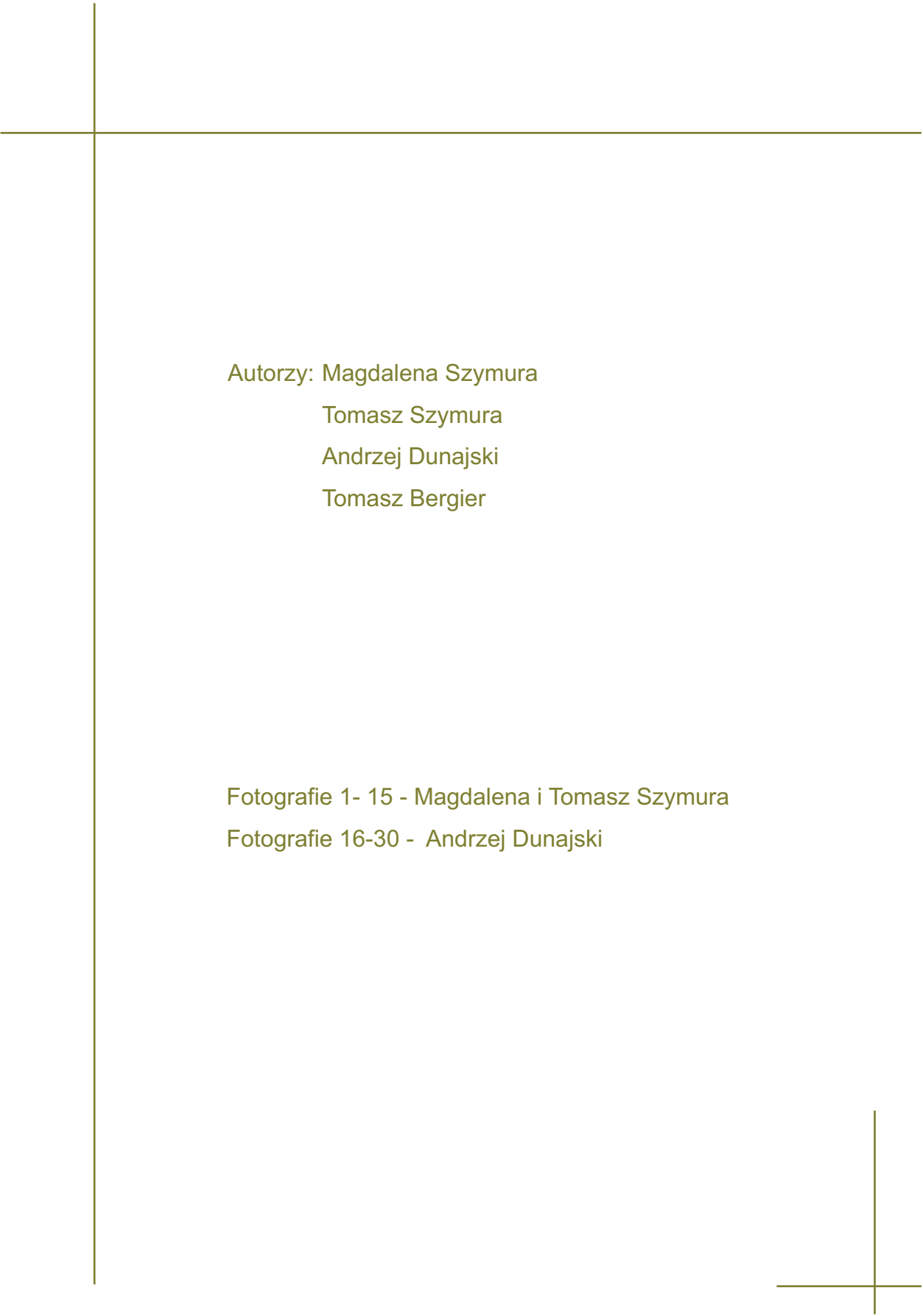


Oczyszczalnie roślinne
jako rozwiązanie problemów
ścieków w obiektach zabudowy
rozproszonej

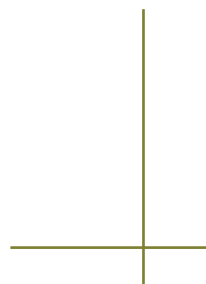


Wrocław 2010



Autorzy: Magdalena Szymura
Tomasz Szymura
Andrzej Dunajski
Tomasz Bergier

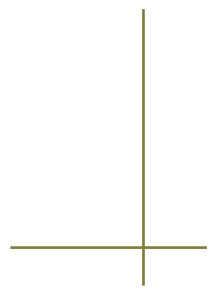
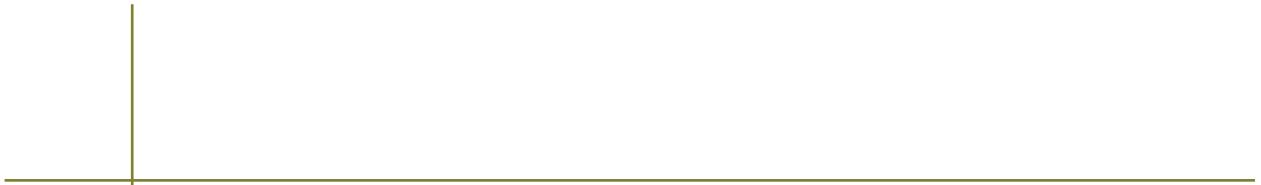
Fotografie 1- 15 - Magdalena i Tomasz Szymura
Fotografie 16-30 - Andrzej Dunajski



Spis treści



1. Problem oczyszczania ścieków w warunkach zabudowy rozproszonej – str. 5
2. Zasady działania oczyszczalni roślinnych – str. 8
 - a. Konstrukcja oczyszczalni – str. 8
 - b. Typy oczyszczalni hydrobotanicznych – str. 10
3. Procesy oczyszczania zachodzące w oczyszczalni roślinnej – str. 12
4. Oczyszczalnie ogrodowe – str. 17
 - a. Specyfika oczyszczalni ogrodowych – str. 17
 - b. Budowa systemu oczyszczalni ogrodowej – str. 17
5. Podstawy metodyczne projektowania oczyszczalni – str. 18
 - a. Wymiarowanie oczyszczalni – str. 18
 - b. Dobór roślin do nasadzeń – str. 19
 - c. Porównanie skuteczności różnych typów oczyszczalni – str. 27
6. Dobry przykład – oczyszczalnia ogrodowa dla Stacji Naukowej „Storczyk” w Karpaczu – str. 29
 - a. Projekt i lokalizacja oczyszczalni – str. 29
 - b. Kronika budowy oczyszczalni – opis kolejnych etapów powstawania oczyszczalni – str. 32
 - c. Wykorzystanie oczyszczalni ogrodowej do wzbogacenia oferty Stacji oraz prowadzenia edukacji dotyczącej zrównoważonej gospodarki wodno-ściekowej na terenach rozproszonych – str. 38



1. Problem oczyszczania ścieków w warunkach zabudowy rozproszonej

Odprowadzanie do środowiska nie oczyszczonych ścieków jest zabronione i niezgodne z przepisami. Ścieki wprowadzane do środowiska muszą być oczyszczane w taki sposób, żeby ich parametry zostały zredukowane do odpowiednich wartości. Polska jest jednym z najuboższych w zasoby wodne krajów Europy, ochrona wód jest więc niezwykle ważnym elementem polityki ekologicznej oraz gospodarczej Państwa. Niezbędnym warunkiem poprawy jakości zasobów wodnych jest ograniczenie wpływu ścieków komunalnych i przemysłowych oraz zanieczyszczeń rolniczych na wody powierzchniowe i podziemne. Dodatkowe zobowiązania w tej dziedzinie nakłada na Polskę akcesja do Unii Europejskiej. Ramowa Dyrektywa Wodna oraz inne akty prawne UE określają normatywne wymagania dla ścieków i zanieczyszczeń odprowadzanych do wód, w szczególności dla ścieków komunalnych i azotanów ze źródeł rolniczych. Odpowiedzialność za realizację polityki wodnej w dziedzinie ochrony wód przed zanieczyszczeniami spoczywa w zasadniczym stopniu na samorządach. W ciągu najbliższych kilkunastu lat konieczne będą kosztowne inwestycje, związane z budową systemów kanalizacyjnych i oczyszczalni ścieków.

