Katarzyna Maj
Piotr Koszelnik
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

OCZYSZCZALNIE HYDROFITOWE JAKO ROZWIĄZANIE PROBLEMÓW ŚCIEKÓW W OBIEKTACH ZABUDOWY ROZPROSZONEJ

Streszczenie

Oczyszczalnie hydrofitowe to rodzaj przydomowych oczyszczalni ścieków, które wykorzystują naturalne procesy zachodzące w przyrodzie. Zasada ich działania polega na rozkładzie zanieczyszczeń zawartych w ściekach przy udziale mikroorganizmów znajdujących się w glebie i wspomaganych przez system korzeniowy roślin – makrofitów. Roślinne oczyszczalnie przy właściwie zaprojektowanych parametrach nie są uciążliwe dla ludzi mieszkających bezpośrednio w ich sąsiedztwie. Oczyszczalnie te posiadają walory ekologiczne, poprawiając estetykę otaczającego krajobrazu oraz produkując biomasę roślinną, która może być wykorzystana w celach energetycznych. Wykorzystanie różnorodnej roślinności poprawia walory krajobrazu oraz skuteczność procesów oczyszczania. Mogą być stosowane do oczyszczania ścieków pochodzących z gospodarstw indywidualnych czy ośrodków agroturystycznych. Dlatego oczyszczalnie roślinne są odpowiednie dla terenów nieskanalizowanych, często o zabudowie rozproszonej. W pracy przedstawiono systemy najczęściej wykorzystywane przy budowie oczyszczalni hydrofitowych oraz charakterystykę pracy takich oczyszczalni.

Słowa kluczowe: oczyszczalnie hydrofitowe, makrofity, oczyszczanie ścieków, gospodarka ściekowa

CONSTRUCTED WETLANDS AS A SOLUTION TO THE PROBLEMS IN DISTRIBUTED CONSTRUCTION OBJECTS

In this paper was presented constructed wetlands, they are a type of sewage treatment plants which use natural processes. The principle of operation is based on the decomposition of pollutants in waste water with the participation of microorganisms in the soil and root system supported by the plant – macrophytes. Constructed wetlands for wastewater treatment (CWWT) with properly designed parameters are not burdensome for people living directly in their neighborhood. These purifiers systems have ecological value by improving the aesthetics of the surrounding landscape, and producing biomass plant, which can be used for energy purposes. The use of diverse vegetation improves the qualities of the landscape and the effectiveness of treatment processes. They can be used for treatment of wastewater from household, farms and tourism. Therefore treatment plant are suitable for areas without sewage often with scattered buildings. The paper presents the systems most commonly used in the construction of construction wetlands and operating characteristics of such treatment.

Keywords: constructed wetlands, macrophytes, sewage treatment, wastewater management

1. Wprowadzenie

Jakość wody nie jest wyłącznie problemem dużych aglomeracji miejskich i centrów przemysłowych, ten problem dotyka również mniejsze miejscowości. Tereny uprzemysłowione zazwyczaj posiadają oczyszczalnie ścieków, natomiast obszary mniej zurbanizowane są bardzo często nieskanalizowane, a rozproszona zabudowa nie ułatwia rozwiązania tego problemu. Na terenach wiejskich zanieczyszczenia wody pochodzą głównie z niezabezpieczonych szamb i ścieków bytowo-gospodarczych, z nielegalnych składowisk odpadów oraz z nawozów. Wszystkie te zanieczyszczenia infiltrują do wód gruntowych i powierzchniowych, przez co bezpośrednio oddziaływają na właściwości wody, florę i faunę [13].

W Polsce około 21% wsi charakteryzuje się zabudową rozproszoną, przy średniej odległości pomiędzy zabudowaniami od 120–180 m do 500 m. Prawie 41% wsi zabudowanych jest luźnie przy średniej odległości pomiędzy domami 50–70 m do 100 m [5]. Mając na uwadze zrównoważony rozwój i małe zasoby wodne Polski, należy staranie planować sanitację ściekową tych terenów. Nie można w tym przypadku zastosować klasycznej kanalizacji grawitacyjnej ze swobodnym zwierciadłem cieczy, które są na ogół stosowane w gminach miejskich z przyczyn technicznych i ekonomicznych. Dotyczy to zwłaszcza gmin rolniczych z małą gęstością zaludnienia, usytuowanych na terenach podgórskich [10].

