Tomasz WAREŻAK¹
Sylwia MYSZOGRAJ²
Martyna DERA³

EFEKTYWNOŚĆ USUWANIA ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH I BIOGENNYCH W BIOREAKTORZE HYDROFITOWYM Z ZASTOSOWANIEM BIOPREPARATU

Stosowanie biopreparatów w oczyszczalniach ścieków wpływa na optymalizację rozkładu zanieczyszczeń organicznych w ściekach (odchody, papier, resztki roślinne, tłuszcz), lepszą biodegradację środków piorących i myjących, a także eliminację przykrych zapachów.

Celem badań opisanych w artykule była intensyfikacja pracy oczyszczalni hydrofitowej z wykorzystaniem biopreparatu, którego głównym składnikiem jest biohumus. Uzyskane wyniki potwierdziły wpływ dawkowanych substancji humusowych na wzrost efektywności usuwania związków azotu i fosforu, odpowiednio o 9 i 11%. Poprawa sprawności oczyszczania ścieków uzyskana w krótkim okresie eksploatacji złoża hydrofitowego potwierdza, że koloidy próchniczne (związki humusowe) dozowane wraz z biopreparatem mają znaczne zdolności sorpcyjne, buforujące i zwiększają aktywność enzymatyczną mikroorganizmów

Słowa kluczowe: oczyszczalnia hydrofitowa; efektywność; związki humusowe; biopreparat

1. Wprowadzenie

W ostatnich 20 latach nastąpiła znaczna poprawa wyposażenia polskich gmin w obiekty i urządzenia infrastruktury wodno-ściekowej. Uznano, że takie działania są warunkiem koniecznym przemian i ożywienia procesów rozwoju społeczno-gospodarczego zgodnego z zasadą zrównoważonego rozwoju, wzro-

¹ Autor do korespondencji: Tomasz Wareżak: Instytut Nowych Technologii Inżynierii Środowiska, 67-100 Nowa Sól, Nowe Żabno 20, tel. + 48 (68) 444 38 81, + 48 (68) 411 42 62, e-mail: sekretariat@int.edu.pl

² Sylwia Myszograj: Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska, ul. Szafrana 15, 65-246 Zielona Góra, tel. + 48 (68) 3282 574, e-mail: S.Myszograj@iis.uz.zgora.pl

³ Martyna Dera: Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska, ul. Szafrana 15, 65-246 Zielona Góra, e-mail: martyna.de1985@gmail.com

stem poziomu życia mieszkańców, poprawą stanu środowiska przyrodniczego, wzrostem atrakcyjności gmin, a także wzrostem ich konkurencyjności w regionie [14,15]. O ile jednak, porządkowanie gospodarki ściekowej w miastach realizowane jest poprzez systemy sieciowe, o tyle na obszarach wiejskich, charakteryzujących się rozproszoną zabudową, stosowanie takich rozwiązań może być nieopłacalne lub też niemożliwe [16].

Analiza opłacalności inwestycji wodno-ściekowych na obszarach wiejskich wykazała [14], że w zabudowie rozproszonej niezbędna będzie budowa indywidualnych systemów oczyszczania ścieków, czyli tzw. przydomowych oczyszczalni ścieków. Wg danych GUS [17] na koniec 2012r. w Polsce funkcjonowało prawie 125 tys. oczyszczalni przydomowych, z których 48 tys. sztuk wybudowano w latach 2010-2012. Tak ogromny wzrost budowy przydomowych oczyszczalni ścieków wymaga kontroli i wieloaspektowej oceny pracy tych obiektów.

Wśród obiektów przydomowych cieszących się coraz większym zainteresowaniem mieszkańców terenów wiejskich są systemy hydrofitowe o pionowym przepływie ścieków VF-CW (vertical flow constructed wetlands). W ciągu 10 lat powstało ich w Polsce kilka tysięcy sztuk [1].

Oczyszczalnie hydrofitowe są odwzorowaniem naturalnych warunków hydrolicznych i siedliskowych ekosystemów bagiennych. W środowisku system taki jest przez większość roku naturalnie podmokłym terenem, gdzie stały stan nasycenia wodą powoduje rozwój charakterystycznych roślin bagiennych i wodolubnych (hydrofitów). Hydrofitowa metoda oczyszczania ścieków to proces biologiczny zachodzący przy współudziale mikroorganizmów heterotroficznych (cudzożywnych) egzystujących w specjalnie zaprojektowanych i wykonanych złożach - filtrach roślinnych stanowiących główny element oczyszczalni [2].

