

Monika PUCHLIK*

OCENA EFEKTYWNOŚCI PRZYDOMOWEJ OCZYSZCZALNI HYDROFITOWEJ

Układ technologiczny analizowanej oczyszczalni przydomowej stanowi część biologiczna- złożę gruntowo-trzcinowe w układzie równoległym. Innowacyjnym jest tu wprowadzenie dwóch niezależnych ciągów oczyszczania, gdzie w jednym z ciągów dawkowany jest dodatkowo biopreparat. Oczyszczalnia hydrofitowa zapewnia wysokie usunięcie związków organicznych wyrażonych jako BZT₅ oraz ChZT, a także zmniejszenie stężenia azotu amonowego, oraz fosforanów. Wskazuje to na wysokosprawne działanie oczyszczalni ścieków.

1. WSTĘP

W dzisiejszych czasach gospodarka ściekowa na obszarach wiejskich pozostawia wiele do życzenia. Problem zagospodarowania ścieków powstających w rejonach wiejskich narasta od początku lat siedemdziesiątych, kiedy zintensyfikowano budowę wodociągów, bez równoczesnego rozwiązania gospodarki ściekowej. Najczęściej spotyka się niesprawne, nieszczelne szamba, bądź podłączenia kanalizacji domowej do zbiornika na gnojówkę i gnojowicę. Ścieki prędzej czy później dostają się do wód gruntowych lub rzek, stawów i jezior. W następstwie powoduje to utratę źródła czystej wody. Duże zagrożenie stanowią również nawozy rolnicze infiltrujące do wód gruntowych i powierzchniowych oraz spływy powierzchniowe, będące źródłem biogenów, odpowiedzialnych za proces eutrofizacji. Bardzo często budowa zbiorczych kanalizacji na terenach wiejskich jest niemożliwa bądź po prostu ekonomicznie nieuzasadniona. Jednym ze sposobów poprawy stanu sanitarnego wsi może być budowa przydomowej oczyszczalni ścieków. W oczyszczalniach przydomowych stosowane są różne układy technologiczne takie jak: oczyszczalnie z drenażem rozsączający, filtrem piaskowym, filtrem gruntowo-roślinnym, ze złożem biologicznym oraz z komorą osadu czynnego. Coraz większą popularnością zarówno w Polsce, jak i za granicą, cieszą się systemy oczyszczania ścieków z wykorzystaniem roślin - rozwiązanie proste

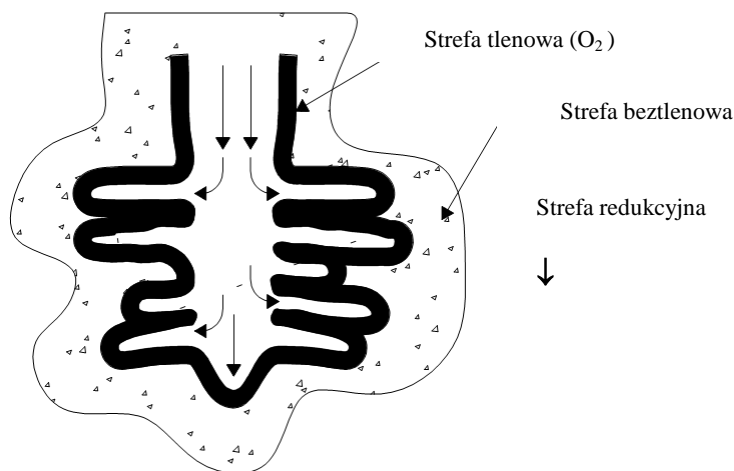
* Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45a, 15-351 Białystok, m.puchlik@pb.edu.pl