W celu rozwiązania problemu z gospodarką ściekową proponuje się działania w myśl zasady „działaj lokalnie, myśl globalnie". Na terenach wiejskich do oczyszczania ścieków proponuje się przydomowe oczyszczalnie, które mają za zadanie zapobiec niekontrolowanemu przedostaniu się zanieczyszczeń pochodzących ze ścieków bytowych do wód.

W pracy przedstawiono systemy najczęściej wykorzystywane przy budowie oczyszczalni hydrofitowych oraz charakterystykę pracy takich oczyszczalni.

2. Oczyszczalnie hydrofitowe

Oczyszczalnie hydrofitowe (*costructed wetland*) to systemy oczyszczania ścieków opierające się na symulacji warunków hydraulicznych i siedliskowych naturalnych ekosystemów wodnych oraz bagiennych. Są popularną metodą oczyszczania ścieków w Europie i na świecie. W oczyszczalniach tego typu, oprócz ścieków bytowo-gospodarczych, mogą być oczyszczane również wody deszczowe, ścieki przemysłowe pochodzące z zakładów mleczarskich, petrochemicznych browarów, przemysłu papierniczego, przemysłu spożywczego czy cukrowni [9, 14, 16].

Pojęcie oczyszczalnie hydrofitowe stosuje sie wymiennie z takimi określeniami, jak: oczyszczalnie bagienne, hydrobotaniczne, roślinne, korzeniowe czy naturalne. Precyzując typ oczyszczalni używa się pojęć: oczyszczalnie korzeniowe, filtry gruntowo-roślinne czy pola trzcinowe [7, 8, 15, 23, 26].

Efektywność pracy oczyszczalni hydrobotanicznych określa się, podobnie jak pracę oczyszczalni mechaniczno-biologicznych, na podstawie usuwania BZT_5 (biochemiczne zapotrzebowanie na tlen) i ChZT (chemiczne zapotrzebowanie na tlen) oraz biorąc

pod uwagę efektywność eliminacji związków biogennych: fosforu i azotu. W tabeli 1 przedstawiono wymagania odnośnie jakości ścieków oczyszczonych na zasadzie zestawienia regulacji krajowych z zawartymi w Konwencji Helsińskiej (HELCOM), do których Polska powinna się dostosować z racji przyjęcia wspomnianej Konwencji [10, 16, 20].

Tab. 1. Porównanie wymagań dotyczących jakości oczyszczania ścieków w oczyszczalniach lokalnych

Wskaźnik lub składnik zanieczyszczeń	**POLSKA**					**Dyrektywa HELCOM ** 28E/6**	**SZWECJA**	
	Ścieki bytowe dla oczyszczalni wielozagrodowych wprowadzane do:		**Ścieki pochodzące z własnego gospodarstwa wprowadzane do:**			**Ścieki wprowadzane do:**		
	WODY	**ZIEMI**	**WODY**	**URZĄDZEŃ WODNYCH**	**ZIEMI**	**ŚRODOWISKA**	**ŚRODOWISKA (zwykły poziom ochrony)**	**ŚRODOWISKA (podwyższony poziom ochrony)**
				wyłącznie w granicach własnej działki				
BZT_5 [mgO2 /l]	≤ 40	≤ 25 lub 70–90% zmniejszenie	≤ 40	≤ 25 lub 70–90% zmniejszenie	min. 20% zmniejszenie	≤ 20 lub 70–80% zmniejszenie	min. 90% zmniejszenie (BZT7)	min. 90% zmniejszenie (BZT7)
ChZT [mgO2 /l]	≤ 150	≤ 125 lub 75% zmniejszenie	≤ 150	≤ 125 lub 75% zmniejszenia	-	-	-	-
Zawiesina ogólna [mg/l]	≤ 50	≤ 35 lub 90% zmniejszenie	≤ 50	≤ 35 lub 90% zmniejszenie	min. 50%	-	-	-
Azot ogólny [mg/l]	≤ 30*	≤15*	≤ 30*	≤15*	-	≤ 25 lub 29% zmniejszenie	-	min. 50% zmniejszenie
Fosfor ogólny [mg/l]	≤ 5*	≤ 2*	≤ 5*	≤ 2*	-	≤ 5 lub 70% zmniejszenie	min. 70% zmniejszenie	min. 90% zmniejszenie
Zakres stosowania	do 2000 RLM	do 9999 RLM	-	do 5 m^3	do 5 m^3	do 300 RLM	5-200 RLM	
Dodatkowe warunki odnośnie miejsca wprowadzenia	-	< 3,0 m od najwyższego UPWP	-	< 1,5 m od najwyższego UPWP	< 1,5 m od najwyższego UPWP	-	-	-