Do zalet oczyszczalni hydrofitowych można zaliczyć:

- niską wrażliwość na nierównomierność dopływu ścieków,
- możliwość oczyszczania ścieków (przy odpowiednich spadkach terenu) bez układów pompowych,
- niskie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne,
- nieskomplikowane rozwiązania konstrukcyjne (zazwyczaj bez urządzeń mechanicznych i elektronicznych),
- łatwe wkomponowanie oczyszczalni w krajobraz,
- podniesienie walorów estetycznych działki,
- możliwość wykorzystania oczyszczonych ścieków (np. do nawadniania terenów zielonych),
- brak osadów wtórnych.

Do wad tego typu oczyszczalni należy zaliczyć:

- duże zapotrzebowanie terenu,
- długi okres rozruchu technologicznego oczyszczalni (czas potrzebny na adaptację roślin i rozwój ryzosfery),

- kumulację metali ciężki w systemie oczyszczalni,
- kumulację i okresowe uwalnianie fosforu,
- powstawanie odorów,
- problemy eksploatacyjne w okresie zimowym [1].

Hydrofitowa metoda oczyszczania ścieków polega na symultanicznym wykorzystaniu procesów sorpcji, reakcji chemicznych, wymiany jonowej, sedymentacji i ewapotranspiracji oraz biologicznej aktywności roślin makrofitowych oraz mikroorganizmów, polegającej na bioakumulacji oraz biodegradacji związków organicznych i biogennych. Związki azotu usuwane są w procesach amonifikacji, nitrifikacji i denitryfikacji oraz biokumulacji (fitokumulacji). Fosfor podlega głównie procesom kumulacji, sorpcji i strącania. Specyficzne warunki panujące w filtrze sprzyjają rozwojowi hydrofitów intensyfikując procesy utleniania i redukcji zanieczyszczeń, które wspomagane są przez zachodzące procesy sorpcji, sedymentacji i asymilacji. Do zasiedlenia filtra roślinnego oczyszczalni stosowane są: trzcina pospolita, pałka mozga trzcinowata, kosaciec, manna mielec. Z uwagi na rozbudowany system kłączy i korzeni oraz dużą odporność na mrozy i upały najczęściej stosowana jest trzcina pospolita. Tlen z powietrza atmosferycznego dopływający do części podziemnych, poprzez rozwiniętą w łodygach i liściach trzciny porowatą tkankę gazową tworzy wokół kłączy lokalne strefy tlenowe, otoczone mikrostrefami niedotlenionymi, po których pojawiają się mikrostrefy redukcyjne. W rezultacie pojawiają się odpowiednie warunki umożliwiające rozwój organizmów biorących udział w przemianach biochemicznych zanieczyszczeń [3].

Dane literaturowe wykazują ponadto, że podczas długookresowej eksploatacji zanieczyszczenia są usuwane na drodze transformacji, filtracji i sorpcji, a także w wyniku reakcji strącania [4]. Zanieczyszczenia są gromadzone albo w pobliżu dopływu, w poszczególnych warstwach złoża filtracyjnego albo też równomiernie w całym złożu. Znaczny stopień zanieczyszczenia materiału filtracyjnego stwierdzano też w systemach korzeniowych, podczas gdy w oczyszczalniach hydrofitowych o złożach piaskowo-żwirowych nie stwierdzono dużej akumulacji zanieczyszczeń w ciągu okresu 15 lat eksploatacji. Największą zawartość zanieczyszczeń obserwowano w miejscach dopływu substancji, które usuwane są na drodze filtracji oraz w miejscach, gdzie wskutek obumierania biomasy powstawał humus [5].

2. Wpływ substancji humusowych na procesy zachodzące w złożu hydrofitowym

Substancje organiczne zawarte w ściekach ulegają rozkładowi mikrobiologicznemu do ditlenku węgla albo też osadzają się w gruncie tworząc związki humusowe.

