do ścieków, co powoduje jego zwiększone wartości w ściekach oczyszczonych mechanicznie. Zasadnicze procesy usuwania azotu ogólnego (nityfikacja i denityfikacja) zachodzą dopiero w części biologicznej oczyszczalni (reaktor biologiczny). Po stopniu biologicznym zaobserwowano wysoką skuteczność zmniejszenia azotu ogólnego (średnio 83,60%) podczas gdy całkowita skuteczność ukształtowała się na poziomie 82,43%. W żadnej z 11 próbek ścieków oczyszczonych nie stwierdzono przekroczeń wartości dopuszczalnej ($15 \text{ mgN}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$), a średnie stężenie azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych wyniosło $9,14 \text{ mgN}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Analiza wyników fosforu ogólnego. Drugim badanym wskaźnikiem zanieczyszczenia ścieków z grupy eutroficznej był fosfor ogólny. W tabeli 6 zestawiono stężenia fosforu ogólnego w ściekach surowych, oczyszczonych mechanicznie oraz oczyszczonych biologicznie. Ponadto w tabeli 6 zestawiono skuteczności usuwania fosforu ogólnego po części mechanicznej, biologicznej i całkowitą oraz podstawowe statystyki opisowe wraz z liczbą przekroczeń wartości dopuszczalnej.

W okresie od stycznia do listopada 2009 roku średnia skuteczność usuwania fosforu ogólnego wyniosła 93,41%, podczas gdy skuteczność usuwania po stopniu mechanicznym wyniosła 3,84%, a po stopniu biologicznym 93,28%. Tak wysoką skuteczność zmniejszenia fosforu ogólnego uzyskano poprzez zastosowanie chemicznego strącenia. W wyniku tego fosfor został usunięty wraz z osadem wtórnym. Średnie stężenie fosforu ogólnego w ściekach oczyszczonych wyniosło $0,44 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$, co stanowi niewielką i bezpieczną dla środowiska naturalnego wartość. Pozwolenie wodno-prawne dopuszcza wartość fosforu ogólnego nie większą niż $1,5 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$. W 11 analizowanych próbkach ścieków oczyszczonych nie stwierdzono żadnych przekroczeń wartości dopuszczalnej.

Tabela 6. Zestawienie wartości fosforu ogólnego w ściekach surowych, oczyszczonych mechanicznie i biologicznie wraz ze skutecznością zmniejszania w roku 2009
Table 6. Comparison of general phosphorus values in raw, mechanically and biologically treated sewage together with the removal effectiveness in 2009

Miesiąc/parametr	fosfor ogólny mg/dm ³			Skuteczność zmniejszenia [%]		
	ścieki surowe	ścieki wstępnie oczyszczone	ścieki oczyszczone	po części mechanicznej	po części biologicznej	całkowita
Styczeń	7,44	8,14	0,88	-9,41	89,19	88,17
Luty	6,85	7,56	0,36	-10,36	95,24	94,74
Marzec	5,54	6,05	0,86	-9,21	85,79	84,48
Kwiecień	10,40	8,16	0,67	21,54	91,79	93,56
Maj	7,76	7,15	0,57	7,86	92,03	92,65
Czerwiec	5,96	6,01	0,26	-0,84	95,67	95,64
Lipiec	3,88	4,68	0,23	-20,62	95,09	94,07
Sierpień	5,80	4,36	0,22	24,83	94,95	96,21
Wrzesień	6,08	5,58	0,29	8,22	94,80	95,23
Październik	5,86	5,08	0,27	13,31	94,69	95,39
Listopad	6,84	5,68	0,18	16,96	96,83	97,37
Wartość minimalna	3,88	4,36	0,18	-20,62	85,79	84,48
Wartość średnia	6,58	6,22	0,44	3,84	93,28	93,41
Wartość maksymalna	10,40	8,16	0,88	24,83	96,83	97,37
Wartość dopuszczalna	1,5	1,9	1,5	–	–	–
Liczba przekroczeń	11	11	0	–	–	–
Odchylenie standardowe	1,64	1,34	0,26	14,89	3,30	3,82
Mediana	6,08	6,01	0,29	7,86	94,80	94,74

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Celem przeprowadzonych badań była ocena skuteczności oczyszczania ścieków w oczyszczalni ścieków w Nowym Sączu-Wielopolu. Okres badań obejmował przedział czasowy od stycznia do listopada 2009 roku. Badano następujące wskaźniki zanieczyszczenia ścieków: BZT₅, ChZT_{Cr}, zawiesinę ogólną, azot ogólny oraz fosfor ogólny.