w obsłudze i eksploatacji. Naturalny wygląd tych systemów umożliwia wkomponowanie w istniejące otoczenie, a nawet podniesienie walorów estetycznych krajobrazu. Istnieją jednak różne poglądy na temat efektywności działania tego typu obiektów. Wiele osób uważa, że oczyszczalnie hydrofitowe nie zawsze działają prawidłowo, ponieważ często odprowadzają ścieki niedostatecznie oczyszczone. Stało się to przesłanką do podjęcia badań, których celem było określenie efektywności usuwania poszczególnych związków w przydomowej oczyszczalni ścieków oraz sprawdzenie, czy spełniają one wymogi Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzeniu ścieków do wód lub ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [12,14]. Celem badań była ocena funkcjonowania oczyszczalni hydrofitowej z zastosowaniem biopreparatu Biosan KZ 2000 firmy Bio-Gen. Do badań wytypowano funkcjonującą od ponad 3 lat hydrofitową oczyszczalnię ścieków obsługującą 10 mieszkańców w miejscowości Waliły Dwór w województwie podlaskim.

1.1. CHARAKTERYSTYKA OCZYSZCZALNI HYDROFITOWEJ ZE ZŁOŻEM TRZCINOWYM

Oczyszczalnie hydrofitowe są wzorowane na systemach wprowadzanych w Europie Zachodniej i Ameryce Północnej określanych jako "constructed wetland". Praca w tych systemach stymuluje warunki hydrauliczne oraz siedliskowe naturalnych ekosystemów bagiennych. Słowo "wetland" oznacza teren, w którym przez znaczną część roku poziom wody utrzymuje się trochę powyżej terenu. W ten sposób wywołuje stan nasycenia gleby wodą oraz powoduje rozwój charakterystycznych gatunków roślin [9]. Początkowo trudności w dosłownym tłumaczeniu na język polski terminu "wetland" spowodowały wprowadzenie jak i jednoczesne stosowanie takich terminów jak oczyszczalnie hydrobotaniczne, wodno-roślinne, gruntowo-roślinne, trzcinowe, makrofitowe, korzeniowe, bagienne. Jednakże rozbieżność nazewnictwa zmusiła do wyboru jednej z dotychczas stosowanych nazw bądź przyjęcie nowej. Ze względu na to, iż podstawową rolę w tym procesie pełnią hydrofity, postanowiono przyjąć nazwę systemy (lub oczyszczalnie) hydrofitowe [9]. Pierwsze tego typu oczyszczalnie w Europie Zachodniej powstały na początku XX wieku. W Polsce pierwsze systemy hydrofitowe pojawiły się 80 lat później. Początkowo tego typu sposoby oczyszczania były wykorzystywane tylko jako drugi lub trzeci stopień oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych. Obecnie wykorzystywane są także do oczyszczania wód opadowych jak i kopalnianych oraz cieszą się coraz większą popularnością [3, 4]. W oczyszczalniach hydrofitowych wyróżnia się dwa główne systemy: z powierzchniowym przepływem ścieków oraz z podpowierzchniowym przepływem ścieków. W obu systemach podłoże gruntowe wyścielone jest nieprzepuszczalną folią bądź inną geomembraną, z zapewnieniem kontrolowanego odpływu ścieków [5, 9]. W systemach z powierzchniowym przepływem ścieków (Free Water Surface Flow - FWS), poziom ścieków jest utrzymywany ponad powierzchnią gruntu, a rośliny wyniesione

są ponad powierzchnię ścieków. Ścieki przepływają nad mułem dennym przy stosunkowo niewielkiej głębokości. W tym systemie rośliny mogą być nasadzone, lub zasiedlać się samorzutnie [5]. W systemach z podpowierzchniowym przepływem ścieków (Vegetated Submerged Bed - VSB), poziom ścieków znajduje się poniżej powierzchni gruntu i przepływa przez grunt lub pole żwirowe. Penetracja korzeni może odbywać się do dna złoża. Głębokość złoża wynosi zazwyczaj $0,6 \div 1,2$ m, jednakże ze względu na przemarzanie gruntu korzystne jest stosowanie złóż do 2 m [5, 8, 9]. Do wykonania oczyszczalni ze złożem roślinnym najchętniej i najczęściej stosowanymi roślinami są: trzcina (*Phragmites australis*) i wiklina (*Salix viminalis*). [3,11] Trzcina jest używana za względu na rozbudowany system kłączy i korzeni. Dzięki temu tlen z powietrza atmosferycznego dopływający do części podziemnych przez rozwiniętą w łodygach i liściach trzciny porowatą tkankę gazową tworzy wokół kłączy i korzeni lokalne mikrosfery, powstają warunki umożliwiające rozwój mikroorganizmów heterotroficznych biorących udział w przemianach biochemicznych doprowadzających zanieczyszczeń. Uproszczony schemat warunków utleniająco-redukujących wokół kłączy makrofitów przedstawiony został na rysunku 1. Schemat własny na podstawie [9].