Humus jest bezpostaciowym kompleksem licznych związków organicznych różniących się budową i właściwościami fizyczno-chemicznymi, a opornych na biochemiczne procesy rozkładu. Kompleks ten nie został jeszcze należycie poznany chociaż wiadomo, że powstaje wskutek humifikacji, a w jego skład wchodzi m.in. kwasy huminowe i ulmowe, kwasy fulwowe, kwas hymatomelanowy oraz ulminy i huminy, będące kompleksami wielopierścieniowych połączeń aromatycznych oraz pochodnych kondensacji fenolu, cukrów, aminokwasów i białek. Schemat tworzenia humusu przedstawiono na rys.1 [6].

Rys.1. Schemat tworzenia humusu (próchnicy) [6]

Fig 1. Schematic formation of humus [6]

Związki próchnicze regulują bilans wodny gleb, gdyż próchnica ma olbrzymie zdolności do pochłaniania wody (4÷ 40 - krotną w stosunku do masy własnej), przy czym cecha ta jest odwracalna. Pochłaniając wodę próchnica pęcznieje i rozpręża się, oddając wodę zmniejsza swoją objętość. To stałe rozprężanie i kurczenie się próchnicy wpływa korzystnie na rozluźnianie struktury gruntu, co ułatwia dostęp powietrza i wody do gleby. Te i wiele jeszcze innych cech próchnicy wyznaczają bardzo dużą rolę, jaką odgrywa ona w glebie. Koloidy próchnicze mają olbrzymie zdolności sorpcyjne, buforujące i wreszcie – przez ich związki – dużą aktywność enzymatyczną [6].

Przepuszczalność gruntów nie ulega zmianie w wyniku odkładania się humusu, natomiast powoduje to wzrost efektywności usuwania zanieczyszczeń, np. w oczyszczalniach hydrofitowych. Nie istnieje ograniczenie czasowe eksploatacji omawianych systemów spowodowane rozkładem cząstek organicznych czy też związków azotu. Wzrost roślin oraz przerastanie gruntu ich kłaczami

i korzeniami w zasadzie gwarantuje wystarczające warunki hydrauliczne nawet po upływie wielu lat, o ile złożo zbudowane jest z nieściśliwego, przepuszczalnego materiału. Równoczesne występowanie różnych jednostkowych procesów eliminacji zanieczyszczeń bez zorganizowanego dostarczania tlenu może jednak prowadzić do kolmatacji, jak również do akumulacji mułu i materiału organicznego w złożu filtracyjnym [7].

Aby jak najlepiej wykorzystać złożo do oczyszczania ścieków, można wymienione czynniki glebowe w pewnym zakresie korygować.

Jednym ze sposobów wspomagania procesów biologicznego oczyszczania ścieków jest stosowanie biopreparatów. Dostępne w sprzedaży produkty handlowe są naturalnymi układami zawierającymi wyselekcjonowane szczepy bakterii i enzymy, substancje pokarmowe oraz nośnik. Służą do wspomagania biodegradacji substancji organicznych oraz przemian związków nieorganicznych. Biopreparaty są bezpieczne w stosowaniu, gdyż wspomagają procesy naturalne i nie zawierają mikroorganizmów modyfikowanych genetycznie. Stanowią one narzędzie likwidujące wiele problemów związanych z usuwaniem uciążliwych substancji ze ścieków. Ogólnie dostępne biopreparaty znalazły zastosowanie w przydomowych oraz komunalnych oczyszczalniach [8].

W artykule opisano wyniki badań, których celem było sprawdzenie możliwości intensyfikacji pracy oczyszczalni hydrofitowej [12] w zakresie usuwania związków azotu i fosforu z wykorzystaniem biopreparatu, którego głównym składnikiem jest biohumus [13].

3. Charakterystyka obiektu badań

Obiektem badań była oczyszczalnia hydrofitowa [12], pracująca jako złożo z podpowierzchniowym, pionowym przepływem ścieków (VF-CW). Ogólny schemat technologiczny oczyszczalni przedstawiono na rys. 2 i 3.