Na podstawie przeprowadzonej analizy danych można sformułować następujące wnioski:

- średni dobowy przepływ ścieków ukształtował się na poziomie 27 930 m³·d⁻¹. Największy przepływ wystąpił w czerwcu 2009 roku i był spowodowany intensywnymi opadami atmosferycznymi,

- średnie wartości analizowanych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych w badanym okresie wyniosły: BZT₅- 299,51 mgO₂·dm⁻³, ChZT_{Cr} –

690,62 mgO₂·dm⁻³, zawiesiny ogólnej – 365,10 mg·dm⁻³, azotu ogólnego – 52,68 mgN_{og}·dm⁻³, fosforu ogólnego – 6,58 mgP_{og}·dm⁻³,

– średnie wartości w ściekach oczyszczonych ukształtowały się następująco:
BZT₅– 5,35 mgO₂·dm⁻³, ChZT_{Cr} – 48,26 mgO₂·dm⁻³, zawiesiny ogólnej 28,21 mg·dm⁻³, azotu ogólnego – 9,14 mgN_{og}·dm⁻³, fosforu ogólnego 0,44 mgP_{og}·dm⁻³,

– średnia skuteczność usuwania zanieczyszczeń wynosiła dla poszczególnych wskaźników: BZT₅ 98,10%, ChZT_{Cr} 92,76%, zawiesiny ogólnej 92,66%, azotu ogólnego 82,43%, fosforu ogólnego 93,41% ,

– oczyszczalnia poza prowadzonym w obiekcie biologicznym procesem redukcji fosforu przystosowana jest do chemicznego prowadzenia procesu przy użyciu PIX-u, dzięki temu można uzyskać bardzo wysoką skuteczność usuwania fosforu ogólnego,

– oczyszczalnia ścieków jest nowoczesnym obiektem w pełni przystosowanym do oczyszczania ścieków zgodnie z wymogami.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdza się prawidłowe działanie obiektu oraz spełnienie wymogów pozwolenia wodno-prawnego.

BIBLIOGRAFIA

- 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. Wrocław 1989.
- Sikorski M. *Charakterystyka ścieków wiejskich i sposób ich unieszkodliwiania*. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie. Częstochowa 1994a.
- Sikorski M. *Oczyszczanie i oczyszczalnie w Polsce*. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie, nr 4, 1994b.
- Bernacka J. *Odprowadzenie i oczyszczanie ścieków z budownictwa jednorodzinne*. Materiały Seminaryjne nr 415. PZITS. Warszawa 1984.
- Heidrich Z., Witkowski A. *Kształtowanie wiejskich systemów zaopatrzenia w wodę, usuwania i oczyszczania ścieków*. Zeszyt Problemowy PZITS nr 672. Technika Sanitarna Wsi 1993.
- Hartman L. *Biologiczne oczyszczanie ścieków*. Wydawnictwo Instalator Polski. Warszawa 1992.
- Łomotowski J., Szpindor A. *Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków*. Arkady, Warszawa 2002.
- 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.
- Pozwolenie wodno-prawne*. Pozwolenie wodno-prawne wydane przez Prezydenta miasta Nowego Sącza 1999.
- Krzanowski S., Wałęga A. *Ocena niezawodności działania mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków dla miasta Dąbrowa Tarnowska*. Inżynieria włókiennicza i ochrona środowiska nr 14. ATH. Bielsko-Biała 2004.

- Chmielowski K. Bugajski P. *Evaluation of sewage treatment's effectiveness in Bioblok PS-50 sewage treatment plant in Gruszów*. Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 17, No. 2C, 2008, 2008, s. 30–33.
- Chmielowski K., Ślizowski R. *Skuteczność zmniejszenia zanieczyszczeń ścieków w oczyszczalni „Kujawy”*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 2/2008. 2008, s. 195–203.
- Chmielowski K. Ślizowski R. *Redukcja zanieczyszczeń na przykładzie oczyszczalni ścieków w Tarnowie*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 5/2009. 2009, s. 137–146.

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 Węglarczyk*