INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 1/IV/2013, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 99–111
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

OCENA REDUKCJI ZANIECZYSZCZEŃ W OCZYSZCZALNI HYDROPONICZNEJ

Aleksandra Bawiec[1], Katarzyna Pawęska[1], Tomasz Zawałek[2], Krzysztof Pulikowski[1]
[1]Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
[2]Oczyszczalnia Ścieków w Paczkowie

EVALUATION OF REDUCTION OF POLLUTANTS IN A HYDROPONIC WASTEWATER TREATMENT PLANT

Streszczenie

W pracy podjęto próbę oceny efektywności oczyszczania ścieków na obiekcie w Paczkowie, który jest eksploatowany w technologii hydroponicznej. W celu określenia efektywności pracy oczyszczalni w zakresie usuwania azotu, fosforu, zawiesiny ogólnej, BZT5 i ChZT, analizie poddano wyniki badań ścieków pobieranych na wlocie do oczyszczalni oraz ścieków oczyszczonych na wylocie z obiektu. Okres badawczy obejmował lata 2009 – 2011. Analiza uzyskanych danych wykazała, że skuteczność oczyszczania w odniesieniu do wszystkich parametrów nie spadała poniżej 77,0%. Największą skuteczność oczyszczania odnotowano dla zawiesiny ogólnej (99,0%), dla BZT5 i fosforu wynosiła ona minimum 98,0% i 98,1%, a dla ChZT – 94,8%. Najniższą skuteczność oczyszczania (jednak nie mniejszą niż 77,0%) uzyskano dla azotu ogólnego, którego dopuszczalne stężenie na odpływie z oczyszczalni zostało kilkukrotnie przekroczone w ciągu okresu badawczego.

Na podstawie analiz wyników badań oraz przeprowadzonych studiów literaturowych stwierdzono, że blok hydrobotaniczny stanowiący trzeci stopień oczyszczania ścieków komunalnych pozwala na znaczną redukcję wartości poszczególnych zanieczyszczeń w odprowadzanych ściekach tak, aby możliwe było uzyskanie na odpływie wartości BZT5 poniżej 4,8 mgO2/dm3, ChZT w granicach 24,2-33,0 mgO2/dm3, zawiesiny ogólnej poniżej 3,4 mg/dm3, fosforu ogólne-

go nie więcej niż 0,3 mgP/dm3 oraz azotu ogólnego poniżej 20,4 mgN/dm3. Uzyskane wyniki badań świadczą o tym, że makrofity oraz inna roślinność zasiedlająca lagunę hydroponiczną, posiadają zdolność redukcji stężeń związków biogennych w ściekach, co umożliwia odprowadzanie do odbiornika wód o lepszej jakości niż ta w nim płynąca.

Słowa kluczowe: hydroponika, oczyszczanie ścieków, skuteczność oczyszczania

Summary

The paper attempts to evaluate effectiveness of treatment of wastewater in sewage treatment plant in Paczków which is used in hydroponic technology. In order to determine the efficiency of wastewater treatment for the removal of nitrogen, phosphorus, suspended solids, BOD5 and COD, results of analyses of wastewater collected at the inlet of the treatment plant and at the outlet of the object were analyzed. Research period covered the years 2009 to 2011. Analysis of the data showed that the purification efficiency related to all parameters did not drop below 77.0%. The biggest effectiveness of sewage treatment was observed for total suspended solids (99.0%) for BOD and phosphorus it was at least 98.0% and 98.1%, and for COD – 94.8%. The lowest efficacy of treatment (but not less than 77.0%) was found for total nitrogen, which allowed concentration in sewage at the outlet from wastewater treatment plant has been exceeded several times during the study period. Based on the results of analyzes and literature studies was found that the hydroponic block which is tertiary step of urban wastewater treatment allows for considerable reduction of values of individual pollutants in discharged wastewater to make it possible to reach at the outlet values of BOD less than 4.8 mgO2/dm3, COD in the range 24.2-33.0 mgO2/dm3, total suspended solids below 3.4 mg/dm3, total phosphorus less than 0.3 mgP/dm3 and total nitrogen below the 20.4 mgN/dm3. Obtained results indicate that macrophytes and other hydroponic plants inhabiting the lagoon, have the ability to reduce the concentrations of nutrients in the wastewater, which allows drainage to receiver water of a better quality than the water flowing.