Najpowszechniejszym obecnie rozwiązaniem problemu ścieków jest używanie zbiorników bezodpływowych (tzw. szamb), ma ono jednak wiele wad: nie każda oczyszczalnia ma możliwość przyjęcia takich ścieków, (np. ze względu na brak punktu zlewnego lub zastosowaną technologię oczyszczania), duża częstotliwość wywozu ścieków, duże koszty eksploatacji - transport ścieków na znaczne odległości, uciążliwość pracy wozu asenizacyjnego dla najbliższego otoczenia.

Ponadto zbiorniki takie są często nieszczelne, a ich zawartość trafia do wód gruntowych i rzek zamiast do oczyszczalni. Najlepszym sposobem zagospodarowania ścieków jest odprowadzenie ich bezpośrednio do oczyszczalni ścieków. Można wyróżnić trzy podstawowe typy oczyszczalni:

- **Oczyszczalnie przydomowe** - które pozwalają oczyścić ścieki pochodzące z jednego lub kilku gospodarstw domowych. Ścieki oczyszczane są bezpośrednio w gospodarstwie.
- **Oczyszczalnie lokalne** - które pozwalają oczyścić ścieki pochodzące z kilku lub kilkunastu gospodarstw domowych. Ścieki odprowadzane są wspólną siecią kanalizacyjną do oczyszczalni.

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

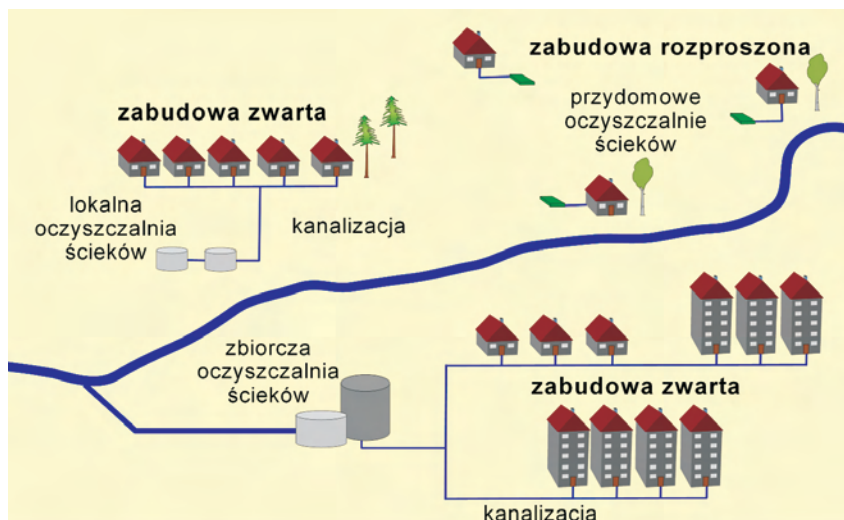
- **Oczyszczalnie zbiorcze** - które pozwalają oczyścić ścieki pochodzące z całych wsi lub nawet grupy wsi. Ścieki odprowadzane są wspólną siecią kanalizacyjną. Ze względu na koszt sieci kanalizacyjnej stosowane są przede wszystkim na terenach o zabudowie zwartej.

W przypadku miejscowości o zabudowie zwartej, dzięki niewielkim odległościom pomiędzy obiektami, tj. domy, sklepy i inne obiekty, koszt budowy wspólnej sieci kanalizacyjnej odprowadzającej ścieki do zbiorczej oczyszczalni nie jest bardzo wysoki. Na jeden kilometr kanalizacji przypada bowiem wielu użytkowników, na których rozkłada się koszt budowy i eksploatacji kanalizacji.

Natomiast w miejscowościach o zabudowie rozproszonej, w których odległości pomiędzy obiektami są znaczne, odprowadzenie ścieków kanalizacją do jednej oczyszczalni jest bardzo kosztowne. W takich warunkach na jeden kilometr sieci kanalizacyjnej przypada niewiele użytkowników, na których ciążyą koszty budowy i utrzymania rozbudowanej sieci kanalizacyjnej. Dlatego rozwiązanie problemu ścieków w postaci kanalizacji zbiorczej jest w tej sytuacji niecelowe.

Ponadto oczyszczanie ścieków w oczyszczalni tradycyjnej stwarza konieczność specjalistycznego nadzoru, który również wnosi dodatkowe koszty. Z punktu widzenia technologicznego sezonowa zmienność ilości i składu odprowadzanych ścieków utrudnia prawidłowy przebieg procesu oczyszczania.

Rys.1.
Optymalne
rozwiązania
gospodarki
ściekami
w obszarach
o różnym
typie
zabudowy.



1. Problem oczyszczania ścieków w warunkach zabudowy rozproszonej

W tej sytuacji optymalnym rozwiązaniem są oczyszczalnie przydomowe, nie wymagające kolektorów ściekowych, ani specjalistycznego nadzoru, proste w obsłudze oraz w mniejszym stopniu wrażliwe na zmienną ilość i skład ścieków.

Jednym z typów oczyszczalni przydomowych są oczyszczalnie roślinne. Są stosowane do oczyszczania ścieków pochodzących z różnych źródeł, w tym komunalnych. Znana jest również ich przydatność do usuwania zanieczyszczeń obszarowych, w tym związków azotu, pochodzących z terenów użytkowanych rolniczo. Oczyszczalnie roślinne są wykorzystywane do oczyszczania ścieków bytowych zarówno w skali pojedynczych gospodarstw domowych, jak i w większej skali dla osiedli lub nawet całych miejscowości.

Właściwie zaprojektowana i użytkowana oczyszczalnia roślinna może być zlokalizowana w bezpośredniej bliskości siedzib ludzkich, gdyż nie jest uciążliwa dla mieszkańców. Wykorzystanie oczyszczalni tego typu pozwala na zdecentralizowanie oczyszczania ścieków, a więc na ograniczenie kosztów związanych z budową kanalizacji. Umożliwia to dostosowanie systemu oczyszczalni do specyfiki przestrzennej organizacji miejscowości oraz do lokalnych warunków fizyczno-geograficznych. Można tworzyć system indywidualnych oczyszczalni lub system oczyszczalni lokalnych oczyszczających ścieki z kilku pobliskich gospodarstw domowych. Oczyszczalnia roślinna jest w istocie sztucznie stworzonym ekosystemem, mającym charakter obszaru podmokłego. Dlatego budowa takich obiektów przynosi, poza oczyszczaniem ścieków, dodatkowe korzyści ekologiczne, krajobrazowe, rekreacyjne i edukacyjne.