Rys. 1. Uproszczony schemat warunków utleniających- redukujących wokół kłączy makrofitów (np. trzciny) [9]

Trzcina wykazuje również dużą tolerancję na upały i mrozy. Wiklina jest natomiast rośliną wodolubną używaną ze względu na szybki przyrost biomasy, który wiąże się z intensywnym poborem związków biogennych. Roślinność taka nie wspomaga transportu tlenu do podłoża, jednakże jest przystosowana do wzrostu w środowisku bagiennym [9]. Oprócz trzciny i wikliny stosuje się również inne rośliny charakterystyczne dla ekosystemów bagiennych: pałka wodna (*Typha sp.*), sit (*Juncus sp.*), turzyca (*Carex*), kosaciec żółty (*Iris pseudocorus*) oraz wierzby krzewiaste (*Salix cinerea*) [10]. Hydrofity w naturalnych warunkach zasiedlają podmokłe łąki, bagna, strefy

przybrzeżne zbiorników wodnych. Najpopularniejszymi są makrofity zakorzenione w podłożu i wnoszące się pędami ponad zwierciadło wody. Dobrze rozwinięty system kłączy i korzeni roślin, rozprzestrzeniający się we wszystkich kierunkach w podłożu, korzystnie wpływa na równomierne przesączanie się ścieków. Obumierające kłącza i korzenie ulegają rozkładowi tworząc cylindryczne kanaliki i przestrzenie. Dzięki temu zwiększają i stabilizują przewodność hydrauliczną złoża. System ten stwarza również organiczne środowisko o rozbudowanej powierzchni, która jest zasiedlana przez mikroorganizmy biorące aktywny udział w oczyszczaniu ścieków. Rośliny w oczyszczalni hydrofitowej pełnią również funkcje pośrednie jak stabilizowanie powierzchni złoża i zabezpieczanie przed erozyjnym działaniem wiatru. Są doskonałym siedliskiem dla fauny, a w szczególności ptaków. W warunkach zimowych, obumarłe rośliny pełnią funkcję izolacji termicznej, chroniąc materiał filtracyjny przed zamrażaniem [9]. Rozbudowany system kłączy i korzeni części podziemnych roślin makrofitowych - głównie trzciny, zapewnia ich intensywny wzrost. Produkcja biomasy części nadziemnych trzciny, w zależności od panujących warunków wynosi od 10 do 30 t s.m./ha/rok. Tak duży przyrost biomasy związany jest z intensywną transpiracją wody z systemu do atmosfery oraz akumulacją azotu i fosforu w tkankach roślin [7]. Akumulacja pierwiastków biogennych jakie rośliny mogą pobrać i zakumulować w swoich tkankach, zależy od gatunku rośliny, tempa wzrostu, zakresu tolerancji ekologicznej wobec różnych związków oraz od ogólnej kondycji roślin. Istotne są również czynniki abiotyczne jak odczyn (pH), temperatura, stężenie poszczególnych jonów, oddziaływanie synergiczne i antagonistyczne różnych pierwiastków oraz czynniki biotyczne - obecność patogenów, roślinożerców czy konkurentów [9]. Ilość pierwiastków biogennych, która akumuluje się na jednostkę powierzchni złoża, zależy od biomasy roślin i zawartości poszczególnych pierwiastków w ich tkankach. Kumulacja pierwiastków na jednostkę złoża może się różnić w kolejnych latach zależnie od czynników klimatycznych oraz jakości dopływających ścieków. Jednakże rośliny nie przetrzymują pierwiastków biogennych w swoich tkankach w sposób ciągły. Czas zatrzymania zależy od cyklu fenologicznego rośliny i modyfikujących go czynników biotycznych i abiotycznych. Główny ładunek zatrzymanych pierwiastków jest oddawany przez rośliny do środowiska pod koniec i po zakończeniu cyklu fenologicznego. Okres ten nie musi być identyczny każdego roku, gdyż może być modyfikowany przez czynniki klimatyczne [9]. Makrofity posiadają również zdolności do akumulacji metali ciężkich oraz wspomagają procesy ich sorpcji w podłożu ekosystemów hydrofitowych. Rośliny te mają rozwinięty mechanizm aktywnego (selektywnego) pobierania niektórych metali ciężkich. Najczęściej aktywnie pobierane są metale potrzebne do rozwoju roślin jak na przykład cynk i miedź. Pobieranie metali ciężkich zależy od postaci, w jakiej występują w środowisku oraz od odczynu i temperatury środowiska. Zawartość w roślinie zależy również od cyklu fenologicznego. Gatunki wieloletnie takie jak trzcina, wykazują zazwyczaj większą zawartość metali niż jednoroczne, mimo iż rosną w tym samym środowisku. Może nastąpić jednakże powrót metali cięż-