Key words: *hydroponic, wastewater treatment, treatment efficacy*

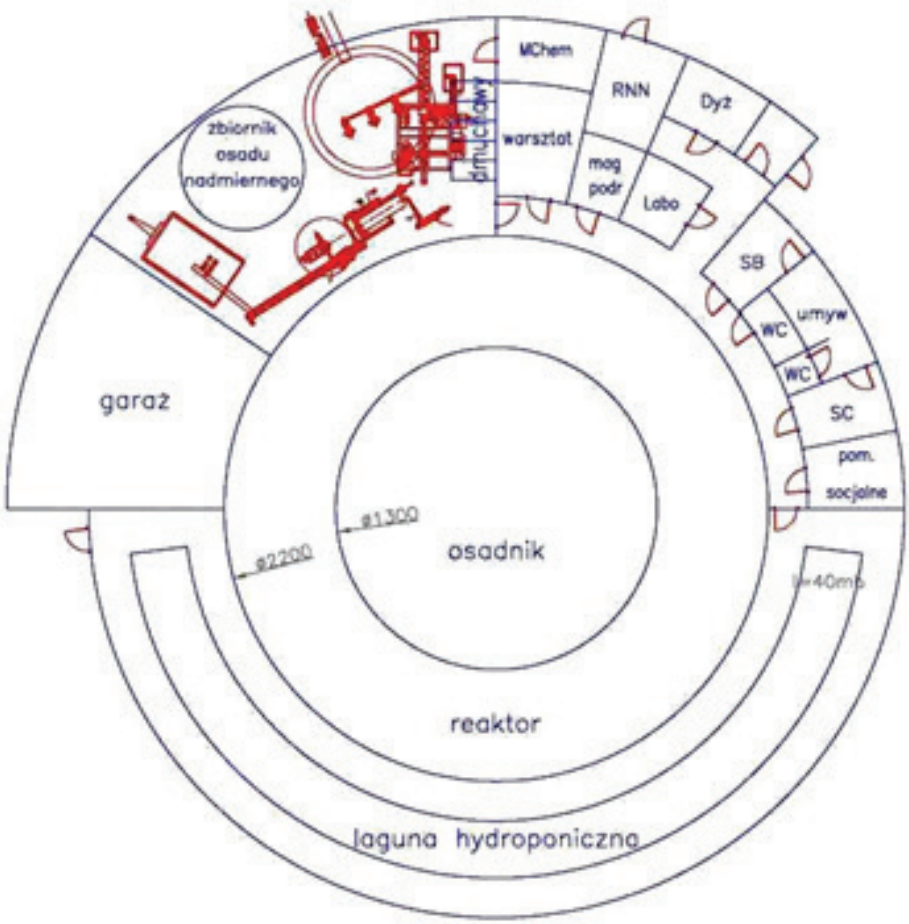
WSTĘP

Gromadzenie i unieszkodliwianie ścieków na obszarach bez centralnej kanalizacji, mimo istnienia wielu rozwiązań technicznych, nadal stanowi problem,

głównie ze względu na niedostateczny stopień oczyszczania ścieków [Dolata 2008, Heidrich 2005, Wiśniewska-Kadżajan i in. 2012]. Nie bez znaczenia jest również aspekt ekonomiczny, który wymusza poszukiwanie nowych, tańszych rozwiązań [Rababah, Ashbolt 2000]. W warunkach Polski nie jest możliwe stuprocentowe skanalizowanie obszarów wiejskich, ze względu na małą gęstość zaludnienia, rozproszoną zabudowę oraz duże różnice wysokości terenu na obszarach górskich i podgórskich [Bugajski , Bergel 2009, Ignatowicz , Puchlik 2011]. Dlatego też, dla obszarów tego typu proponowane są przydomowe oczyszczalnie ścieków składające się z osadnika gnilnego oraz stopnia biologicznego np. złoża roślinno-gruntowego [Pawęska, Malczewska 2009, Obarska-Pempkowiak i in. 2012]. Alternatywnym sposobem oczyszczania ścieków na terenach nieskanalizowanych mogą być systemy wykorzystujące zdolności makrofitów do pobierania biogenów – fosforu i azotu, bezpośrednio z roztworu wodnego [Bugajski P. 2006]. Uprawa roślin bez podłoża glebowego, w której korzenie zanurzone są w wodzie wzbogaconej w substancje odżywcze nazywa się uprawą hydroponiczną. Badania nad działaniem systemów hydroponicznych doprowadziły do rozwoju nowej metody oczyszczania ścieków, w której roztwór wodny zamieniono na ścieki po drugim lub trzecim stopniu oczyszczania, a metodę tą nazwaną „bioponiką" bądź „hydroponiką organiczną" [Ayaz , Saygin 1996].