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

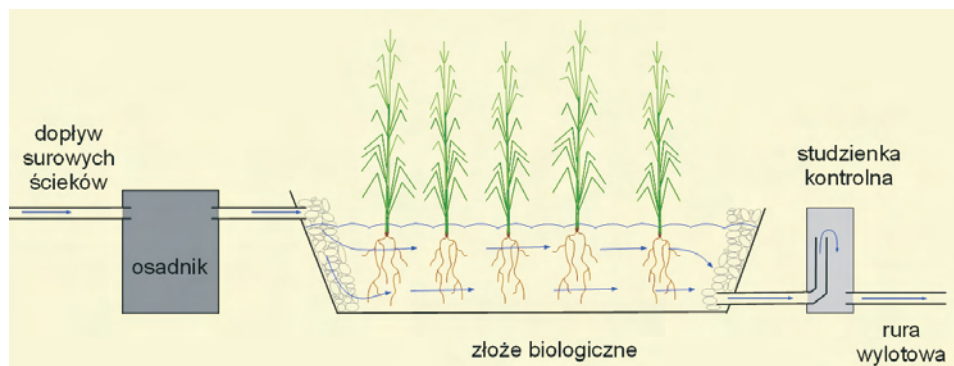
2. Zasady działania oczyszczalni roślinnych

a. Konstrukcja oczyszczalni

Roślinne oczyszczalnie ścieków można ogólnie zdefiniować jako ekosystemy bagienne sztucznie tworzone w celu oczyszczania ścieków lub podczyszczania wód. W oczyszczalniach roślinnych za oczyszczanie odpowiada złożony system, jaki tworzą: woda, podłoże mineralne, obumarłe części roślin, żywe rośliny, ogromna liczba mikroorganizmów (bakterie, pierwotniaki, grzyby) oraz zwierzęta (bezkęgowce i kręgowce). Taka różnorodność organizmów składających się na system oczyszczalni powoduje występowanie dużej liczby mechanizmów usuwania zanieczyszczeń ze ścieków. Oczyszczalnie roślinne, w zależności od składu gatunkowego oraz typu roślin biorących udział w oczyszczaniu ścieków są nazywane oczyszczalniami hydrobotanicznymi, hydrofitowymi lub glebowo-korzeniowymi.

W najprostszym schemacie roślinnej oczyszczalni ścieki są najpierw zbierane w osadniku. **Osadnik** jest zbiornikiem, w którym następuje wstępny proces oczyszczania. Usuwany jest piasek, większe zanieczyszczenia mechaniczne oraz część zawiesin. Następnie ścieki doprowadzane są do **złoża biologicznego oczyszczalni**, gdzie są rozsączkowane w złożu (może je tworzyć np. żwir) i poprzez kontakt z korzeniami roślin oraz mikroflorą ulegają oczyszczeniu (Rys. 2).

Rys. 2.
Schemat działania roślinnej oczyszczalni ścieków.



Złożo biologiczne oczyszczalni składa się ze złoża, będącego kompleksem materiału wypełniającego (żwiru, tłucznia, rumoszu skalnego lub odpowiednio przygotowanego gruzu), roślin posadzonych w złożu oraz mikroorganizmów, które rozwijają się na powierzchni korzeni oraz na powierzchni materiału wypełniającego. Złożo biologiczne musi być szczelne, tak by ścieki nie wydostawały się z niego do środowiska. Uszczelnienie wykonuje się zwykle za pomocą specjalnej folii.

2. Zasady działania oczyszczalni roślinnych

System hydrauliczny oczyszczalni tworzą rury doprowadzające ścieki, system drenażowy zbierający oczyszczoną wodę, studzienka kontrolująca poziom ścieków i rura odprowadzająca.

Materiał wypełniający ma podstawowe znaczenie dla efektywności procesu oczyszczania. Duże kamienie gwarantują dobry przepływ ścieków, jednakże dają małą powierzchnię dostępną dla mikroorganizmów, które pełnią główną rolę w procesie oczyszczania. Z drugiej strony, drobny materiał, jak na przykład piasek, zapewnia dużą powierzchnię dostępną dla mikroorganizmów, jednakże posiada niską przewodność hydrauliczną. Optymalnym rozwiązaniem jest więc użycie żwiru, o średnicy ziaren 8-16mm, który zapewnia swobodny przepływ ścieków, jak również posiada stosunkowo dużą powierzchnię dostępną do mikroorganizmów.

Głównymi czynnikami decydującymi o doborze roślinności są spodziewany poziom wody w oczyszczalni oraz warunki klimatyczne. Stosuje się gatunki roślin występujące naturalnie w ekosystemach podmokłych lub roślinność wodną. Gatunki te są dobrze dostosowane do życia przy zmieniającym się poziomie wody lub w zanurzeniu. W warunkach Polski występuje około 60 gatunków roślin rodzimych oraz 30 aklimatyzowanych, które mogły by być zastosowane w oczyszczalniach roślinnych. Można używać jednego gatunku roślin (najczęściej stosuje się trzcinę, pałki, sitowie lub wierzby) lub kompozycji złożonych z wielu gatunków roślin.

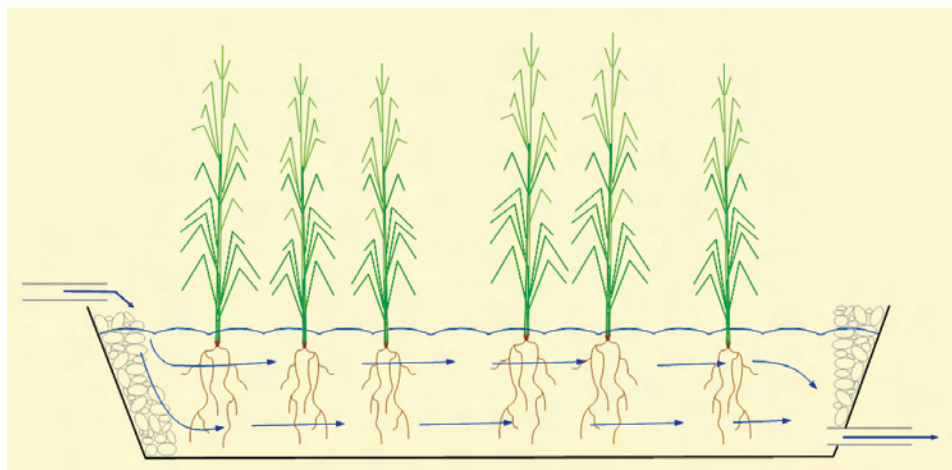
Cechami oczyszczalni roślinnych są:

- niskie koszty budowy, wynikające z zastosowania małej ilości urządzeń technicznych
- niskie koszty utrzymania i działania, bardzo małe zużycie energii elektrycznej
- nie jest wymagana specjalistyczna obsługa
- oczyszczalnie roślinne tolerują zmiany w ilości dopływających ścieków
- tworzą odpowiednie środowisko dla życia wielu gatunków roślin i zwierząt
- mogą być wkomponowane w otaczający krajobraz, co jest dodatkowym estetycznym walorem,
- zwłaszcza jeżeli oczyszczalnia ma być budowana na terenie obszarowej formy ochrony przyrody jaką jest park narodowy lub park krajobrazowy.