* Wymaganie obowiązuje tylko, gdy ścieki wprowadzane są do jezior i ich dopływów oraz bezpośrednio do sztucznych zbiorników wodnych, usytuowanych na wodach płynących

** Komisja Ochrony Środowiska Bałtyku znana również jako Komisja Helsińska

UPWP – użytkowy poziom wód podziemnych

Źródło: A. Jucherski, Podstawy planowania i wyboru systemów sanitarnych, Przydomowe oczyszczalnie ścieków dla zrównoważonego rozwoju terenów wiejskich, Polski Klub Ekologiczny, Gliwice, 2013, s. 24.

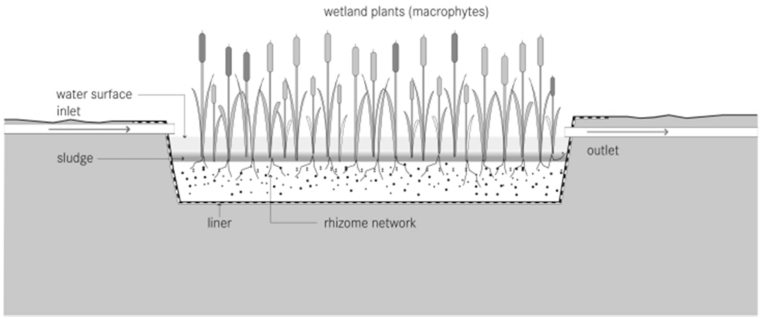
2.1. Rodzaje oczyszczalni hydrofitowych

Podstawowy podział oczyszczalni hydrobotanicznych opiera sie na sposobie przepływu ścieków. Wyróżnia się zatem obiekty:

- z przepływem powierzchniowym (FWS – *free water surface*) (ryc. 1),
- z przepływem podpowierzchniowym (VSB – *vegetated submarget bed*):
  - z przepływem poziomym (HF-CW *horizonal flow constructed wetland*), (ryc. 2),
  - z przepływem pionowym (VF-CW *vertical flow constructed wetland*) (ryc. 3) [8, 15, 26, 29].

Oczyszczanie z powierzchniowym przepływem ścieków polega na tym, że ścieki przepływają nad powierzchnią gruntu, stosuje się tu system przegród, który ma za zadanie zmniejszyć prędkości przepływu ścieków (ryc. 1) [8, 23, 29].

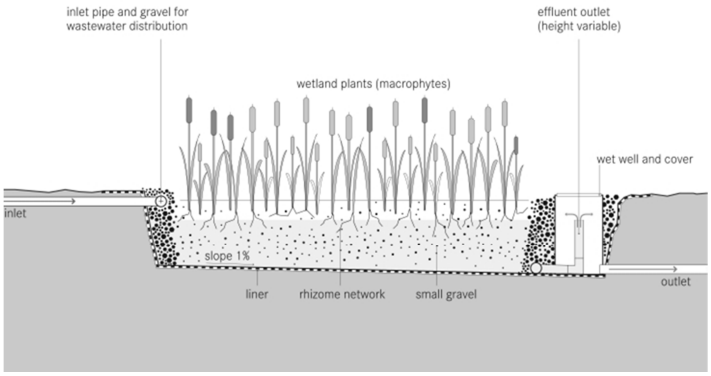
Ryc. 1. Schemat przepływu powierzchniowego ścieków



Źródło: www.en.wikipedia.org/wiki/Constructed_wetland (dostęp: 24.05.2016)

System podpowierzchniowy z pionowym przepływem polega na rozprowadzeniu ścieków przez rozłączanie na powierzchni gruntu, a dzięki sile grawitacji ścieki są transportowane do samego spodu wypełnienia. Wypełnienie jest wyłożone od najdrobniejszej frakcji do najgrubszej (ryc. 2) [8, 23, 29].