Dosłowne tłumaczenie słowa hydroponika, wywodzącego się od łacińskich słów: hydro – woda i ponos – praca oznacza „pracująca woda". Uprawa roślin bez podłoża glebowego może odbywać się z wykorzystaniem obojętnego medium (pływające podpory z tworzyw sztucznych, żwir), które nie wpływa w żaden sposób na zdolność pobierania substancji z roztworu. W porównaniu z uprawą roślin w tradycyjnym systemie glebowym, uprawa hydroponiczna ma wiele zalet jak: możliwość działania przy jakimkolwiek przepływie, eliminacja chorób, pasożytów, a tym samym stosowania środków ochrony roślin czy intensywnego nawadniania. Nie bez znaczenia jest też fakt, że uprawę można prowadzić na terenach skrajnie suchych, w których nie jest możliwa uprawa tradycyjna. Wobec braku gleby nie występuje także jej zmęczenie, które generowałoby konieczność zmianowania. Pobieranie przez rośliny nutrientów wprost z roztworu oraz możliwość sterowania ich stężeniem, pozwala na uzyskiwanie większych plonów, co jest szczególnie istotne w przypadku prowadzenia upraw roślin do celów handlowych [Muller 2007]. W chwili obecnej najpopularniejszym systemem wykorzystywanym na terenach wiejskich w celu gromadzenia i oczyszczania ścieków jest połączenie osadnika gnilnego i drenażu rozsączającego. Oczyszczalnie tego typu wykonywane nieprawidłowo mogą stanowić po-

ważne zagrożenie dla jakości płytko zalegających wód gruntowych jak i samej gleby [Królak i in. 2011, Obarska-Pempkowiak inni 2009]. Wobec powyższego powinno się dążyć do wykorzystywania technologii, które przy maksymalnych poziomach redukcji nie stanowiłyby zagrożenia ani dla gleby ani dla wód gruntowych. Taką technologią jest oczyszczanie „hydroponika organiczna".



Źródło: www.biopax.com.pl
Source: www.biopax.com.pl

Rysunek 1. Schemat oczyszczalni hydroponicznej firmy BIOPAX-WBWW Sp. z o.o., o przepustowości do 2 500 m^3

Figure 1. Scheme of hydroponic wastewater treatment plant BIOPAX-WBWW Sp. z o.o with capacity up to 2 500 m^3

CEL, ZAKRES, METODYKA

Celem badań była ocena skuteczności usuwania zanieczyszczeń ze ścieków bytowych w oczyszczalni wyposażonej w lagunę hydroponiczną, stanowiącą trzeci stopień oczyszczania ścieków. Redukcję zanieczyszczeń określono na podstawie analizy fizykochemicznej ścieków dopływających oraz odpływających z oczyszczalni, wykonywanych na zlecenie Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Paczkowie przez laboratorium akredytowane w Pszczynie. Skuteczność pracy laguny szacowano dla wskaźników zanieczyszczeń: azotu, fosforu, zawiesiny ogólnej oraz wskaźników: BZT_5 i ChZT.

OBIEKT BADAWCZY

Skuteczność oczyszczania ścieków w technologii hydroponicznej określano na przykładzie oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w gminie Paczków, w województwie opolskim, którą oddano do użytku w 1999 roku. Obiekt przyjmuje ścieki bytowe od 22 396 RLM. Ścieki są doprowadzane siecią kanalizacyjną oraz dowożone taborem asenizacyjnym. Maksymalne hydrauliczne obciążenie oczyszczalni wynosi 2 500 m^3/d, jednak w rzeczywistości obiekt przyjmuje dziennie około 1350 m^3 ścieków. Oczyszczone ścieki odprowadzane są do Nysy Kłodzkiej. Oczyszczalnia w Paczkowie charakteryzuje się specyficznym rozwiązaniem architektonicznym. Jest ona zbudowana na planie koła, a wszystkie urządzenia ciągu technologicznego zblokowane są w jej wnętrzu (rys. 1).