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

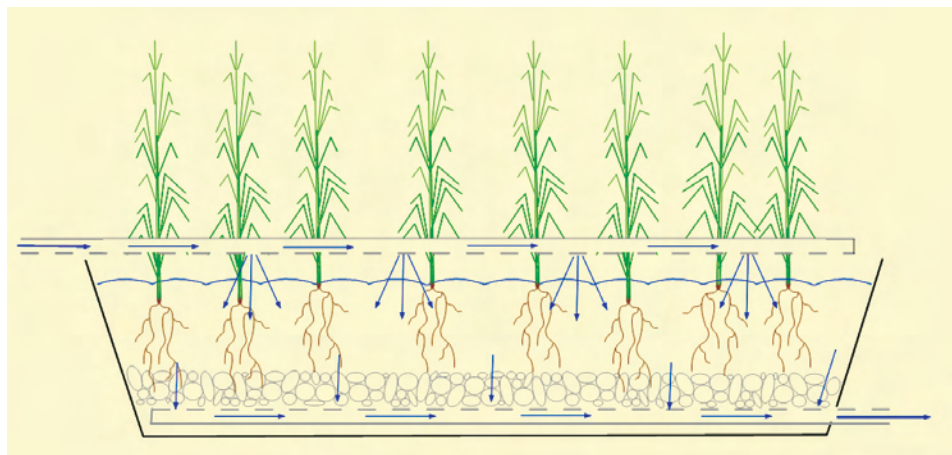
b. Typy oczyszczalni hydrobotanicznych

Oczyszczalnie z przepływem podpowierzchniowym poziomym. W tego typu oczyszczalniach ścieki przepływają przez złożę w kierunku poziomym. Równomierne rozprowadzanie i odprowadzanie ścieków zapewnia warstwa kamieni położona na wlocie i wylocie, natomiast samo poletko wypełnione jest żwirem lub piaskiem (Rys. 3).



Rys. 3.
Schemat
oczyszczalni
z przepływem
podpowierz-
chniowym
poziomym

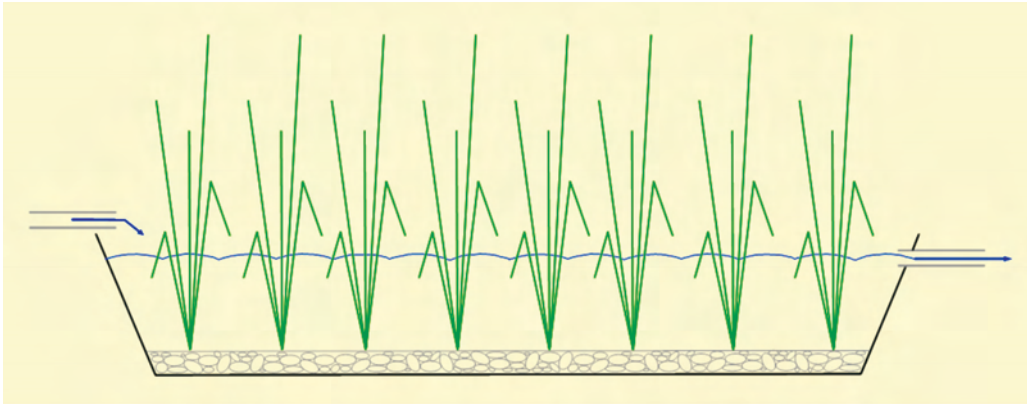
Oczyszczalnie z przepływem podpowierzchniowym pionowym – ścieki rozprowadzane są nad poletkiem, spływają pionowo przez kompleks roślinno-gruntowy i zbierane są przez drenaż osadzony na dnie oczyszczalni (Rys. 4). Materiał filtrujący: żwir i kamienie ułożony jest warstwami – jego średnica wzrasta ku dołowi. W tego typu oczyszczalniach stosuje się cykliczne napełnianie i odprowadzanie ścieków – nie są więc one zasilane w sposób ciągły.



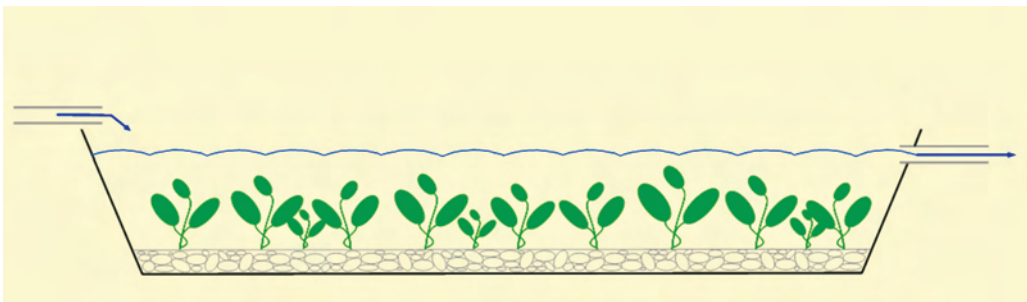
Rys. 4.
Schemat
oczyszczalni
z przepływem
podpowierz-
chniowym
pionowym.

2. Zasady działania oczyszczalni roślinnych

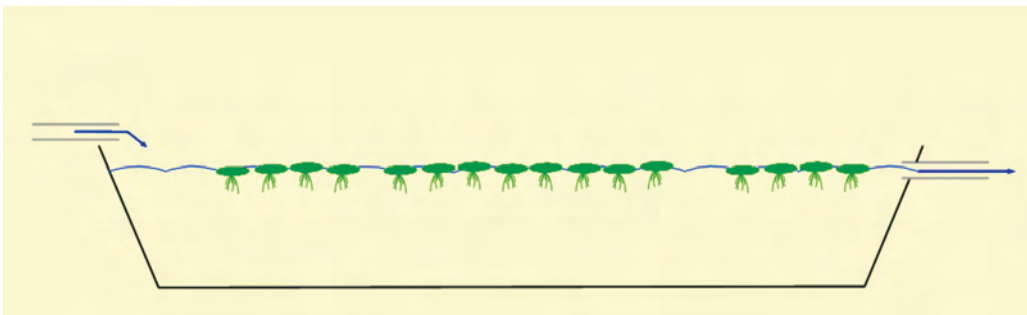
Oczyszczalnie z powierzchniowym przepływem ścieków – ścieki przepływają tutaj nad powierzchnią gruntu. Można stosować tutaj różne formy roślinności: wynurzoną (Rys. 5), zanurzoną (Rys. 6) czy też pływającą (Rys. 7), głębokość takich oczyszczalni może wynosić od kilku centymetrów do kilku metrów.



Rys. 5.
Schemat oczyszczalni z powierzchniowym przepływem ścieków z zastosowaniem roślinności wynurzonej.



Rys. 6.
Schemat oczyszczalni z powierzchniowym przepływem ścieków z zastosowaniem roślinności zanurzonej.