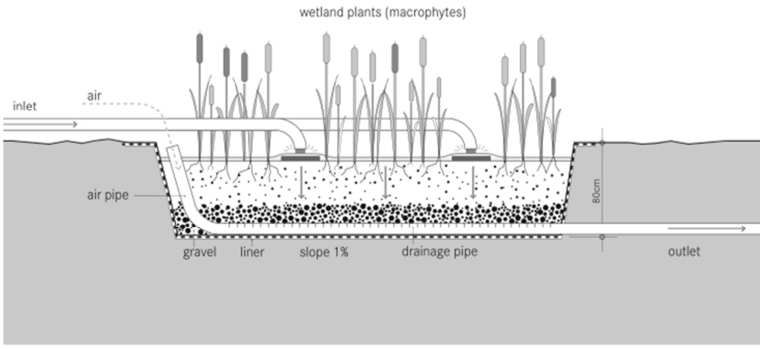
Ryc. 2. Schemat poziomego przepływu podpowierzchniowego



Źródło: www.en.wikipedia.org/wiki/Constructed_wetland (dostęp: 24.05.2016)

W układzie z podpowierzchniowym pionowym przepływem ścieków, przepływają one kilka centymetrów pod powierzchnią gruntu w sposób pionowy (ryc. 3) [8, 23, 29].

Ryc. 3. Schemat pionowego przepływu podpowierzchniowego ścieków



Źródło: www.en.wikipedia.org/wiki/Constructed_wetland (dostęp: 24.05.2016)

Innego podziału można dokonać na podstawie rodzaju roślin użytych do usuwania zanieczyszczeń:

- oczyszczalnie z roślinnością wodną pływającą,
- oczyszczalnie z roślinnością wodną zakorzenioną,
- oczyszczalnie z roślinnością bagienną,
- oczyszczalnie wierzbowe [7, 8].

2.2. Mechanizmy zachodzące w oczyszczalniach hydrofitowych

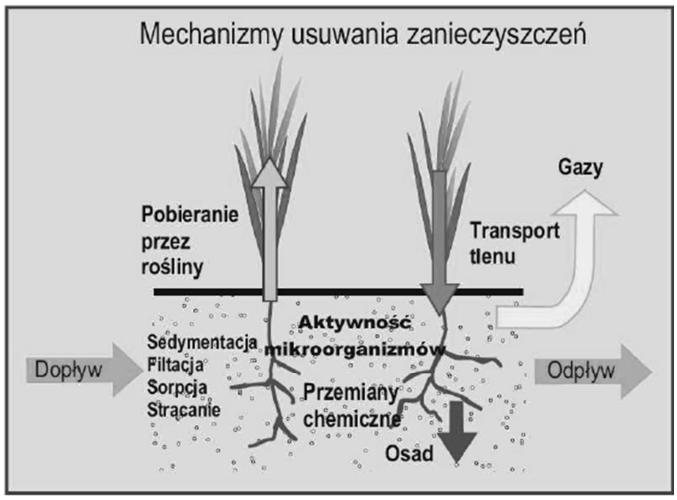
Proces oczyszczania ścieków z wykorzystaniem roślin jest oparty na zdolności roślin do fitoremediacji. Oczyszczanie odbywa się na drodze procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, które zachodzą w korzeniach tych roślin. Stosowane rośliny mają zdolność do bioakumulacji i biodegradacji związków organicznych, biogennych, metali ciężkich oraz WWA [21, 23].

Procesy, jakie zachodzą podczas usuwania zanieczyszczeń przez rośliny, przebiegają w dwóch zasadniczych etapach:

- etap 1: oczyszczanie wstępne – zachodzi w osadniku, piaskowniku lub na kratach, ma za zadanie usunięcie zanieczyszczeń grubych i zawiesin,
- etap 2: oczyszczanie biologiczne – tu zachodzą procesy właściwego oczyszczania, takie jak: adsorpcja, pobieranie biogenów, wymiana jonowa, sedymentacja i transpiracja [3, 9, 11, 15, 16].

Mechanizm zachodzący w roślinach przestawia rycina 4.

Ryc. 4. Schematyczny mechanizm usuwania zanieczyszczeń w oczyszczalni roślinnej



Źródło: T. Bergier, A. Czech, P. Czupryński, A. Łopata, P. Wachniew, J. Wojtał, Roślinne oczyszczalnie ścieków. Poradnik dla gmin, Wydawnictwo Natural Systems, Kraków 2014.

Makrofity transportują tlen do kłączy i korzeni, powoduje to rozluźnienie struktury gruntu dookoła korzenia, zwiększa się współczynnik filtracji. Powstaje strefa tlenowa, w której bakterie tlenowe utleniają związki węgla oraz zachodzą procesy nitryfikacji. W bezpośrednim sąsiedztwie, gdzie nie dociera tlen, powstaje strefa beztlenowa, w której zachodzą procesy defosfatacji i denitryfikacji. Naprzemienne występowanie strefy tlenowej z beztlenową jest określane jako efekt mezosferyczny. Wspomniany efekt powoduje znaczne zwiększenie mikroorganizmów w glebie, liczba mikroorganizmów jest porównywalna z ilością w metodach technicznych [3, 4, 7, 8, 9, 15, 16, 25].