Rys. 2. System hydrofitowy z podpowierzchniowym pionowym przepływem ścieków [3]

Fig. 2. Constructed wetland wastewater treatment plant of subsurface vertical flow of sewage [3]

Oczyszczalnia ścieków wg wynalazku bioreaktora hydrofitowego składa się z osadnika gnilnego wykonanego z tworzyw sztucznych. W osadniku gnilnym zachodzi sedymentacja oraz flotacja cząstek zanieczyszczeń. Po osadniku składowane ścieki poprzez przepompownię, w której zamontowano pompę z pływakiem (zdz.1) doprowadzane są na powierzchnię bioreaktora hydrofitowego, poprzez opracowany system układu rur, zapewniający równomierne ich rozproszczenie po powierzchni bioreaktora.

Zdj. 1. Przepompownia

Pic. 1. Sewage pumping station

Powierzchniowe rozproszanie składowanych ścieków powoduje pierwsze ich natlenienie, co jest niezmiernie istotne podczas oczyszczania ścieków ze związków biogenych. Bioreaktor naturalny zbudowany jest z 5 warstw (mineralnych i organicznych). Ścieki trafiają na pierwszą warstwę składającą się z keramzytu i perlitu. Keramzyt zastosowano jako pierwszą warstwę, ze względu na jego właściwości. Jest to materiał obojętny chemicznie, odporny na wodę, a także działania pleśni, grzybów, ponadto posiada dobre parametry izolacji cieplnej, co stanowi dodatkowe zabezpieczenie termiczne (zdz.2). Drugim zastosowanym materiałem w tej warstwie jest perlit. Perlit charakteryzuje wysoka porowatość oraz bardzo duża pojemność sorpcyjna. Ponadto zatrzymuje związki organiczne i biogenne, które powoli uwalnia, dzięki czemu są dłużej dostępne dla mikroorganizmów oczyszczających ścieki. Dzięki zawartości dużych ilości powietrza we wnętrzu ziaren i dobrym właściwościom kapilarnym wpływa na zwiększenie napowietrzenia tej warstwy w procesie dyfuzji.

Zdj. 2. Bioreaktor hydrofitowy

Pic. 2. Hydrophyte bioreactor

Warstwa keramzytowo-perlitowa ma miąższość 0,1 m. Kolejna warstwa to warstwa organiczna o miąższości 0,2 m zbudowana z odpadów drzewnych. Warstwa ta nasączana jest biopreparatem do oczyszczalni hydrofitowych [12,13]. Warstwa organiczna uzupełniona biopreparatem tworzy warunki do rozwoju mikroorganizmów tlenowych (bakterie, pierwotniaki, orzęski i in.). Kolejną warstwę bioreaktora naturalnego tworzy warstwa mineralna o miąższości 0,2 m zbudowana z piasku średniego $\Phi=0,25 - 0,5$ mm, następna ostatnia warstwa mineralna (0,2 m) wypełniona jest żwirem średnim $\Phi=5,00 - 20,0$ mm, ostatnia warstwa to frakcja kamienista o średnicy ziaren $\Phi=75,00 - 200,0$ mm [12].

Rys. 3. Układ technologiczny oczyszczalni hydrofitowej (VF-CW) [12]

Fig. 3. Technological system of constructed wetland wastewater treatment plant (VF-CW) [12]

4. Metodyka badań

W analizowanym obiekcie pobierano próbki ścieków w przepompowni zlokalizowanej przed dopływem do złoża VF-CW oraz studziencie kontrolno-pomiarowej. Próbki pobierano jako próbki złożone (uśrednione). Przed pobraniem próbek wykonywano pompowanie oczyszczające, celem usunięcia wody stagnującej w otworze. Próbki pobierano przed i po zastosowaniu biopreparatu: wykonano 5 serii badań w odstępach tygodniowych. Biopreparat w ilości 10 dm^3 , dozowano do ścieków w częstotliwości co 3 doby. Ustalony skład badanego biopreparatu (zgłoszenie patentowe w UP Numer P.403799) zmieniał się w zakresie:

- pH: 7,5-8,5

- przewodnictwo właściwe: 2,19-2,36 mS/cm
- zasadowość: 2,2-2,9 mval/dm³
- ChZT: 21400 - 23200 mg/dm³
- azot amonowy: 189 - 222 mg/dm³
- fosforany: 23,5 -29,8 mg/dm³
- związki humusowe: 1570-1969 mg/dm³.