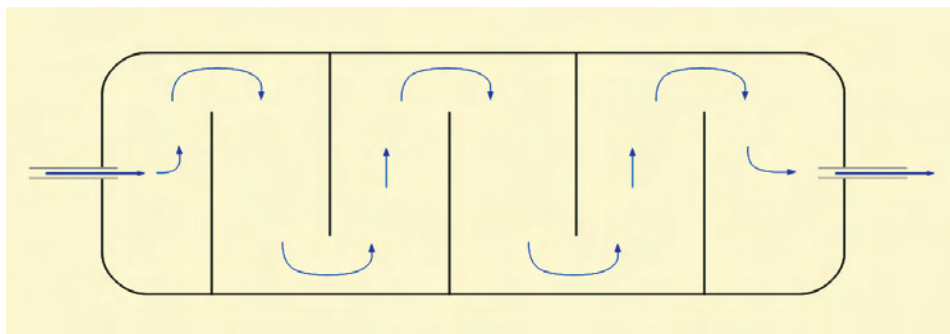


Rys. 7.
Schemat oczyszczalni z powierzchniowym przepływem ścieków z zastosowaniem roślinności pływającej.

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

Aby zwiększyć czas przepływu ścieków przez oczyszczalnię stosuje się różnego rodzaju przegrody (Rys. 8).

Rys. 8.
Schemat przykładowego zastosowania przegród w celu zwiększenia wydajności oczyszczalni roślinnej.

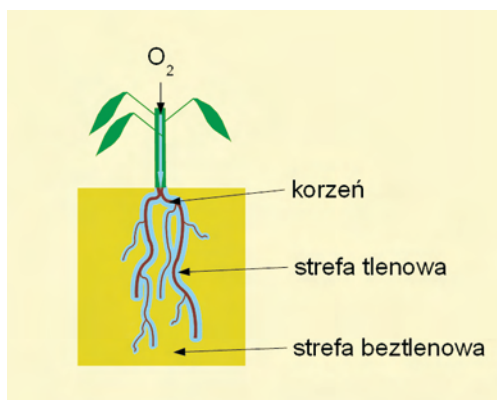


3. Procesy oczyszczania zachodzące w oczyszczalni roślinnej

Złoże żwirowe, korzenie i obumarłe części roślin tworzą filtr posiadający dużą zdolność do wyłapywania i zatrzymywania zanieczyszczeń. Zanieczyszczenia, które uległy zatrzymaniu są następnie rozkładane.

W procesie rozkładu zanieczyszczeń podstawową rolę pełnią mikroorganizmy, zaś korzenie roślin zielonych dostarczają im przede wszystkim tlenu oraz wygodnych miejsc do osiedlenia. Transport tlenu do korzeni jest cechą, którą wykształciły rośliny wodne i siedlisk podmokłych, aby umożliwić procesy życiowe wymagające obecności tlenu w organach zanurzonych. Transport odbywa się tak zwanym systemem przewietrzającym, który tworzą komory wewnętrzne. Mogą one obejmować do 70% objętości organów roślin. Wokół korzeni, w wyniku dostarczania tlenu z nadziemnych części roślin, wykształca się cienka strefa tlenowa (Rys. 9).

Rys. 9.
Transport tlenu w strefie korzeniowej.

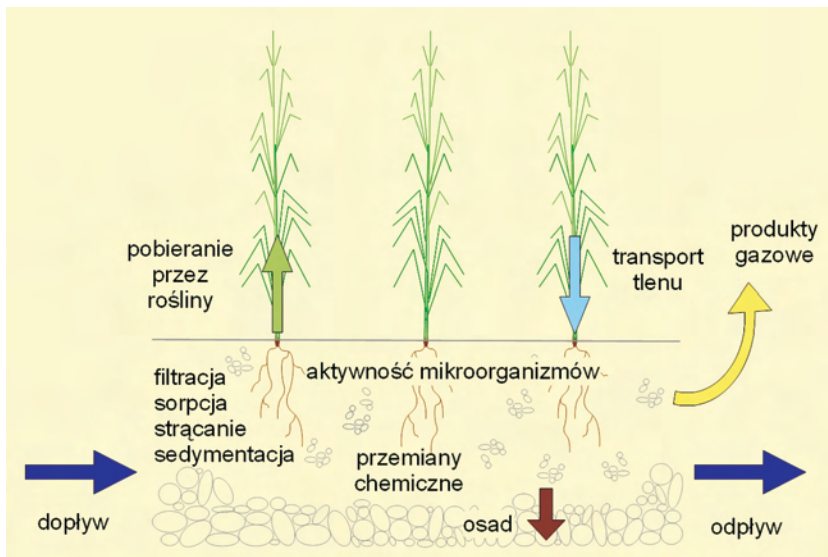


3. Procesy oczyszczania zachodzące w oczyszczalni roślinnej

W złożu wypełnionym ściekami panują warunki beztlenowe, jednak w najbliższym otoczeniu korzeni tlen jest dostępny – taka mozaika stref tlenowych i beztlenowych jest typowa do ekosystemów podmokłych. Stwarza to doskonale warunki do rozwoju olbrzymiej liczby różnorodnych drobnoustrojów. Ich liczba jest zwiększana nie tylko przez obecność stref tlenowych, ale także przez olbrzymią powierzchnię korzeni, na których mogą się osadzać. Szacuje się, że liczba mikroorganizmów w złożu oczyszczalni roślinnej jest 100 razy większa niż w tradycyjnych oczyszczalniach. Obecność stref z różną ilością tlenu powoduje, że procesy rozkładu zanieczyszczeń zachodzą równolegle na drodze tlenowej i beztlenowej, bądź naprzemiennie. Zapewnia to dużą skuteczność oczyszczania ścieków.

W wyniku działania różnorodnych, powiązanych ze sobą procesów biochemicznych, złożone substancje organiczne zostają rozłożone na proste związki chemiczne, łatwo przyswajalne przez rośliny i mikroorganizmy. Większość związków przyswajalnych jest pobierana i wykorzystywana przez drobnoustroje, a tylko około jednej dziesiątej przez rośliny. Produkty metabolizmu bakterii opuszczają złożę w postaci gazów, jest to głównie dwutlenek węgla pochodzący z rozkładu materii organicznej.

Część zanieczyszczeń tworzy osad lub zostaje trwale związana z podłożem, a reszta opuszcza złożę z odpływem oczyszczonych ścieków (Rys.10).



Rys. 10.
Schemat mechanizmów usuwania zanieczyszczeń, zachodzących w oczyszczalni.

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

W usuwaniu związków azotu największe znaczenie mają procesy nityfikacji i denityfikacji. W ściekach azot występuje głównie w formie azotu organicznego oraz jako azot amonowy, w dużo mniejszym stopniu w formie azotanów i azotynów. Azot organiczny jest w złożu mineralizowany do amoniaku (NH_4) na drodze amonifikacji. Azot amonowy (N_{NH_4}) z kolei ulega nityfikacji. Nityfikacja zachodzi na skutek aktywności dwóch grup bakterii tlenowych: *Nitrosomonas*, które utleniają azot amonowy do azotynów oraz *Nitrobacter*, które utleniają azotyny do azotanów. Powstała energia jest wykorzystywana przez bakterie eutroficzne do syntezy nowych komórek. Źródłem węgla dla tych procesów jest węgiel organiczny i CO_2 zawarty w ściekach, pewne ilości związków węgla mogą również być dostarczane przez rośliny wyższe. Węgiel dostarczany przez makrofity ma szczególne znaczenie w przypadku ścieków ubogich w węgiel organiczny. Procesy denityfikacji są prowadzone przez szereg grup bakterii, między innymi przez: *Pseudomonas*, *Achromobacter bacillus*, *Micrococcus*. Denityfikacja jest procesem o podstawowym znaczeniu dla usuwania związków azotu w oczyszczalniach hydrobotanicznych. Azot cząsteczkowy N_2 opuszcza złożę przechodząc do powietrza atmosferycznego, również pewne ilości azotu w formie N_2O i N mogą tą drogą opuścić oczyszczalnię. Związki azotowe są również wychwytywane przez rośliny i wbudowywane w ich biomasę.