2.3. Rośliny stosowane w oczyszczalniach

Wykorzystanie roślin makrofitowych do oczyszczania ścieków jest związane z obecnością tego typu roślinności na obszarach bagiennych i na brzegach zbiorników wodnych. Specyficzne właściwości, jakie posiadają te rośliny, pozwalają im na bezpośredni udział w biochemicznych mechanizmach oczyszczania [1, 9, 15]. Ich obecność w całym układzie oczyszczania ścieków odgrywa bardzo istotną rolę, ponieważ stwarzają one warunki, które sprzyjają intensyfikacji oczyszczania biochemicznego. Z tego powodu wybór odpowiednich roślin do wykorzystania w oczyszczalni powinien zostać podjęty na etapie projektowania [7, 11, 14, 15].

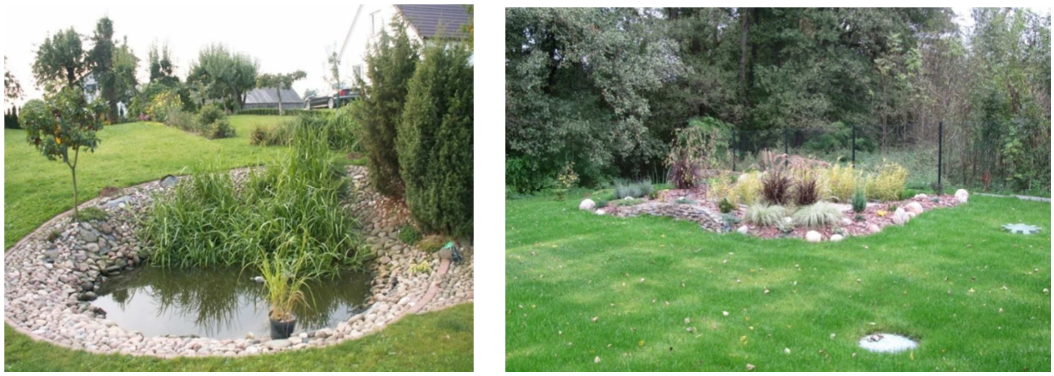
Każda część rośliny ma swoje zadanie w systemie oczyszczania. Części podziemne takie, jak kłącza i korzenie, pełnią funkcję stabilizującą dla rośliny, uwalniają do ryzosfery tlen, co intensyfikuje procesy biodegradacji materii organicznej i nitryfikacji, dalej pobierają one substancje biogenne, a także wydzielają antybiotyki, zwalczające bakterie chorobotwórcze [9, 11, 24].

Nadziemne części chronią przed nadmiernym rozrostem glonów, tworzą mikroklimat, zaś w okresie zimowym pełnią rolę izolatora cieplnego. Rośliny makrofitowe

są też dużym walorem estetycznym oczyszczalni roślinnej, bowiem pozwalają wpasować je w krajobraz i niepostrzeżenie pełnić funkcje oczyszczalni ścieków (ryc. 5) [7, 8, 9, 11, 24, 26].

Ryc. 5. Przykłady wkomponowania oczyszczalni hydrofitowych w krajobraz otoczenia

a) b)



Źródła: a) www.ekofirma24.pl/oferta/oczyszczalnia-ecoverde.html (dostęp: 24.05.2016), b) www.ekoprom.com.pl/realizacje/ (dostęp: 24.05.2016)

W oczyszczalniach hydrofitowych zdecydowanie zaleca się stosowanie roślin charakterystycznych dla ekosystemów bagiennych, np.: trzcina pospolita (*Phragnites communis*), pałka wodna (*Typha sp.*), sit (*Juncus sp.*), turzyca (*Carex sp.*), manna mielec (*Glyceria maxima*), kosaciec żółty (*Iris pseudacorus*), wierzby krzewiaste (*Salix cinerea, Salix pentandra*). Możliwe jest użycie innych gatunków, które w naturalnych warunkach bytują w odmiennych ekosystemach. Należy jednak pamiętać, by te rośliny charakteryzowały się łatwością adaptacji w danym środowisku i warunkach klimatycznych, intensywnym przyrostem w ciągu roku, odpornością na szkodniki, silnie rozwiniętym systemem korzeniowym [1, 2, 11, 14, 15, 16, 17, 19].