kich do środowiska. Następuje przede wszystkim wskutek rozkładu obumarłych części rośliny [7, 9].

Oczyszczalnie roślinne pracują przez cały rok, jednakże w zimie ich skuteczność może być nieco niższa i wynosić około 75-80% skuteczności letniej. Istnieje wiele obaw co do pracy oczyszczalni poza okresem wegetacyjnym roślin. W rzeczywistości procesy oczyszczania ścieków przebiegają w gruncie, przy udziale bakterii żyjących na korzeniach roślin [9].

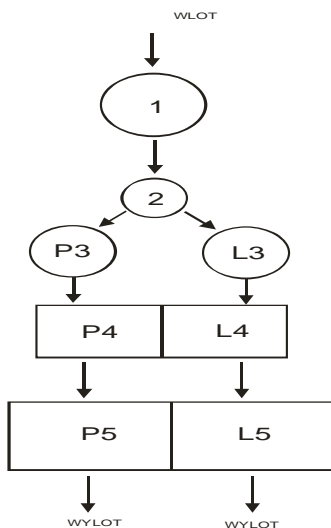
W zimnym klimacie biologiczne procesy mogą być nieco spowolnione. Dlatego projektując trzeba wziąć to pod uwagę i zaprojektować oczyszczalnie o nieco większej powierzchni [11].

2. TEREN BADAŃ

2.1. CHARAKTERYSTYKA OSADY WALIŁY-DWÓR

Waliły-Dwór jest osadą w Polsce położoną w województwie podlaskim, w powiecie białostockim, w gminie Gródek.

Wykonana oczyszczalnia jest przydomową oczyszczalnią ze złożem hydrofitowym o średnim przepływie $Q_{\text{śrd}} = 1,2 \text{ m}^3/\text{d}$. Obiekt przeznaczony jest dla 10 osób stale mieszkających. Oczyszczalnia składa się z: osadnika gnilnego, studzienki rozdzielczej, dwóch równolegle połączonych osadników, dwóch pompowni, dwóch złóż, dwóch studzienek kontrolnych, odbiornika oczyszczonych ścieków oraz rur łączących wszystkie elementy. Ścieki wstępnie oczyszczano w osadnikach gnilnych. Ścieki z głównego osadnika gnilnego (1) o objętości $2,3 \text{ m}^3$ są rozdzielane za pomocą studzienki rozdzielczej (2) równomiernie do dwóch kolejnych osadników o objętości po $1,5 \text{ m}^3$ pracujących równolegle, z których następnie dwoma niezależnymi od siebie ciągami są dostarczane do dwóch pompowni (P4, L4). Ścieki z przepompowni przepływają na filtr hydrofitowy. Wykonano dwa identyczne filtry (pracujące równolegle) o podstawie kwadratu $4\text{m} \times 4\text{m}$ i wysokości złoża 90 cm każdy. Filtr gruntowo-roślinny usypany z 3 warstw: warstwa dolna (żwir $2 - 16 \text{ mm}$, miąższość 20 cm), warstwa środkowa (piasek $0,5 - 2 \text{ mm}$, 55 cm), warstwa górna drenażu (żwir $8 \div 16 \text{ mm}$), na których w lipcu 2011 roku nasadzono trzcinę pospolitą (*Phragmites australis*). Schemat blokowy oczyszczalni ścieków przedstawiono na rysunku 2 [2].