Usuwanie związków fosforu w oczyszczalniach hydrobotanicznych następuje przede wszystkim na skutek procesów chemicznych zachodzących pomiędzy ściekami a mineralnym wypełnieniem złoża. Główne procesy to adsorpcja na ziarnach mineralnych oraz wiązanie chemiczne przez związki żelaza, glinu i wapnia. Dlatego też obecność tych pierwiastków w złożu oraz w ściekach ma zasadnicze znaczenie dla efektywności usuwania fosforu ze ścieków. Niewielkie ilości związków fosforu są również usuwane na drodze pobierania przez makrofity.

Usuwanie metali ciężkich ze ścieków odbywa się na drodze kilku procesów, które zachodzą w złożu oczyszczalni równolegle. Są to:

- fizyczna i chemiczna adsorpcja,
- sorpcja przez organizmy wodne – metale ciężkie są dobrze kumulowane przez praktycznie wszystkie organizmy wodne. Ilość metali ciężkich zatrzymanych w ten sposób jest sumą metali zgromadzonych na powierzchni tych biosorbentów oraz wchłoniętych do ich wnętrza na drodze energozależnego transportu,
- strącanie lub współstrącanie.

W systemach mokradłowych następuje charakterystyczne zjawisko zagęszczania mikrozanieczyszczeń (głównie metali ciężkich) w osadach znajdujących się w złożu.

3. Procesy oczyszczania zachodzące w oczyszczalni roślinnej

Zanieczyszczenia te w wyniku biokumulacji i sorpcji na substancjach zawieszonych oraz późniejszej sedimentacji usuwane są ze ścieków, ale jednocześnie ulegają zagęszczeniu w osadach dennych. Niższe stężenia metali ciężkich obserwuje się w roślinach wyższych, co wskazuje na mniejszą rolę makrofitów w bezpośrednim usuwaniu tych zanieczyszczeń. Warto podkreślić, że usuwanie metali ciężkich w konwencjonalnych oczyszczalniach następuje z wieloma problemami i wymaga stosowania kosztownych rozwiązań.

Zawiesiny, zarówno organiczne jak i nieorganiczne są zatrzymywane w złożu oczyszczalni hydrobotanicznej na drodze takich zjawisk jak osadzanie, filtracja oraz adsorpcja, natomiast ich usuwanie odbywa się głównie na skutek rozkładu przez mikroorganizmy. W przypadku niedostatecznego tempa reakcji rozkładu może występować zagrożenie kolmatacją złoża na skutek nadmiernego osadzania się części stałych i obniżenia się współczynnika filtracji. Prowadzi to do przepływu ścieków po powierzchni mokradła lub do wytworzenia uprzywilejowanych dróg przepływu w złożu, co z kolei wiąże się ze skróceniem czasu zatrzymania ścieków i obniżeniem efektywności ich oczyszczania. Jednak czas funkcjonowania oczyszczalni hydrobotanicznej, jeżeli weźmiemy pod uwagę zatykanie się por złoża, sięga rzędu 100 lat. Większość zatrzymanych i nie rozłożonych cząsteczek ma charakter nieorganiczny, dlatego niezbędne jest wstępne mechaniczne podczyszczanie ścieków w osadniku przed skierowaniem ich na złożo hydrobotaniczne w celu usunięcia mineralnych cząstek zawieszonych. Z drugiej strony wskazuje to na dobry rozkład materii organicznej w oczyszczalniach hydrobotanicznych. Niestety, na wielu oczyszczalniach obserwowano znacznie szybsze zamulanie złoża. Występowanie tego zjawiska związane jest z niecałkowitym przebiegiem procesów rozkładu, czego przyczyną jest niedobór tlenu w złożu. W takich przypadkach tlen jest zużywany do rozkładu substancji łatworozkładalnych, a procesy wolniej przebiegające zachodzą w warunkach niedoboru tlenu. Jeżeli takie sytuacje zachodzą często, następuje gromadzenie się biomasy i zamulanie. Można tego uniknąć przez prawidłowe zaprojektowanie rozmiarów złoża oraz nie dopuszczanie do jego przeciążenia.

Wśród **organizmów patogennych**, obserwowanych w ściekach, należy wymienić pasożyty, bakterie i wirusy chorobotwórcze. Mogą one się dostawać do wód płynących wraz z oczyszczonymi ściekami wypływającymi z oczyszczalni. Natomiast wody podziemne mogą ulegać skażeniu na skutek nieszczelności w izolacji złoża, jednak w prawidłowo zaprojektowanym, wykonanym i eksploatowanym obiekcie nie powinno to mieć miejsca.

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

Poza tym skażenie środowiska patogenami następuje na drodze emisji aerozoli z obszaru oczyszczalni. Usuwanie organizmów patogennych następuje głównie na skutek oddziaływania naturalnego promieniowania UV, a także poprzez wpływ wydzielin niektórych roślin wyższych oraz antagonistycznego działania mikroorganizmów bytujących w złożu. Organizmy te mogą być również usuwane ze ścieków na drodze filtracji i sedymentacji w złożu oraz późniejszego obumierania. Usuwanie organizmów patogennych w oczyszczalniach hydrobotanicznych jest wysokie nawet bez stosowania dodatkowych zabiegów dezynfekujących.

Oczyszczalnie roślinne działają także w warunkach zimowych, w okresie tym następuje tylko spadek ich wydajności o około 20%. Ponieważ temperatura ścieków wynosi kilka stopni powyżej zera, więc nie zamarzają one, jeżeli są ciągle doprowadzane. Oczyszczanie prowadzą organizmy znoszące niską temperaturę, a ich ilość znacznie wzrasta w okresach mrozu.

Ponadto procesy rozkładu złożonych substancji chemicznych przebiegają egzotermicznie, czyli z wydzielaniem ciepła, co również przyczynia się do podniesienia temperatury w złożu.

Mimo, że bezpośrednio pobieranie zanieczyszczeń przez rośliny jest niewielkie, jednak ich rola w całości funkcjonowania oczyszczalni jest bardzo duża z uwagi na:

- dostarczanie tlenu do podłoża, przez co tworzenie optymalnych warunków dla bytowania mikroorganizmów,
- rozrost oraz obumieranie systemu korzeniowego poprawia hydraulikę złoża oraz zapobiega jego kolmatacji,
- filtrowanie i sorbowanie zanieczyszczeń – system korzeniowy roślin oraz warstwa obumarłych szczątków roślinnych stanowi niejako zbiornik retencyjny dla zanieczyszczeń (zwłaszcza zawiesin), zwiększa tym samym odporność systemów hydrobotanicznych na okresowe wahania ilości i składu dopływających ścieków,
- izolacja termiczna złoża,
- ograniczanie mnożenia się owadów oraz eliminacja organizmów patogennych poprzez wytwarzanie antybiotyków lub substancji o podobnym działaniu,
- ograniczanie odorów,
- zmniejszanie ilości oczyszczanych ścieków na skutek ewapotranspiracji wody i jej pobierania przez rośliny,
- podniesienie walorów estetycznych, ekologicznych i siedliskotwórczych obiektu,
- wydzielane przez rośliny enzymy mogą mieć katalityczną rolę w procesach biochemicznego rozkładu zanieczyszczeń.