Poniżej scharakteryzowano najczęściej wykorzystywane rośliny:

- **Trzcina pospolita** – to roślina powszechnie występująca w akwenach wodnych na całej kuli ziemskiej, zapobiegająca erozji brzegów oraz będąca schronieniem dla dzikiego ptactwa. Odznacza się wysoką tolerancją na niekorzystne warunki siedliskowe, a bytowanie w takich warunkach umożliwia jej dobrze rozbudowany miękisz powietrzny. Dzięki niemu transportuje tlen przez liście i łodygi aż do podłoża, co wspomaga przebieg procesu nitryfikacji i przyczynia się do uzyskiwania wysokich efektów usuwania azotu amonowego. Z tego powodu trzcina jest jedną z najchętniej wykorzystywanych w systemach gruntowo-roślinnych. Dodatkowym atutem jest jej zdolność do akumulacji metali ciężkich [11, 16, 23, 26].
- **Wierzba** – jest rośliną wykorzystywaną powszechnie w ochronie środowiska, z uwagi na swoje specyficzne właściwości, takie jak: zdolność zasiedlania siedlisk o niekorzystnych warunkach środowiskowych, szybki przyrost biomasy, możliwość pobierania i gromadzenia związków biogennych (głównie azotu)

oraz pierwiastków śladowych, a także możliwość regeneracji wegetatywnej po ścięciu. Posiada zdolność usuwania zanieczyszczeń trudno rozkładalnych oraz kumulowania metali ciężkich. Znajduje zastosowanie w ochronie gleb przed erozją oraz w zabiegach rekultywacji. Zastosowanie wierzby do procesów oczyszczania ścieków zyskało popularność, gdy odkryto możliwości ekologicznego pozyskiwania energii. Powstały liczne plantacje wierzby, które są źródłem ekologicznego paliwa [11, 16, 23, 26].

3. Kryterium wyboru oczyszczalni hydrofitowej

W Polsce najczęściej są stosowane oczyszczalnie z przepływem podpowierzchniowym. Wymagania w zakresie wykonawstwa dla oczyszczalni hydrobotanicznych:

- ścieki muszą być wstępnie podczyszczone mechanicznie,
- zapotrzebowanie na teren pod oczyszczalnię roślinną określa się, przyjmując nie mniej niż 5 m^2 przypadających na 1 MR (mieszkańca równoważonego),
- czas wpracowania 2–3 lata, przy zapewnionej regulacji poziomu ścieków w oczyszczalni,
- obiekty przeznaczone do pracy całorocznej projektuje sie z uwzględnieniem warunków zimowych [6, 12, 18, 19, 22].

Poniżej przedstawiono parametry technologiczne hydrobotanicznych oczyszczalni ścieków (tab. 2).

Tab. 2. Parametry technologiczne hydrobotanicznych oczyszczalni ścieków

Parametr	Jednostka	Złoża z roślinnością zakorzenioną					Stawy rzęsowe
		Z powierzchniowym przepływem ścieków	Z podpowierzchniowym przepływem ścieków				
			Z poziomym przepływem ścieków		Z pionowym przepływem ścieków		
Stopień oczyszczania	-	III	II	III	II	III	III
Powierzchnia jednostkowa	m^2/M	3–20	2–4	1–3	4–5	0,5–2	2–4
Obciążenie hydrauliczne powierzchni	$l/(m^2 \cdot d)$	10–120[a]	50–200	40–100	40–80	120–40	50–200
Czas przetrzymywania hydraulicznego (retencji)	d	5–40	20–30	2–7	< 1	< 0,1	20–30
Obciążenie ładunkiem BZT_5	$g/(m^2 \cdot d)$	0,1[a]–7	< 3		10–40		< 3
Głębokość czynna złoża	m	0,2–0,3[b] 0,1–0,6[c]	1,4–4,0		0,5–2,0		1,4–4,0
Stosunek długości do szerokości	-	2:1–100:1	1:1–103:1		1:1–4:1		1:1–103:1
a – przy nitryfikacji, b – gleba, c – ścieki, d – złoże żwirowe							

Źródło: R. Błażejewski, Hydrobotaniczne oczyszczalnie ścieków. Przegląd systemów i zasad ich projektowania, II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Poznań 1996, s. 25−32.

Przed dokonaniem wyboru odpowiedniego rozwiązania technologicznego niezbędne jest wykonanie starannej analizy dostępnych systemów, z uwzględnieniem kryteriów zrównoważonego rozwoju, obejmujących w sposób zintegrowany aspekty technologiczne, środowiskowe, ekonomiczne i społeczne [12]. Nadrzędnym kryterium oceny i wyboru małej oczyszczalni jest kryterium ekologiczne, czyli efektywność oczyszczania ścieków.

