



dr inż. Piotr BUGAJSKI

AKADEMIA ROLNICZA IM. HUGONA KOŁŁĄTAJA
W KRAKOWIE

HYDROBOTANICZNE (HYDROFITOWE) OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW

Abstrakt

W związku z coraz częstszym stosowaniem na terenie Polski oczyszczalni hydrofitowych (roślinnych) jako przydomowych systemów unieszkodliwiania małych ilości ścieków podjęto próbę oceny kilku wybranych systemów pracujących dłuższy okres czasu. Ocenie poddano cztery oczyszczalnie obsługujące od 185 do 1 300 mieszkańców zainstalowanych w miejscowościach Wawrów, Gralewo, Małyszyn i Rokitno, dwie oczyszczalnie o przepustowości około $1,15 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ zainstalowane w miejscowości Jastków oraz jedną oczyszczalnię ścieków zainstalowaną w miejscowości Moszczenica o przepustowości około $1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. W opisanych obiektach (z wyjątkiem obiektu w Moszczenicy) ocenę ich sprawności oparto na redukcji zanieczyszczeń z grupy podstawowej oraz eutroficznej. Redukcja wymienionych wskaźników zanieczyszczeń była na zróżnicowanym poziomie i praktycznie we wszystkich przypadkach była niższa od zakładanej w projekcie. Wszyscy autorzy badań podkreślają, iż w celu uzyskania jak najlepszych rezultatów każda opisywana oczyszczalnia wymaga prawidłowej eksploatacji.

1. Wstęp

Problem gospodarki wodno-ściekowej jest bez wątpienia jednym z najważniejszych problemów gmin wiejskich w Polsce. Kilkudziesięcioletnie zaniedbania związane z odprowadzaniem i unieszkodliwianiem ścieków trudno jest nadrobić w krótkim okresie czasu. Ogromne dysproporcje pomiędzy systemem zaopatrzenia w wodę a budową kanalizacji spowodowały, iż na terenach wiejskich odprowadza się w nielegalny sposób około 1 mln m^3 w ciągu roku ścieków nie oczyszczonych do wód i do ziemi [Bugajski 2005]. Niestety ilość ścieków nie oczyszczonych nie maleje, mimo iż ostatnie lata przyniosły w tym zakresie znaczną poprawę dzięki funduszom unijnym przeznaczonym na budowę kanalizacji wraz oczyszczalniami ścieków. Przyczyną powstawania coraz większej ilości ścieków na terenach wiejskich jest podnoszenie standardów budynków mieszkalnych i związana z

tym instalacja większej liczby urządzeń wodnokanalizacyjnych (miski ustępowe, pralki, zmywarki). Wyższy standard wyposażenia budynków mieszkalnych jak np. dwie łazienki w budynkach, pralki automatyczne, zmywarki do naczyń, itp. powodują zwiększone zużycie wody, która po użyciu jako ścieki powinna przejść proces oczyszczenia, aby nie stanowić źródła zanieczyszczenia środowiska.

Na terenie całego kraju w gminach wiejskich jednym z aktualnych i podstawowych problemów jest budowa systemu odprowadzania i oczyszczania ścieków. Już na etapie opracowywania koncepcji kanalizacji gminy określa się obszary, które będą skanalizowane zbiorczym systemem kanalizacji wraz ze zbiorczą oczyszczalnią, a które będą objęte indywidualnym systemem unieszkodliwiania ścieków, czyli przydomowymi oczyszczalnią ścieków lub wybieralnymi zbiornikami na nieczystości płynne zwane popularnie szambami [Jucherski i Walczowski 2002]. Proporcje terenów skanalizowanych zbiorczym systemem w stosunku do terenów, na których będą wykonywane przydomowe oczyszczalnie ścieków, w każdej gminie będą się różnie kształtować. Obszary z małą gęstością zaludnienia oraz tereny o dużej deniwelacji terenu będą preferować ze względu na koszty wykonanie małych i przydomowych oczyszczalni. Natomiast zbiorczym systemem kanalizacyjnym będą objęte obszary, na których można podłączyć dużą liczbę gospodarstw domowych na stosunkowo krótkich odcinkach kolektorów kanalizacyjnych, z możliwością unikania tzw. przewodów tranzytowych. Wykonanie długich odcinków bez przyłączy lub z ich niewielką liczbą będą podrażać koszty budowy, a co z tym związane późniejsze większe koszty odprowadzania ścieków, za które zapłaci każdy użytkownik kanalizacji.