4. Oczyszczalnie ogrodowe

a. Specyfika oczyszczalni ogrodowych

Oczyszczalniami ogrodowymi nazywamy oczyszczalnie roślinne o podpowierzchniowym przepływie poziomym. Cechą odróżniającą oczyszczalnie ogrodowe od innych oczyszczalni roślinnych jest przede wszystkim użycie specjalnej kompozycji wielu gatunków roślin dostosowanych do typu i ilości ścieków, warunków klimatycznych, a także upodobań użytkownika. W ten sposób oczyszczalnia taka może stać się atrakcyjnym wizualnie fragmentem ogrodu. Zróżnicowana roślinność użyta w oczyszczalni odnosi także skuteczność procesów oczyszczania. Jest to wynik zwiększenia ilości różnych typów korzeni oraz większej odporności różnogatunkowej kompozycji na czynniki zewnętrzne. Ponadto oczyszczalnie ogrodowe odznaczają się specjalną konstrukcją i sposobem wypełnienia poletka, oraz konstrukcją elementów doprowadzających i odprowadzających ścieki. Technologia ta z powodzeniem może być stosowana w zabudowie typu rozproszonego na obszarach wiejskich oraz tam, gdzie występuje duża zmienność w ilości produkowanych ścieków jak na przykład hotele, pensjonaty czy budynki użytkowane sezonowo. Brak urządzeń mechanicznych oraz brak konieczności dodawania środków chemicznych sprawia, że eksploatacja takich systemów jest tania i prosta. Nieskomplikowana konstrukcja ułatwia budowę. Oczyszczalnie typu ogrodowego mogą stanowić nawet atrakcję turystyczną, miejsce ciekawe przyrodniczo, podnosić wartość estetyczną ogrodu czy poprawiać lokalną retencję wody.

b. Budowa systemu oczyszczalni ogrodowej

Najprostszy system oczyszczania ścieków w oczyszczalni ogrodowej składa się z szczelnego osadnika z zainstalowanym specjalnym filtrem usuwającym większe części stałe oraz poletka wypełnionego żwirem odpowiedniej wielkości i specjalnej kompozycji roślin. Budowa rozpoczyna się od przygotowania i uszczelnienia gruntu oraz montażu systemu rur doprowadzających i odprowadzających ścieki. Po przeprowadzeniu testu na szczelność poletko wypełnia się żwirem i sadi się rośliny. Od tego momentu system jest gotowy do pracy. Konserwacja oczyszczalni ogrodowych jest bardzo łatwa i tania. Nie są używane żadne elementy ruchome, które mogą się zepsuć lub które trzeba wymieniać, nie stosuje się też żadnych środków chemicznych. Należy kontrolować poziom ścieków i usuwać niechciane gatunki roślin. Jedynie osadnik wstępny wymaga regularnego opróżniania. Częstotliwość tej operacji zależy od pojemności osadnika, jednak zwykle następuje to co 1-2 lata.

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

5. Podstawy metodyczne projektowania oczyszczalni

a. Wymiarowanie oczyszczalni

Optymalne wymiary ogrodowej oczyszczalni ścieków oblicza się na podstawie danych dotyczących ilości ścieków, doprowadzanych do oczyszczalni w ciągu doby, przy czym bierze się pod uwagę wartość maksymalną w ciągu roku oraz niezbędnego stopnia ich oczyszczenia określoną według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 8 lipca 2004 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. Nr 168, poz. 1763).

Powszechnie stosowaną miarą ilości zanieczyszczeń w wodzie jest biochemiczne zapotrzebowanie tlenu w ciągu pięciu dni nazywane BZT₅ – jest to umowny wskaźnik określający ilość tlenu (mg/dm³) wymaganą do utlenienia związków organicznych przez mikroorganizmy (bakterie aerobowe). Wartość tę uzyskuje się w wyniku pomiaru zużycia tlenu przez badaną próbkę wody lub ścieków w ciągu 5 dni. Im wyższa wartość BZT₅, tym większe zanieczyszczenie.

Inną miarą jest chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT) - umowne pojęcie oznaczające ilość tlenu (mg/dm³), pobranego z utleniaczy na utlenienie związków organicznych i niektórych nieorganicznych.

Do oszacowania ilości produkowanych ścieków stosuje się jednostkę tzw. mieszkańca równoważnego (MR) – jeden MR odpowiada ładunkowi substancji organicznych, biologicznie rozkładalnych, wyrażonemu wartością BZT₅ równą 60 g O na dobę.

Doświadczenia praktyczne wskazują, że w przypadku oczyszczalni roślinnych z poziomym przepływem podpowierzchniowym i zbiornikiem sedymentacyjnym (tak jak w oczyszczalniach ogrodowych), powierzchnia złoża biologicznego przypadającego na jednego mieszkańca (MR) wynosi 6-8 metrów kwadratowych. Stosunek szerokości do długości złoża jest bardzo różny, generalnie jednak preferuje się wartości 3:1 i więcej w celu zapewnienia równomiernego przepływu oraz wydłużenia czasu zatrzymania ścieków w złożu. Głębokość złoża, jest uzależniona od maksymalnej głębokości penetracji korzeni roślin, w celu zmniejszenia wielkości strefy beztlenowej w złożu. Zazwyczaj jest to głębokość 0,6 – 1 m. Dno nie musi być silnie nachylone, zazwyczaj nachylenie wynosi 2,5-1%.

Większość kosztów, poniesionych na założenie oczyszczalni roślinnej, jest związana z zakupem materiału filtracyjnego do złoża (40% - włączając transport) oraz przygotowaniem wykopu (30%) pozostałe koszty to hydraulika (15%) i rośliny (5%).

5. Podstawy metodyczne projektowania oczyszczalni

Systemy z pionowym przepływem ścieków mogą pracować efektywnie ze złożami o mniejszych rozmiarach – około $3,2 \text{ m}^2$ na MR, w przypadku użycia zbiornika sedymentacyjnego, jednakże koszty użytkowania takiej oczyszczalni podwyższa konieczność recyrkulacji ścieków w systemie. W tym wypadku złożo również musi być głębsze i razem z warstwą drenującą ma około 1,4 m głębokości.

W systemach z powierzchniowym przepływem konieczna jest większa powierzchnia terenu (ok $20 \text{ m}^2/\text{MR}$), niebezpieczeństwo nierównomiernego przepływu ścieków w tych systemach powoduje konieczności ich budowy w postaci długich i wąskich rowów lub też jako stawów z serpentynowym przepływem ścieków (tak jak na rysunku 7).

b. Dobór roślin do nasadzeń

Gatunki, stosowane najczęściej w roślinnych oczyszczalniach ścieków, należą do grupy makrofitów, która obejmuje zakorzenione rośliny wodne kwiatowe i duże glony (głównie ramienice) występujące w środowisku wodnym. Najlepiej stosować rodzime gatunki bylin, występujące naturalnie na stanowiskach wilgotnych i podmokłych (fot. 1), aby nie przyczyniać się do rozprzestrzeniania się roślin obcego pochodzenia.