Pozostałe kryteria obejmują natomiast:

- prostotę i łatwość obsługi oraz nowoczesność rozwiązania,
- koszty inwestycyjne i eksploatacyjne,
- niezawodność działania,
- oddziaływanie na środowisko naturalne i estetykę [1, 2, 23].

Główne zalety oczyszczalni roślinno-gruntowych:

- prosta konstrukcja,
- bardzo wysoka sprawność (redukcja zanieczyszczeń),
- możliwość wykorzystania (zagospodarowania) filtra jako elementu dekoracyjnego na działce,
- możliwość wykorzystania lokalnej roślinności bagiennej,
- duża odporność na nierównomierność, a nawet okresowy brak w dopływie ścieków,
- możliwość wykorzystania istniejącego szamba (o ile jest ono szczelne),
- możliwość wykorzystania gospodarczego oczyszczonych ścieków [1, 2, 10, 19, 23].

Do wad oczyszczalni roślinno-gruntowych zalicza się:

- stosunkowo duża powierzchnia niezbędna do wykonania filtra,
- wysoki koszt zakupu folii, pompy, wypełnienia filtra,
- konieczność zakupu roślin do nasadzeń na filtrze [1, 2, 10].

4. Podsumowanie

Bardzo często na terenach wiejskich, mniej zurbanizowanych, mieszkańcy odprowadzają ścieki do zbiorników bezodpływowych, które są nieszczelne i nie spełniają wymagań dotyczących właściwego stanu technicznego. Dodatkowym zagrożeniem dla środowiska jest samodzielne i niekontrolowane wywożenie nieczystości przez samych użytkowników, co jest niezgodne z przepisami obowiązującymi w Polsce [6, 13, 18, 22, 25].

Należy zwrócić uwagę na fakt, że obowiązek zapewnienia oczyszczania ścieków leży w kwestii gminy. Jednak w procesie realizacji zbiorczych systemów oczyszczania ścieków duże znaczenie ma zaangażowanie społeczności w rozwiązywanie tego problemu. Społeczeństwo powinno być świadome znaczenia działań podejmowanych przez władze samorządowe, zmierzających do poprawy jakości lokalnych zasobów wodnych. Dlatego istotna jest wiedza mieszkańców o problemach powiązanych z zanieczyszczeniem wód na terenie gminy i konsekwencjami dla środowiska lokalnego, jakie niesie ze sobą niewłaściwe postępowanie ze ściekami [6, 13, 17, 18].

Wybór właściwego systemu odprowadzania ścieków i ich oczyszczania musi być dostosowany do warunków zabudowy i ukształtowania terenu. Opisany system oczyszczania ścieków, z wykorzystaniem makrofitów z powodzeniem znajduje zastosowanie na terenach górzystych, o zabudowie rozproszonej i walorach turystycznych. Takimi terenami charakteryzuje się południowa część województwa podkarpackiego, cechująca się bardzo zróżnicowaną zabudową, od zwartej do bardzo rozproszonej. W takiej sytuacji należy rozpatrywać różnorakie rozwiązania odprowadzania i oczyszczania ścieków, uwzględniając techniczne, technologiczne i ekonomiczne aspekty. Na podstawie dokonanego wstępnego przeglądu literatury można wnioskować, że oczyszczalnie hydrofitowe mogą okazać się rozwiązaniem przydatnym dla południowych terenów województwa podkarpackiego, zarówno z technologicznego, jak i ekonomicznego punktu widzenia [1, 2, 6, 18, 22].