Jest to istotne szczególnie z punktu widzenia oszczędności przestrzeni jak i ograniczania negatywnego wpływu obiektu na środowisko przyrodnicze. Dzięki zadaszeniu zminimalizowane są także wszelkie uciążliwości zapachowe związane z procesem oczyszczania [Zawałek 2010]. Technologia oczyszczania ścieków oparta jest na osadzie czynnym [Padlo , Machowicz 2000], natomiast jako trzeci stopień oczyszczania wykorzystano procesy zachodzące w „sztucznej rzece" – lagunie hydroponicznej (rys. 2). Układ ten jest autorską technologią opracowaną przez mgr inż. Janusza Wasia, który jest jednym z założycieli firmy BIOPAX-WBWW Sp. z o.o. wykonującej projekty hydroponicznych oczyszczalni. Pojemność czynna przygotowanego koryta wynosi 530 m^3, a oczyszczone w procesach biologicznych ścieki przepływają przez nie w czasie 5 godzin [Zawałek 2010]. W lagunie zainstalowane są panele pionowe i poziome, które stanowią podporę dla makrofitów oraz zespołu poroślowego. Dzięki obudowie ścian wykonanej z poliwęglanu komórkowego o dużej przezroczystości,

w otoczeniu laguny panują warunki szklarniowe, gdzie temperatura dochodzi do 40°C, a wilgotność nawet do 90%. Pozwala to na zintensyfikowanie procesów samooczyszczania, podobnych do tych, które zachodzą w naturalnych ekosystemach. Na całej długości laguny wykorzystano rośliny gatunków takich jak: pistia rozetkowa, limnobium południowoamerykańskie, hiacynt wodny, wywłócznik okółkowy, kotewka orzech wodny, rzęsa wodna) oraz zakorzenione, które w tym przypadku unoszone są na poziomych podporach (tatarak zwyczajny, trzcina pospolita, jaszczurzec pochylony).

Źródło: fot. mgr inż. Aleksandra Bawiec
Source: fot. mgr inż. Aleksandra Bawiec

Rysunek 2. Przepływowa laguna hydroponiczna, Paczków 30.11.2012 r.
Figure 2. Continuous flow hydroponic lagoon, Paczków 30.11.2012 year

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Oczyszczalnia ścieków w Paczkowie jest obiektem przyjmującym ścieki z kanalizacji sanitarnej oraz dowożone taborem asenizacyjnym. Problemem są występujące podczas krótkotrwałych opadów burzowych przeciążenia, gdyż oczyszczalnia nie jest przygotowana do odbioru ścieków z kanalizacji ogólno-

spławnej. Wadliwe działanie kanalizacji deszczowej oraz dopływ ścieków burzowych do kanalizacji sanitarnej może negatywnie wpływać na skuteczność oczyszczania ścieków na obiekcie. Średni skład ścieków dopływających do oczyszczalni przedstawia tabela 1.

W każdym z analizowanych lat wykonywane było dwanaście analiz jakości ścieków dopływających do oczyszczalni. Największymi średnimi wartościami w analizowanym przedziale czasu charakteryzowało się ChZT, BZT_5 i zawiesina ogólna. Najmniejsze stężenia natomiast uzyskiwał azot i fosfor ogólny.

Skład ścieków oczyszczonych odprowadzanych do odbiornika przedstawia tabela 2.

Jakość ścieków odprowadzanych z układu oczyszczalni badana była w każdym miesiącu (12 prób w ciągu roku) przez laboratorium akredytowane w Pszczynie. Największy stopień oczyszczania uzyskano dla zawiesiny ogólnej, BZT_5 i ChZT, co potwierdzają przedstawione w dalszej części artykułu analizy skuteczności oczyszczania ścieków w obiekcie hydroponicznym w Paczkowie.

Jakość ścieków jakie można odprowadzić do wód lub ziemi reguluje w Polsce Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. [Rozporządzenie MŚ, 2006]. W przypadku oczyszczalni hydroponicznej w Paczkowie, ustanowione zostały bardziej restrykcyjne wymagania dotyczące zawiesiny ogólnej i fosforu. Porównanie wymagań stawianych przez ustawodawców i konstruktorów obiektu przedstawia tabela 3.