Duża liczba różnego rodzaju przydomowych oczyszczalni ścieków dostępna na rynku powoduje, iż potencjalny nabywca kieruje się zwykle ceną, a nie skutecznością ich działania. Do przydomowych oczyszczalni, które coraz częściej stosuje się na terenach wiejskich, jako systemy unieszkodliwiania małej ilości ścieków zaliczyć można roślinne oczyszczalnie zwane hydrofitowymi, hydrobotanicznymi lub glebowo-roślinnymi oczyszczalnią ścieków [Tatara 2002, Halicki i Wareżak 2004, Barska-Pempowiak i Gajewska 2005].

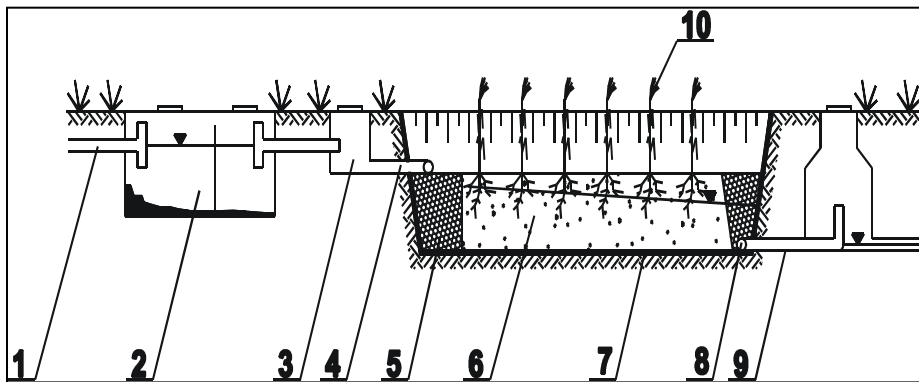
2. Budowa oraz konstrukcja hydrofitowych oczyszczalni ścieków

Oczyszczalnie hydrobotaniczne (hydrofitowe) są to obiekty, w których wykorzystuje się rośliny wodne lub bagienne, czyli tzw. hydrofity, od których pochodzi nazwa obiektów. Najczęściej wykorzystywane (obsadzone) rośliny to: trzcina pospolita

(*Phragmites communis*), turzyce (*Carex*), pałka wodna (*Typha*), sit (*Juncus*) oraz wierzba krzewiasta (*Salix*). Metoda oczyszczania ścieków polega na wykorzystywaniu procesów sorpcji (pochłaniania), chemicznych reakcji utleniająco–redukująca oraz biologicznej aktywności wymienionych rodzajów roślin [Heidrich 1998]. Typową konstrukcją poletka z trzciną przedstawiono na rysunku 1. Do każdej oczyszczalni powinien być wykonany osadnik wstępny (przepływowy osadnik gnilny), który będzie pełnił rolę separatora tłuszczów, olei oraz zawiesiny mineralnej i organicznej. Zanieczyszczenia te są trudno rozkładalne lub nie rozkładalne, co utrudniałoby pracę złoża oczyszczalni hydrofitowej. Natomiast odprowadzenie ścieków z takiego obiektu może być w formie studni zbiorczej zbierającej ścieki oczyszczone i dalej odprowadzane do odbiornika (rzeki lub gleby) lub w postaci oczka wodnego, które będzie służyło jako zbiornik retencyjny dla ścieków oczyszczonych.

Wyróżnia się dwa zasadnicze rodzaje oczyszczalni hydrofitowych:

- a) stawy przepływowe o swobodnej powierzchni, porośnięte roślinnością zakorzenioną lub pokryte roślinnością pływającą,
- b) złoża z przepływem podpowierzchniowym, poziomym lub pionowym, porośnięte zakorzenioną roślinnością wodną lub bagienną.



Rys. 1. Oczyszczalnia hydrofitowa o przepływie poziomym (złoże trzcinowe)

1. dopływ ścieków, 2. oczyszczanie wstępne, 3. studzienka rozdzielcza, 4. rura PCV Ø110 mm, 5. kamienie o średnicy Ø 6 ÷ 10 cm, 6. piasek lub żwir, 7. folia uszczelniająca PE, 8. rura perforowana PCV, 9. rura PVC Ø110 mm, 10. trzcina.

3. Skuteczność oczyszczania ścieków

Zebrane informacje na temat skuteczności pracy hydrobotanicznych oczyszczalni ścieków w różnych warunkach oraz z różną przepustowością pozwolą wysunąć wnioski dotyczące ich skuteczności.