Rys. 2. Schemat oczyszczalni hydrofitowej [2]: 1 -osadnik gnilny, 2- studzienka rozdzielająca, P3-osadnik gnilny ciąg prawy, L3- osadnik gnilny ciąg lewy, P4- przepompownia ścieków ciąg prawy, L4-przepompownia ścieków ciąg lewy, P5-filtr gruntowo-roślinny ciąg prawy, L5- filtr gruntowo-roślinny ciąg lewy

3. METODYKA BADAŃ

Badania prowadzone są od listopada 2010 roku. W niniejszej pracy przeprowadzono analizę z okresu badań VI-VII 2013r. W trakcie całego okresu badawczego do osadnika gnilnego II ciągu co 14 dni dawkowano biopreparat Biosan KZ 2000 firmy Bio-Gen. W skład biopreparatu wchodzi odżywka startowa oraz odpowiednio zestawiona kompozycja niepatogennych mikroorganizmów o ściśle ukierunkowanym działaniu, powodującym rozkład oraz degradację szkodliwych substancji: amoniaku, azotynów, siarkowodoru, indolu, skatolu, merkaptanów, związków fosforu oraz innych jedno oraz wielowęglowych związków organicznych. Kompozyt mikrobiologiczny posiada zdolności wiązania metali ciężkich, kierowania pożądanymi procesami fermentacyjnymi, zmiany pH ścieków i płynnych odchodów oraz bardzo silnego hamowania rozwoju patogennych drobnoustrojów, a także niszczenia drogą enzymatyczną jaj oraz form przetrwalnikowych owadów i endopasożytów [15].

Biopreparat przeznaczony jest do: mikrobiologicznej obróbki ścieków i nieczystości w oczyszczalniach, lagunach, szambach, zbiornikach gnojówki i gnojowicy, mikrobiologicznej obróbki ścieków i nieczystości w innych obiektach i urządzeniach

o podobnej uciążliwości i obciążeniach oraz likwidacji przykrych zapachów i skażeń mikrobiologicznych w otoczeniu takich obiektów, a także do poprawy parametrów fizyczno-chemicznych i sanitarno-higienicznych zanieczyszczonych zbiorników oraz ujęć wodnych [12,]. Biopreparat ten stosuje się w ilości 20 gramów na 1 m³ ścieków lub przewidywanych nieczystości płynnych, co 14 dni [15,]. Drugi ciąg oczyszczalni pracował niezależnie bez dodatku preparatów wspomagających jako obiekt kontrolny. W celu oceny funkcjonowania oczyszczalni hydrofitowej z zastosowaniem biopreparatu pobierano próbki z obu ciągów: z osadnika gnilnego przed rozdzielaczem ścieków (1), osadników gnilnych za rozdzielaczem (2), przepompowni ściekowych (3) i odpływu ze złóż hydrofitowych (4). W pobranych próbkach ścieków zgodnie z obowiązującą metodyką oznaczano zawartość: ChZT, BZT₅, stężenie fosforanów (PO₄³⁻), azotu amonowego (NH₄⁺), azotu azotanowego (NO₃⁻).