Narzucenie bardziej restrykcyjnych wymagań co do jakości odprowadzanych ścieków wynika z faktu, iż oczyszczalnia w Paczkowie ma być obiektem, w którym uzyskuje się maksymalny możliwy stopień oczyszczenia ścieków na drodze procesów samooczyszczania zachodzących w lagunie hydroponicznej. Dzięki takiemu podejściu, woda zrzutowa często charakteryzuje się lepszą jakością niż ta płynąca w Nysie Kłodzkiej, co może przyczyniać się do poprawy warunków środowiskowych w ekosystemie tego cieku.

Sprawność oczyszczania określano w oparciu o formułę:

$$\eta = \frac{S_{sur.} - S_{ocz.}}{S_{sur.}} \cdot 100 \ [\%],$$

gdzie:

$S_{ocz.}$ – stężenie zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych, mg/dm3

$S_{sur.}$ – stężenie zanieczyszczeń w ściekach surowych mg/dm3

W tabeli 4 przedstawiono średnią sprawność oczyszczania ścieków, obliczoną w oparciu o dane z lat 2009-2011.

Tabela 1. Średni skład ścieków dopływających do oczyszczalni ścieków w Paczkowie w latach 2009-2011
Table 1. The average composition of wastewater flowing into wastewater treatment plant in Paczków, in 2009-2011

Rok	Wskaźnik zanieczyszczeń [mg × dm^{-3}]														
	BZT_5			ChZT			Azot ogólny			Fosfor ogólny			Zawiesina ogólna		
2009	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.
	79,6	296,4	976	286	905,3	4040	44,3	70,8	108	7,15	10,1	15,9	65	145,9	463
odchylenie standardowe	297,1			1276,2			24,9			3,2			206,7		
2010	45	233	478	164	565,4	1705	8,46	50,5	177	2,37	6,1	18,8	57	225,7	654
odchylenie standardowe	166,8			434,5			42,7			4,2			183,7		
2011	74,3	274,5	450	134	555,8	1260	39	114,6	92	5,39	73,2	21,4	96	228,8	596
odchylenie standardowe	153,9			300,8			16,5			4,5			136,5		

Źródło: Dokumenty Sprawozdawcze Oczyszczalni Ścieków w Paczkowie 2009-2011
Source: Dokumenty Sprawozdawcze Oczyszczalni Ścieków w Paczkowie 2009-2011

Tabela 2. Średni skład ścieków oczyszczonych w oczyszczalni ścieków w Paczkowie, w latach 2009-2011
Table 2. The average composition of wastewater outflowing from wastewater treatment plant in Paczków, in 2009-2011

Rok	Wskaźnik zanieczyszczeń [mg/dm^3]														
	BZT_5			ChZT			Azot ogólny			Fosfor ogólny			Zawiesina ogólna		
2009	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.	min.	śr.	max.
	1,0	3,4	7,7	20,0	24,2	33,9	5,9	16,3	39,7	0,1	0,15	0,3	2,0	2,3	6,0
odchylenie standardowe	2,1			6,0			12,7			0,1			1,4		
2010	0,3	4,8	19,8	10,0	29,3	63,0	2,6	11,6	41,0	0,03	0,12	0,15	2,0	3,4	8,7
odchylenie standardowe	4,8			15,3			10,4			0,04			3,2		
2011	0,5	3,5	24,0	5,1	24,2	36,0	5,6	10,5	22,4	0,1	0,3	1,4	2,0	2,4	7,0
odchylenie standardowe	6,5			9,1			5,7			0,4			2,8		

Źródło: Dokumenty Sprawozdawcze Oczyszczalni Ścieków w Paczkowie 2009-2011
Source: Dokumenty Sprawozdawcze Oczyszczalni Ścieków w Paczkowie 2009-2011

Tabela 3. Najwyższe dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń określone przez konstruktorów oczyszczalni i Rozporządzenie Ministra Środowiska
Table 3. The maximum pollution concentration determined by designers of wastewater treatment plant and by Regulation oh Minister of the Environment

Wskaźnik	Jednostka	Najwyższe dopuszczalne stężenie zanieczyszczeń według konstruktorów	Najwyższe dopuszczalne stężenie zanieczyszczeń według Rozporządzenia Ministra Środowiska
Zawiesina ogólna	mg/dm^3	25,0	35,0
BZT_5	$mg\ O_2/dm^3$	15,0	15,0
$ChZT_5$	$mg\ O_2/dm^3$	125,0	125,0
Fosfor ogólny	$mg\ P/dm^3$	1,5	2,0
Azot ogólny	$mg\ N/dm^3$	15,0	15,0