Cztery tego typu obiekty zostały opisane przez Sadecką [Sadecka 2003]. Oczyszczalnie obsługujące od 185 do 1300 mieszkańców znajdują się w miejscowościach Wawrów, Gralewo, Małyszyn i Rokitno. W tabeli 1 przedstawiono wielkość redukcji 5 wskaźników zanieczyszczeń. BZT₅ i ChZT z grupy organicznej i Azot amonowy, Azot ogólny i Fosfor ogólny z grupy eutroficznej.

Tabela 1. Średnia redukcja zanieczyszczeń w latach 1994 – 2000

Wskaźnik zanieczyszczeń	Wartość założona w projekcie	Oczyszczalnia ścieków			
		Wawrów	Gralewo	Małyszyn	Rokitno
ChZT	71%	48,5%	23,3%	51,7%	42,7%
BZT ₅	90%	61,7%	41,1%	58,3%	53,5%
Azot amonowy	45%	30,7%	20,6%	28,6%	24,0%
Azot ogólny	57%	29,0%	35,7%	38,4%	21,6%
Fosfor ogólny	66%	7,6%	27,6%	23,5%	3,9%

Przedstawione wartości redukcji w tabeli 1 przedstawiają faktyczną redukcję wybranych wskaźników zanieczyszczeń z założonymi w projekcie. W trakcie sześcioletnich badań redukcja wskaźników z grupy organicznej była niższa niż to założyli projektanci. Redukcja na poziomie 71% w odniesieniu do ChZT nie została osiągnięta w żadnym obiekcie, największą redukcję osiągnięto w oczyszczalni w Małyszynie, a najmniejszą w Gralewie. Również redukcja BZT₅ była na poziomie niewystarczającym założonym w projekcie. W oczyszczalni w Gralewie redukcja BZT₅ wyniosła zaledwie 41,1%, czyli nie osiągnięto nawet połowy zakładanej w projekcie redukcji. Również w odniesieniu do wskaźników eutroficznych nie osiągnięto wymaganej redukcji. We wszystkich analizowanych oczyszczalniach redukcja azotu amonowego i azotu ogólnego była na poziomie 50% w stosunku do redukcji założonej w projekcie. Natomiast zdecydowanie najgorzej zredukowany był fosfor ogólny. Redukcja tego wskaźnika na poziomie 3,9% (Rokitno) i 7,6% (Wawrów)

jest redukcją znikomą i można uznać, iż w badanych oczyszczalniach nie istnieją warunki do usuwania związków fosforu.

Kolejnym autorem opisującym działanie oczyszczalni gruntowo-roślinnej jest Józwiakowski. Opisane wyniki badań z lat 1998 – 2002 obrazują wielkość redukcji wskaźników zanieczyszczeń z grupy podstawowej, czyli BZT₅, ChZT i zawiesina ogólna oraz wskaźniki biogenne: azot ogólny, fosfor ogólny oraz potas. Opisywana oczyszczalnia zlokalizowana jest w miejscowości Jastków w woj. lubelskim. Projektowany dopływ ścieków do obiektu był na poziomie 2,05 m³·d⁻¹, jednak faktyczny dopływ wahał się w granicach 1,04 m³·d⁻¹ ÷ 1,23 m³·d⁻¹.

Tabela 2. Zakres redukcji wybranych wskaźników zanieczyszczeń w oczyszczalni Jastków

Wskaźnik zanieczyszczeń	Zakres redukcji w badanym okresie [%]
BZT ₅	72÷93
ChZT	68÷86
Zawiesina ogólna	51÷74
Azot ogólny	32÷73
Fosfor ogólny	83÷99
Potas	24÷58

Redukcja BZT₅ w badanym okresie była wystarczająca do obniżenia stężenia omawianego wskaźnika do wartości wymaganej w obowiązującym Rozporządzeniu. Jedynie w kilku incydentalnych przypadkach wartość tego wskaźnika była większa od wartości dopuszczalnej. Natomiast nie odnotowano przekroczeń ChZT na odpływie, co wskazuje, iż redukcja na poziomie 68 ÷ 86% jest wystarczająca do obniżki tego wskaźnika zanieczyszczeń. Również obniżka zawiesiny ogólnej na poziomie 51 ÷ 74% wystarczała do osiągnięcia wartości założonych w projekcie. Redukcja trzech wskaźników eutroficznych, jak opisuje autor, lepsza była na początku okresu eksploatacyjnego. W kolejnych latach redukcja malała co wskazywałoby na zmniejszanie się zdolności sorpcyjnych (pochłaniania) złoża gruntowego. W okresie badań, mimo wystąpienia kilku przypadków przekroczeń, można określić redukcję wskaźników biogenych jako zadowalającą.