W pobieranych próbkach oznaczano: ChZT, BZT₅, azot amonowy (N-NH₄), azot azotanowy (N-NO₃) i fosfor ogólny zgodnie z obowiązującą w Polsce metodyką. Efektywność usuwania zanieczyszczeń obliczano jako iloraz różnicy stężeń na dopływie (C₀) i odpływie (C) do stężenia na dopływie (C₀) zgodnie ze wzorem:

$$\eta = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

5. Wyniki badań i dyskusja

Charakterystykę ścieków surowych i oczyszczonych badanych przed i po zastosowaniu biopreparatu przedstawiono w tabeli 1.

Ścieki surowe w rozpatrywanym okresie badań charakteryzowały się BZT₅ od 203 do 294 mg O₂/dm³, oraz ChZT od 397 do 403 mg O₂/dm³. Średnia wartość stężenia azotu amonowego była na poziomie 69 mg/dm³, azotu azotanowego – 0,95 mg/dm³ oraz azotu całkowitego 81 mg/dm³. Średnie stężenie fosforu ogólnego wynosiło 9,5 mg/dm³.

W ściekach oczyszczonych przed zastosowaniem biopreparatu, średnie stężenie azotu amonowego było na poziomie 9,10 mg/dm³, azotu azotanowego 15,9 mg/dm³, azotu całkowitego 26 mg/dm³. Średnie stężenie fosforanów fosforu ogólnego wynosiło 2,00 mg/dm³. Skuteczność usuwania zanieczyszczeń organicznych była wysoka i dla BZT₅ wynosiła od 88 do 97%, a ChZT od 85 do 95%. W badanej oczyszczalni stwierdzono zachodzący proces nityfikacji, o czym świadczy obniżenie stężenia azotu amonowego w zakresie od 80 do 91 %. Azot całkowity usuwany był ze ścieków z efektywnością nawet do 75%. Związki fosforu usuwane były ze ścieków na poziomie do 78%.

Uzyskane wyniki badań oczyszczania ścieków w jednostopniowym złożu hydrofitowym z pionowym przepływem ścieków (VF-CW) są porównywalne z wynikami podawanymi w literaturze. Przeprowadzone przez Sorokę [9] badania pilotowe wykazały, że średnia zdolność do usuwania substancji organicznej wyrażonej w BZT₅ wynosiła 97,4%, a N_c 41,6%. Kowalik i in. [10] uzyskali w II stopniu oczyszczania efektywność oczyszczania na poziomie 89,1% dla BZT₅ i 76,1% dla N_c, a w III stopniu oczyszczania odpowiednio 93,8% i 79,1%. Badania te potwierdziły wysoką zdolności jednostopniowych złoż

nowych do usuwania zanieczyszczeń ze ścieków. Wg badań prowadzonych przez Wierzbickiego [11] średnie wartości charakterystycznych zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych nie przekraczały odpowiednio: $BZT_5 = 13 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$ i $ChZT = 93 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$. Obiekty te charakteryzowały się bardzo wysoką skutecznością usuwania zawiesiny ogólnej oraz substancji organicznej ($ChZT$ i BZT_5). Natomiast skuteczności usuwania związków biogenych, szczególnie fosforu ogólnego była niestabilna. Badania prowadzone przez Warężaka [1] wykazały, że obiekty typu VF-CW charakteryzowały się wysoką niezależną od pory roku i czasu eksploatacji efektywnością w usuwaniu ze ścieków związków organicznych. Średnia skuteczność wynosiła dla BZT_5 - 93%, dla $ChZT$ - 87%.

Natomiast usuwanie związków azotu ze ścieków było niestabilne i ulegało wahaniom w ciągu roku. Niska efektywność usuwania fosforu związana była z wyczerpaniem się zdolności sorpcyjnych złoża, a ponowne zwiększenie skuteczności to efekt odładowania złoża hydrofitowego z wcześniej zdeponowanego fosforu.