Źródło: Rozporządzenie MŚ, 2006, Padlo L., Machowicz J., 2000
Source: Rozporządzenie MŚ, 2006, Padlo L., Machowicz J., 2000

Tabela 4. Średnia roczna sprawność oczyszczania ścieków w latach 2009-2011
Table 4. The yearly average wastewater treatment, in 2009-2011

Rok	Sprawność oczyszczania [%]				
	BZT_5	ChZT	azot ogólny	fosfor ogólny	zawiesina ogólna
2009	98,8	97,3	77,0	98,5	98,4
2010	98,0	94,8	98,1	95,1	98,5
2011	98,7	95,6	90,8	98,1	99,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie Dokumenty Sprawozdawcze Oczyszczalni Ścieków w Paczkowie 2009-2011
Source: own research based on Dokumenty Sprawozdawcze Oczyszczalni Ścieków w Paczkowie 2009-2011

Jak wynika z powyższej tabeli, średnia roczna sprawność oczyszczania w paczkowskiej oczyszczalni nie spadała poniżej 77.0 %. Była to wartość sprawności jaką określono dla azotu ogólnego na podstawie stężeń tego parametru w ściekach surowych i oczyszczonych. Najskuteczniej zachodziła redukcja stężenia zawiesiny ogólnej – osiągała ona od 98,4 % w roku 2009 do nawet 99,0% w roku 2011. Z podobną skutecznością redukowane było BZT_5 – od 98,0% do 98,8 %. Dzięki dawkowaniu koagulantu (PIX – siarczan żelaza) do komory defosfatacji (końcowa komora nitryfikacji w reaktorze hybrydowym)

oraz działaniu laguny hydroponicznej, możliwe było uzyskanie skuteczności usuwania fosforu sięgającej 98,5% (nie spadała ona poniżej 95,1%). Sprawność procesów usuwania azotu (nitryfikacja, denitryfikacja, bioakumulacja) zachodziła z minimalną sprawnością sięgającą 77,0 %. W roku 2011 azot usuwany był z ponad 98,0% skutecznością. Na redukcję azotu znaczny wpływ ma panująca temperatura. W okresach zimowych usuwanie azotu może zachodzić z obniżoną skutecznością, ze względu na ograniczenie wegetacji roślin. Ostatnim z analizowanych parametrów było chemiczne zapotrzebowanie na tlen – ChZT, którego sprawność redukcji wynosiła średnio około 96,0%.

W Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2006 nr 137 poz. 984) określono maksymalne dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń jakie można odprowadzić do odbiornika lub minimalne stopnie redukcji zanieczyszczeń. Redukcja BZT_5, ChZT i zawiesiny ogólnej nie powinna być mniejsza niż 90,0%, co dzięki procesom oczyszczania ścieków prowadzonym w oczyszczalni w Paczkowie jest w pełni realizowane. Rozporządzenie nakłada na obiekt także konieczność redukcji stężenia azotu i fosforu o kolejno 80,0 i 85,0%. W przypadku fosforu oczyszczalnia spełnia nakładane przez ustawodawców wymagania, jednak wymagania dotyczące azotu nie zostały całkowicie spełnione (tab. 4)

WNIOSKI

Zebrane dane oraz wykonane analizy wykazały, że realizowanie procesu oczyszczania ścieków w oczyszczalni wzbogaconej o trzeci stopień oczyszczania ścieków w postaci laguny hydroponicznej, pozwala na skuteczne zmniejszenie stężeń zanieczyszczeń w ściekach. Skuteczność usuwania związków organicznych wyrażona w BZT_5 i ChZT przekraczała wymagane prawem 90,0%, co umożliwiło uzyskanie na odpływie wartości BZT_5 poniżej 4,8 mgO_2/dm^3, a ChZT w granicach 24,2-33,0 mgO_2/dm^3. Efekty usuwania związków biogennych były wysokie dzięki zastosowaniu oczyszczania biologicznego wspomaganego dawkowaniem koagulantu, efektem czego odprowadzano nie więcej niż 0,3 mgP/dm^3 fosforu ogólnego i 20,4 mgN/dm^3 ogólnego azotu. Na odpływie uzyskano wartości zawiesiny mniejsze niż 3,4 mg/dm^3 i w 100% spełniono konieczność zapewnienia minimum 90,0% skuteczności oczyszczania.