4. WYNIKI BADAŃ I ICH DYSKUSJA

Odnotowano wysokie usunięcie związków organicznych wyrażonych jako BZT₅ oraz ChZT, zmniejszenie stężenia azotu w postaci azotu amonowego, oraz fosforanów, co wskazuje na poprawne działanie oczyszczalni ścieków. Całkowity efekt usuwania fosforanów ze ścieków w okresie badawczym osiągnął w ciągu lewym 44,8%, zaś w ciągu prawym 58,6% (tab. 1). W żadnej z badanych próbek nie zaobserwowano wzrostu stężenia fosforanów. Brak wtórnego uwolnienia związków fosforu przez bakterie, świadczy o utrzymaniu warunków tlenowych podczas oczyszczania ścieków na złożu. Część związków fosforu została zasymilowana przez bakterie oraz rośliny, których rozrastający się system korzeniowy stanowi środowisko bogate w bakterie tlenowe i beztlenowe. Średni efekt oczyszczania na złożu dla BZT₅ wyniósł w ciągu lewym 87,6%, natomiast w ciągu prawym z dodatkiem biopreparatu 90,4%, zaś całkowity efekt w ciągu lewym 91,2% a w ciągu prawym 92,6%. Całkowity efekt dla ChZT wyniósł dla ciągu lewego 90,3% natomiast dla ciągu prawego 92,7% (tab. 1).

Wysoki procentowy efekt oczyszczania dla BZT₅, jak i ChZT świadczy o prawidłowym przebiegu oczyszczania ścieków z zanieczyszczeń organicznych, a osiągnięte wartości na odpływie do odbiornika odpowiadają wymogom w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [12, 14].

Jak podaje Sadecka i Myszograj [7, 13] w przypadku ścieków z terenów wiejskich należy się liczyć z innymi niż podaje literatura stężeniami zanieczyszczeń szczególnie w odniesieniu do zawartości związków biogenych. W przypadku analizy składu ścieków, należy pamiętać, że ulegają one ciągłym zmianom, co spowodowane jest dużą nierównomiernością wynikającą z trybu pracy czy też przyzwyczajeni ludzi korzystających z danej oczyszczalni.

Ścieki badane poddawane oczyszczaniu posiadają pH = 6,4-8, dlatego amoniak praktycznie w 95÷100% występuje w nich w postaci zjonizowanej NH_4^+ . Ścieki komunalne zawierają azot organiczny nierozkładalny biologicznie w ilości około 2 mgN/m^3 . Pozostaje on w takiej formie i ilości w ściekach oczyszczonych [6]. Organiczne związki azotu ulegają procesowi amonifikacji już podczas dopływu na oczyszczalnię. Sprzyjające warunki dla procesu nityfikacji (dobre natlenienie ścieków, pH zbliżone do 7), podczas przepływu ścieków przez złożo hydrofitowe, przyczyniły się do usunięcia azotu amonowego w ciągu lewym w 81,3% oraz w ciągu prawym z zastosowaniem biopreparatu w 87,6% (tab. 1). Za sprawą mikroorganizmów, które mogą asymilować azot jedynie w formie nieorganicznej, zaś łatwo przyswajalną dla nich formą jest amoniak. O aktywności bakterii *Nitrosomonas* i *Nitrobacter* świadczy nie tylko ograniczenie ilości azotu amonowego w odpływających ściekach, ale również wzrost stężenia azotanów w końcowym punkcie pomiarowym (po złożach). Biorąc pod uwagę fakt, iż bakterie heterotroficzne w walce o substraty wypierają bakterie nityfikacyjne, można założyć, że znaczna część ładunku organicznego została usunięta na złożu hydrofitowym.