Tabela 1 Charakterystyka ścieków surowych i oczyszczonych badanych przed i po zastosowaniu biopreparatu

Table 1 Characteristics of raw and treated sewage analyzed before and after adhibiting the bio-compound

Seria	1	2	3	4	5					
Charakterystyka ścieków przed stosowaniem biopreparatu										
S - ścieki surowe, O - ścieki oczyszczone										
Parametr mg·dm ⁻³	S	O	S	O	S	O	S	O	S	O
BZT ₅	203	15	208	17	235	9	294	35	265	28
ChZT	397	32	416	41	400	20	403	65	400	62
N-NH ₄	65,0	9,4	69,0	9,1	72,0	7,0	71,0	14,0	68,0	9,1
N-NO ₃	0,9	15,5	0,9	15,0	1,0	15,9	1,1	14,0	0,9	16,5
Nc	79	25	84	28	82	30	87	28	77	26
P _{og}	8,3	1,8	9,5	2,4	9,6	2,0	10,5	2,0	9,6	2,0
Charakterystyka ścieków po zastosowaniu biopreparatu										
S - ścieki surowe, O - ścieki oczyszczone										
Parametr mg·dm ⁻³	S	O	S	O	S	O	S	O	S	O
BZT ₅	219	13	236	12	275	10	224	11	254	11
ChZT	400	20	402	21	398	28	400	27	403	20
N-NH ₄	69,0	8,0	66,0	9,0	73,0	7,1	73,0	8,3	64,0	9,0
N-NO ₃	0,8	13,0	0,9	11,0	0,95	12,0	1,0	10,0	0,9	13,0
Nc	75	22	86	21	77	20	92	19	75	23
P _{og}	8,1	1,0	9,7	1,0	9,1	1,0	10,0	1,0	9,0	1,0

Zastosowanie biopreparatu wpłynęło na wzrost usuwania związków organicznych średnio o 6%, związków azotu o 9%, natomiast związków fosforu nawet o 11% (Rys 4). Efekt poprawy sprawności oczyszczania ścieków uzyskany w tak krótkim okresie eksploatacji złoża hydrofitowego potwierdza, że koloidy próchniczne (związki humusowe) dozowane wraz z biopreparatem mają znaczne zdolności sorpcyjne, buforujące i zwiększają aktywność enzymatyczną mikroorganizmów.

Rys. 4. Średnia efektywność usuwania zanieczyszczeń przed i po zastosowaniu biopreparatu

Fig. 4 The average of efficiency of pollutants removal before and after adhibiting the bio-compound

6. Podsumowanie i wnioski

Dane literaturowe wskazują, że skuteczność pracy oczyszczalni hydrofitowych w zakresie usuwania zawiesiny ogólnej oraz substancji organicznych jest zazwyczaj wysoka i niejednokrotnie przewyższa 90%. Natomiast efektywność usuwania związków azotu i fosforu, jest bardzo zróżnicowana i wynosi odpowiednio od 10 do 70% dla azotu oraz od 10 do 90% dla fosforu.

W badaniach optymalizacji oczyszczalni hydrofitowej w zakresie usuwania związków biogenych przez zastosowanie biopreparatu zawierającego przede wszystkim związki humusowe wykazano, że:

1. Zastosowanie biopreparatu poprawiło jakość oczyszczanych ścieków. Uzyskano wzrost usuwania związków organicznych średnio o 6%, związków azotu o 9%, natomiast związków fosforu nawet o 11%.
2. Stężenie fosforu ogólnego w ściekach oczyszczonych nie przekraczało 1 mg/dm^3 .
3. Wyeliminowano emisję nieprzyjemnych zapachów.

Oczyszczalnie hydrofitowe stanowią ekonomiczny i przyjazny dla środowiska, alternatywny sposób oczyszczania ścieków wszędzie tam, gdzie budowa

kanalizacji i podłączenie do oczyszczalni konwencjonalnej jest kosztowna. Zwłaszcza dla małych, przydomowych oczyszczalni niezbędne są rozwiązania proste, wydajne i niezawodne. Odpowiednio zaprojektowane i eksploatowane oczyszczalnie hydrofitowe zapewniają spełnienie wymagań dotyczących jakości odpływających ścieków w zakresie biodegradacji związków organicznych, jednak na efektywność usuwania związków biogennych wpływa wiele czynników środowiskowych. Stosowanie biopreparatów wspomagających pracę takich obiektów może zapewnić ich eksploatorom stałą, wysoką jakość oczyszczanych ścieków.