Bibliografia

1. Bergier T., Czech A., Czupryński P., Łopata A., Wachniew P., Wojtał J., *Roślinne oczyszczalnie ścieków. Poradnik dla gmin,* Wydawnictwo Natural Systems, Kraków 2004, s. 22–28.
2. Błażejewski R., *Hydrobotaniczne oczyszczalnie ścieków. Przegląd systemów i zasad ich projektowania,* II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Poznań 1996, s. 25−32.
3. Bugajski P., *Hydrobotaniczne (hydrofitowe) oczyszczalnie ścieków,* III Konferencja Naukowo-Technicza „Błekitny San", Dubiecko 2006, s. 93–99.
4. Environmental Protection Agency: Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater, Manual. EPA Report 625/R-99-010, Cincinnati, Ohio 2000.
5. Główny Urząd Statystyczny: Infrastruktura Komunalna, Warszawa 2014.
6. Goleń M., Maśloch G., Waręża k T., Ziółkowski T., *Ekonomika gospodarki ściekowej na wsi. Poradnik dla gminy oraz mieszkańców terenów niezurbanizowanych,* Oficyna Wydawnicza Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie, Warszawa 2011, s. 55–101.
7. Gołąb M., Nocoń W., Michalski R., *Hydrobotaniczne oczyszczanie ścieków,* LAB Laboratoria, Aparatura, Badania, nr 17, t. 4, 2017, s. 6–10.
8. Heidrich Z., Stańko G., *Leksykon przydomowych oczyszczalni ścieków,* Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa 2007.
9. Jóźwiakowski K., *Badania skuteczności oczyszczania ścieków w wybranych systemach gruntowo-roślinnych,* rozprawa habilitacyjna, maszynopis, PAN, Kraków 2012.
10. Jucherski A., *Podstawy planowania i wyboru systemów sanitarnych. Przydomowe oczyszczalnie ścieków dla zrównoważonego rozwoju terenów wiejskich,* Polski Klub Ekologiczny, Gliwice 2013.
11. Jucherski A., Walczowski A., *Wpływ wybranych makrofitów na skuteczność oczyszczania ścieków w stokowych złożach filtracyjnych gruntowo-roślinnych,* Problemy Inżynierii Rolniczej, R. 20, nr 1, 2012, s. 115–124.
12. Mucha Z., Mikosz J., *Racjonalne stosowanie małych oczyszczalni ścieków z uwzględnieniem kryteriów zrównoważonego rozwoju,* Czasopismo Techniczne. Środowisko, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, R. 106, z. 2–Ś, Kraków 2009, s. 91–100.
13. Nowak R., *Kanalizacja bezodpływowa – potencjalne i realne zagrożenie dla środowiska przyrodniczego,* Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 6, 2012, s. 263–265.
14. Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Arendacz M., *Oczyszczanie wód opadowych w obiektach hydrofitowych,* Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 10, 2008, s. 56–59.

15. Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., *Hydrofitowe oczyszczanie ścieków,* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
16. Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., *Zastosowanie hydrofitowej metody oczyszczania ścieków na świecie i w Polsce,* Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 2, 2012, s. 87–91.
17. Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., *Efficiency of Wastewater Treatment in Single-Family Constructed Wetlands in Kaszuby Lake District,* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), nr 15, 2013, s. 81–95.
18. Rauba K., *Społeczne aspekty wyboru systemu oczyszczania ścieków komunalnych na obszarach niezurbanizowanych,* Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, nr 49, 2011, s. 398–406.
19. Sadecka Z., *Ocena efektywności pracy wybranych oczyszczalni hydrobotanicznych,* Ochrona Środowiska, vol. 25, nr 1, 2003, s. 13–16.
20. Smyk J., Ignatowicz K., Struk-Sokołowska J., *COD fractions changes during sewage treatment with constructed wetland,* Journal of Ecological Engineering, 16(3), 2015, s. 43–48.
21. Smyk J., Ignatowicz K., *Porównanie frakcji CHZT w ściekach surowych dopływających do małych i dużych oczyszczalni ścieków,* Inżynieria Ekologiczna, vol. 48, June 2016, s. 191–195.
22. Skoczko I., *Ekonomiczna analiza rozwiązań oczyszczalni ścieków dla wsi przy rozproszonej zabudowie,* Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 6, 2012, s. 270–273.
23. Szymura M., Szymura T., Dunajski A., Bergier T., *Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej,* Wydawnictwo Centrum Rozwiązań Systemowych, Wrocław 2010.
24. Warężak T., Sadecka Z., Myszograj S., Suchowska-Kisielewicz M., *Skuteczność oczyszczania ścieków w oczyszczalni hydrofitowej typu VFCW,* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection), nr 15, 2013, s. 1243–1259.
25. Zawałek T., *Czy oczyszczalnia ścieków może być bardziej Eko?,* Forum Eksploatatora, 11/12 (2010), s. 36–38.

Netografia

26. www.chem.uw.edu.pl/people/AMyslinski/cw13/korzenie.html (dostęp: 23.05.2016).
27. www.ekofirma24.pl/oferta/oczyszczalnia-ecoverde.html (dostęp: 24.05.2016).
28. www.ekoprom.com.pl/realizacje/ (dostęp: 24.05.2016).
29. www.en.wikipedia.org/wiki/Constructed_wetland (dostęp: 24.05.2016).