Tabela 1. Parametry ścieków podczas procesu oczyszczania w przydomowej oczyszczalni ścieków ze złożem hydrofitowym

Próbka \ Parametr	BZT ₅ mgO ₂ /dm ³		ChZT mgO ₂ /dm ³		N-NH ₄ ⁺ mgN/dm ³		N-NO ₃ ⁻ mgN/dm ³		P-PO ₄ ³⁻ mgP/dm ³	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
ścieki surowe	<u>420-505</u> 423		<u>600-864</u> 720		<u>54-119</u> 95		<u>0,1- 8,4</u> 2,7		<u>17-52</u> 29	
ciąg	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
ścieki oczyszczone	<u>15-85</u> 33	<u>5-65</u> 27	<u>25-84</u> 55	<u>24-125</u> 56	<u>3-27</u> 12	<u>3-5</u> 3,7	<u>0,5-65</u> 23	<u>3-27</u> 20	<u>6-47</u> 16	<u>2-27</u> 12

min-max

średnia

5. WNIOSKI

Analiza wykonanych pomiarów oraz obliczeń pozwala na następujące stwierdzenia:

1. Biopreparat korzystnie wpływa na efekt oczyszczania ścieków w oczyszczalni hydrofitowej.
2. Średnia efektywność usuwania zanieczyszczeń dla każdego z badanych parametrów jest lepsza w ciągu technologicznym prawym z dodatkiem biopreparatu niż dla ciągu technologicznego lewego bez dodawanego biopreparatu.

3. Oczyszczalnia ścieków usuwa zanieczyszczenia na bardzo wysokim poziomie. Wartości związków organicznych wyrażonych w BZT₅ oraz ChZT są zmniejszone w około 92%.

LITERATURA:

- [1] BRZOSTOWSKI N., HAWRYŁYSZYN M., Karbowski D., PANICZKO S., *Przydomowe oczyszczalnie ścieków: poradnik*, Centrum Zielonych Technologii, Białystok 2008.
- [2] IGNATOWICZ K., PUCHLIK M., *Wpływ biopreparatu Biosan kz 2000 na efektywność oczyszczania ścieków z przydomowej oczyszczalni ze złożem hydrofitowym*, Gaz Woda i Technika Sanitarna-T, nr 6 (2012), s. 251-253.
- [3] HEIDRICH Z., *Przydomowe oczyszczalnie ścieków: poradnik*, COIB, Warszawa 1998.
- [4] HEIDRICH Z. i in., *Sanitacja wsi*. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa 2008.
- [5] HEIDRICH Z., WITKOWSKI A., *Urządzenia do oczyszczania ścieków. Projektowanie, przykłady obliczeń*. Wydawnictwo Seidel – Przywecki.
- [6] KALINOWSKA E., BONAR G., DUMA J., *Zasady i praktyka oczyszczania ścieków*. Wyd. LEMTECH Konsulting, Kraków, 2005.
- [7] MYSZOGRAJ S., *Zmiany ilościowe i jakościowe ścieków dopływających do małych oczyszczalni., Oczyszczanie ścieków i przeróbka osadów ściekowych*, Zielona Góra, Tom 2/ 2008.
- [8] Norma DIN 4261. Kleinkläranlagen, Juni 1994.
- [9] OBARSKA-PEMPKOWIAK H., GAJEWSKA M., WOJCIECHOWSKA E.; *Hydrofitowe oczyszczanie wód i ścieków*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
- [10] PRICE T., PROBERT D.; *Role of constructed wetlands in environmentally – sustainable developments*, Applied Energy Department, Wielka Brytania, Uniwersytet Cranfield, Bedford 1997.
- [11] ROSEN P., *Przydomowe oczyszczalnie ścieków COIB*, Warszawa 2002.
- [12] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 24.07.2006 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. Nr 137/2006, Poz. 984).
- [13] SADECKA Z., *Oczyszczanie ścieków z małych miejscowości., Oczyszczanie ścieków i przeróbka osadów ściekowych*, Zielona Góra, Tom2/2008.
- [14] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. nr 129, poz. 902, z późniejszymi zmianami).
- [15] <http://www.bio-gen.pl/pl/biosan-kz>, 2014.

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS HOUSEHOLD SEWAGE TREATMENT PLANT

Technological wetland system is part of a biological treatment trough soil-reed bed. Innovation is the entry of two independent purification trains, where in one of is additionally dosed biopreparat. Wetland provides high removal of organic compounds expressed as BOD₅ and COD, as well as a reduction in the concentration of ammonia nitrogen and phosphates. This indicates the high-performance sewage treatment plant.