Wysoką sprawność oczyszczania ścieków i mniejsze niż wymagane wartości stężeń zanieczyszczeń na odpływie z oczyszczalni uzyskano dzięki połączeniu pracy hybrydowego reaktora przepływowego z laguną hydroponiczną zasiedloną przez makrofity. Roślinność wprowadzona do „sztucznej rzeki" pomaga w znacznym stopniu redukować stężenie azotui fosforu w ściekach na drodze bioakumulacji związków biogennych.

BIBLIOGRAFIA

Ayaz S., Saygin Ö. i inni (1996) Hydroponic tertiary treatment. Water Resources, vol. 30, nr 5, s. 1295-1298.

Bugajski P. (2006) Hydrobotaniczne (hydrofitowe) oczyszczanie ścieków. III konferencja Naukowo-Technicza „Błekitny San".

Bugajski P., Bergel T.(2009) Niedociążenia hydrauliczne przydomowych oczyszczalni ścieków., Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich, nr 5, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie.

Dokumenty Sprawozdawcze Oczyszczalni Ścieków w Paczkowie 2009-2011

Dolata M. (2008) System odprowadzania i oczyszczania ścieków na obszarach wiejskich – postęp i potrzeby., Journal of Agribusiness and Rural Development, 3 (9), s. 53-62, ISSN 1899-5772.

Heidrich Z. (2005) Kierunki rozwiązań systemów kanalizacyjnych na terenach wiejskich., Przegląd Naukowy, Inżynieria i Kształtowanie Środowiska z.2 (32), ISSN 1732-9353, s. 147-152.

Ignatowicz K., Puchlik M. (2011) Złoża biologiczne jako alternatywa oczyszczania małych ilości ścieków., Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, Rocznik Ochrona Środowiska, tom 13, ISSN 1506-218X, s. 1385-1404.

Królak E., Korycińska M., Diadik K., Godziuk S. (2011) Czy lokalne oczyszczalnie ścieków wpływają na jakość wód w odbiornikach?, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych nr 48, s. 343-352.

Müller R. (2007) Jak uprawiać rośliny bez ziemi czyli sekrety hydroponiki., Klub Dla Ciebie, Warszawa.

Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E. Ostojski A. (2009) Koncepcja rozwiązania problemu przydomowej gospodarki ściekowo-osadowej., Gaz woda i Technika Sanitarna, s.7-8.

Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., Ostojski A. (2012) Oczyszczalnia w ogrodzie., Seidel-Przywecki, ISBN: 987-83-60956-33-5, s.144.

Padlo L., Machowicz J. (2000) Księga eksploatacji oczyszczalni.

Pawęska K., Malczewska B. (2009) Sposoby oczyszczania małych ilości ścieków na terenach górskich bez centralnej kanalizacji., Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, nr 38, s. 286-297.

Rababah Abdellah A., Ashbolt Nicholas J. (2000) Innovative production treatment hydroponic farm for primary municipal sewage utilisation., Water Resources, vol. 34, nr 3.

Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. 2006 nr 137 poz. 984).

Wiśniewska-Kadżajan B., Jankowski K., Sosnowski J. (2012) Skuteczność oczyszczania ścieków komunalnych w wybranych oczyszczalniach powiatu siedleckiego., Ochrona Środowiska nr 52, s. 32-41

Zawałek T. (2010) Czy oczyszczalnia ścieków może być bardziej Eko?, Forum Eksploatatora, listopad/grudzień 2010, s. 36-38.

Mgr inż. Aleksandra Bawiec
Dr inż. Katarzyna Pawęska
Dr hab. inż. Krzysztof Pulikowski, prof. nadzw.
Instytut inżynierii Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy
pl. Grunwaldzki 24
50-365 Wrocław
aleksandra.bawiec@up.wroc.pl
katarzyna.paweska@up.wroc.pl
krzysztof.pulikowski@up.wroc.pl

mgr inż. Tomasz Zawałek
Oczyszczalnia ścieków w Paczkowie
Ul. Moniuszki 4
oczyszczalniapaczkow@interia.pl