Literatura

- [1] Warężak T, praca doktorska: Wpływ oczyszczalni hydrofitowych na stężenia związków biogennych w wodach podziemnych, 2013
- [2] Heidrich Z., Kalenik M., Podedworna J., Stańko G., 2008: Sanitacja Wsi. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa, s. 185-234.
- [3] Obarska-Pempkowiak H., Kowalik P., Gajewska M., Tuszyńska A.: Oczyszczalnie hydrofitowe – doświadczenia i perspektywy rozwoju. „Gospodarka wodościekowa w regionach rolniczo- przemysłowych”. Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, 16, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, tom II: 192-202, 2003.
- [4] Molle P., Lienard A., Boutin C., Merlin G., Iwema A., 2004: How to treat raw sewage with constructed wetlands: An overview of the French systems; in: Proc. of 9th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control, 2004, Avignon, France, pp. 11-20.
- [5] Tanner C.C., 2000: Plants as ecosystem engineers in subsurface – flow treatment wetlands. W: (Materiały) 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Vol. 2, Florida, pp.805÷812.
- [6] Sadecka Z., 2010: Podstawy biologicznego oczyszczania ścieków, wyd. Seidel-Przywecki, Warszawa.
- [7] Brix H.: 1995: Treatment wetlands on overview. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Gdańsk.
- [8] Mendrycka M., Stawarz M.: Zastosowanie biopreparatu wspomagającego oczyszczanie ścieków garbarskich osadem czynnym, Inżynieria Ekologiczna, nr 28, s.43-56, 2012.
- [9] Soroko M.: Skuteczność usuwania substancji organicznej oraz związków biogenicznych w kilku oczyszczalniach hydrofitowych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie t.1z.1(1): 173-186, 2001.
- [10] Kowalik P., Mierzejewski M., Randerson P.F., Hogland W.: Performace of subsurface vertical flow constructed wetlands receiving municipal wastewater. Archives of Hydro-Engineering and Enviromental Mechanics. 349–370, 2004.
- [11] Wierzbicki K., Eymontt A., Gutry P.: Analiza i ocena różnych rozwiązań kanalizacji bytowej na terenach wiejskich. IBMER, Warszawa, 2008.
- [12] Warężak T., Płuciennik-Koropczuk E., 2013: Bioreaktor hydrofitowy. Zgłoszenie

- patentowe. Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej. Numer P.405721.
- [13] Warężak T., 2013: Biopreparat do oczyszczalni hydrofitowych. Zgłoszenie patentowe. Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej. Numer P.403799.
- [14] Goleń M., Maśloch G., Ziółkowski M., Warężak T., 2011: *Ekonomia Gospodarki ściekowej na wsi*, wyd. SGH, Warszawa.
- [15] Łomotowski J., 2011: Szanse rozwoju kanalizacji na terenach niezurbanizowanych. IX Ogólnopolska konferencja szkoleniowa: Kanalizacja terenów niezurbanizowanych, Ostrów Wlkp, s. 5-13.
- [16] Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2010: Informacja o stanie infrastruktury technicznej wsi - raport roczny 2009. Warszawa.
- [17] Główny Urząd Statystyczny, <http://www.stat.gov.pl>

EFFICIENCY OF REMOVAL ORGANIC AND BIOGENIC COMPOUNDS IN HYDROPHYTE BIOREACTOR USING BIOPREPARATION

Summary

Application of bio-compounds in wastewater treatment plants improves degradation of organic contaminants in wastewater (feces, paper, plant remains, grease), washing detergents and elimination of odours. The aim of research presented in the paper was to intensify effectiveness of wetland wastewater treatment plant by application a bio-compound which contains bio-humus. Acquired results confirmed influence of application of humus substances on effectiveness of nitrogen and phosphorus removal, respectively by 9 and 11%. The improvement of effectiveness of wastewater treatment acquired during short term use of constructed wetland confirms that humic colloids applied with bio-compound show significant sorptive and buffering qualities which improve enzymatic activity of microorganisms.

Keywords: constructed wetland wastewater treatment plant, effectiveness, humus compounds, bio-compound

DOI:10.7862/rb.2014.67

Przesłano do redakcji: lipiec 2014 r.

Przyjęto do druku: wrzesień 2014 r.