Podobnej wielkości jest obiekt, który opisał w swojej publikacji Miernik [Miernik 2003]. Omawiana oczyszczalnia to obiekt obsługujący plebanię kościoła

rzymskokatolickiego w Moszczenicy (pow. gorlicki) zamieszkującą na stałe przez 3 osoby. Właściwe złożo gruntowo-roślinne poprzedzone jest trzykomorowym osadnikiem gnilnym mającym za zadanie zatrzymanie zawiesiny oraz tłuszczu i olei. W swoich badaniach autor wziął pod uwagę tylko wskaźniki biogenne: azot (cztery jego formy występujące w ściekach N_{og} , $N-NH_4$, $N-NO_2$, $N-NO_3$) oraz fosforany PO_4 . Interesującą informacją jest fakt podania redukcji w okresie wegetacyjnym roślin i poza okresem wegetacyjnym. Redukcja azotu ogólnego w okresie wegetacyjnym wynosiła średnio 48,9%, a poza sezonem wegetacyjnym 40,7%, w przypadku azotu amonowego odpowiednio 47,6% i 42,2% oraz fosforanów 43,7% i 43,1%. Nie znalazła więc w tym przypadku potwierdzenia opinia, że w okresie poza wegetacyjnym, kiedy rośliny porastające złożo znajdują się w stanie „spoczynku” następuje pogorszenie efektów oczyszczania. Natomiast mniejsza redukcja związków azotu była przyczyną mniejszej koncentracji tego wskaźnika w ściekach surowych dopływających do złoża.

4. Podsumowanie

Omawiane oczyszczalnie ścieków mogą być stosowane na terenach wiejskich pod warunkiem prawidłowego ich zaprojektowania oraz późniejszej poprawnej eksploatacji. Pod pojęciem prawidłowego zaprojektowania należy rozumieć przede wszystkim właściwy dobór ilości dopływających ścieków, co wpływa bezpośrednio na wielkość (powierzchnię) złoża. Zbyt mała ilość dopływających ścieków może spowodować częściowe usychanie roślin (hydrofitów). Zbyt duża ilość dopływających ścieków będzie wpływać bezpośrednio na krótszy czas zatrzymania ich w złożu filtracyjnym. Aby ścieki zostały dostatecznie oczyszczone z materii organicznej muszą pewien okres czasu mieć kontakt z mikroorganizmami, które znajdują się w warstwie filtracyjnej. Równie ważnym aspektem jest prawidłowa eksploatacja obiektów. Dotyczy to zarówno złoża roślinnego jak i poprzedzającego go dołu gnilnego, w którym zachodzą wstępne procesy oczyszczania ścieków surowych. Prawidłowa eksploatacja dołu gnilnego przede wszystkim polega na systematycznym (regularnym) wybieraniu osadu zgromadzonego na dnie oraz zbieraniu kożucha z powierzchni ścieków utworzonego z tłuszczu i olei. Natomiast poprawna eksploatacja złoża roślinnego polega na pielęgnacji roślin, którymi jest obsadzone złożo filtracyjne.

Literatura

1. Bugajski P. 2005. *Wpływ wybranych czynników na efekty oczyszczania ścieków w przydomowych oczyszczalniach z osadem czynnym*. Praca doktorska wykonana w Katedrze Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji Akademii Rolniczej w Krakowie. Kraków.
2. Halicki W., Wareżak T. 2004. *Priorytety gospodarki wodno-ściekowej na terenach wiejskich i współczesne metody jej realizacji na przykładzie gminy Kamieniec*. *Gospodarka Wodna* 9/2004, s. 373 – 377. Warszawa.
3. Józwiakowski K. 2003. *Zmiany skuteczności usuwania zanieczyszczeń w gruntowo-roślinnej oczyszczalni ścieków w latach 1995 – 2000*. *Inżynieria Rolnicza* 3(45), s. 93 – 107. Warszawa.
4. Jucherski A., Walczowski A. 2002. *Infrastruktura kanalizacyjna w górzystych rejonach rolniczych*. *Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie* 1(392), s. 24 – 28. Warszawa.
5. Miernik. 2003. *Eliminacja związków biogenych ze ścieków w złożu roślinno-gruntowym typu VSB*. *Inżynieria Rolnicza* 3(45), s. 67 – 75. Warszawa.
6. Barska-Pempowiak H., Gajewska M. 2005. *Czy oczyszczalnie hydrofitowe sprawdzają się w Polsce?* *Przegląd Komunalny* 2(161)/2005, s. 45 – 48. Poznań.
7. Sadecka Z. 2003. *Ocena efektywności pracy wybranych oczyszczalni hydrobotanicznych*. *Ochrona Środowiska*, s. 13 – 16. Wrocław.