Fot. 1.
Roślinność występująca przy rowach melioracyjnych w krajobrazie rolniczym, która może być inspiracją do określania składu gatunkowego roślinnych oczyszczalni ścieków.

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

Ponadto rodzime rośliny są lepiej przystosowane do lokalnych warunków klimatycznych i środowiskowych. W celu urozmaicenia wyglądu i podniesienia estetyki nasadzeń w oczyszczalniach ogrodowych stosuje się także gatunki egzotyczne, jednak należy zwrócić uwagę, aby nie należały one do gatunków inwazyjnych, które poprzez silną konkurencyjność stanowią zagrożenie dla okolicznych ekosystemów.

Zastosowanie gatunków rodzimych wyklucza ryzyko zdominowania oczyszczalni i jej otoczenia przez gatunki obcego pochodzenia. Kolejną cechą, która powinna charakteryzować gatunki polecane do nasadzeń w oczyszczalniach roślinnych jest ich zdolność do akumulowania azotu oraz odporność na zanieczyszczenia zawarte w ściekach. Powinny być to rośliny łatwo przyjmujące się po przesadzeniu oraz charakteryzujące się zdolnością do szybkiego wzrostu oraz rozmnażania.

Najczęściej do nasadzeń używa się trzciny pospolitej (*Phragmites australis*) fot. 2, pałki szerokolistnej (*Typha latifolia*) fot. 3, wąskolistnej (*T. angustifolia*), sitów (*Juncus* sp.), sitowia (*Scirpus sylvaticus*) i turzyc (*Carex* sp.).

Fot. 2.
Trzcina
pospolita
(*Phragmites
australis*).



Fot. 2.



Fot. 3.

Fot. 3.
Pałka
szeroko-
listna
(*Typha
latifolia*).



Fot. 4.

Fot. 4.
Krwawnik
kichawiec
(*Achillea
ptarmica*).

5. Podstawy metodyczne projektowania oczyszczalni

Złóża zaleca się obsadzać wiosną sadzonkami (uzyskanymi przez podział roślin, fragmentację ich kłęczów lub sadzonkowanie pędów) lub młodymi roślinami w zagęszczeniu od 4 roślin na m² w przypadku trzciny, zaś po 7-8 roślin na m² w przypadku niższych roślin.

W celu podniesienia estetyki i możliwości wkomponowania oczyszczalni w otaczający krajobraz zaleca się dosadzanie około 20% innych gatunków o walorach dekoracyjnych. Zaleca się obsadzanie złóż kompozycją gatunków o różnym sposobie wzrostu.

Jako gatunki o sposobie rozrastania się **za pomocą kłęczów lub korzeniących się pędów** zalecane są: krwawnik kichawiec (*Achillea ptarmica*) fot. 4, łączeń baldaszkowy (*Butomus umbellatus*) fot. 5, turzycza pospolita (*Carex nigra*), turzycza prosowata (*Carex panicea*), wełnianka wąskolistna (*Eriophorum angustifolium*), mięta nadwodna (*Mentha aquatica*) fot. 6, tatarak zwyczajny (*Acorus calamus*) fot. 7,



Fot. 5.



Fot. 6.



Fot. 7.

Fot. 5.
Łączeń baldaszkowy
(*Butomus umbellatus*)

Fot. 6.
Mięta nadwodna
(*Mentha aquatica*).

Fot. 7.
Tatarak zwyczajny
(*Acorus calamus*).

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

turzyca Hartmana (*Carex hartmanii*), turzyca pęcherzykowata (*Carex vesicaria*), sit członowaty (*Juncus articulatus*), komonica błotna (*Lotus uliginosus*), tojeść rozeszłana (*Lysimachia nummularia*), tojeść pospolita (*Lysimachia vulgaris*), niezapominajka błotna (*Myosotis palustris*), mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea*), oczerzet jeziorny (*Scirpus lacustris*) fot. 8, sitowie leśne (*Scirpus sylvaticus*) fot. 9, jeżogłówka pojedyncza (*Sparganium emersum*) fot. 10, czyściec błotny (*Stachys palustris*).

Niepożądane jest lokalizowanie oczyszczalni w pobliżu drzew ze względu na zacienienie oraz możliwość rozwoju siewek drzew na obszarze oczyszczalni.

Fot. 8.
Oczerzet
jeziorny
(*Scirpus
lacustris*)



Fot. 9.
Sitowie
leśne
(*Scirpus
sylvaticus*).



Fot. 9.



Fot. 10.

Fot. 10.
Jeżogłówka
pojedyncza
(*Sparganium
emersum*).

5. Podstawy metodyczne projektowania oczyszczalni

Wśród gatunków **tworzących rozłogi** do nasadzeń w roślinnych oczyszczalniach polecane są: turzyca zastrzona (*Carex acuta*), turzyca błotna (*Carex acutiformis*), turzyca drżączkowata (*Carex brizoides*), turzyca dwustronna (*Carex disticha*), turzyca owłosiona (*Carex hirta*), turzyca nitkowata (*Carex lasiocarpa*), turzyca brzegowa (*Carex riparia*), turzyca dzióbkiowata (*Carex rostrata*), przytulia błotna (*Galium palustre*), manna mielec (*Glyceria maxima*), sit ścięsniony (*Juncus compressus*), sit tępokwiatowy (*Juncus subnodulosus*), trzcina pospolita (*Phragmites australis*), jaskier wielki (*Ranunculus lingua*), jaskier rozłogowy (*Ranunculus repens*), pałka wąskolistna (*Typha angustifolia*), pałka szerokolistna (*Typha latifolia*), przetacznik bobowniczek (*Veronica beccabunga*).

Gatunki o **wzroście kępowym lub tworzące rozety liści**: żabieniec babka wodna (*Alisma plantago-aquatica*) fot. 11, turzyca siwa (*Carex canescens*, syn. *C. curta*), turzyca długokłosa (*Carex elongata*), turzyca żółta (*Carex flava*), turzyca niby-lisia (*Carex otrubae*, syn. *C. cuprina*), turzyca prosowa (*Carex paniculata*), turzyca nibyciborowata (*Carex pseudocyperus*), turzyca rzadkokłosa (*Carex remota*), turzyca Oedera (*Carex serotina*, syn. *C. oederi*), turzyca ścięsniona (*Carex spicata*, syn. *C. contigua*), śmiałek darniowy (*Deschampsia caespitosa*), kosaciec żółty (*Iris pseudacorus*), sit rozpierzchły (*Juncus effusus*), sit siny (*Juncus inflexus*), krwawnica pospolita (*Lythrum salicaria*) fot. 12, trzęślica modra (*Molinia caerulea*), jaskier płomiennik (*Ranunculus flammula*).



Fot. 11.



Fot. 12.

Fot. 11.
Żabieniec
babka
wodna
(*Alisma
plantago-
aquatica*).

Fot. 12.
Krwawnica
pospolita
(*Lythrum
salicaria*).

Tabela 1. Zestawienie gatunków roślin odpowiednich do oczyszczalni ogrodowych

nazwa naukowa	Gatunek	Gatunek główny	Gatunki naltleniające	Gatunki oczyszczające	Gatunki ochronne	Gatunki zawsze zielone	Poziom wody	Wysokość roślin [cm]	Stanowisko
<i>Acorus calamus</i>	tatarak	x					0-30	100	słoneczne
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	zabieniec babka wodna	x					5-40	40/100	słoneczne/półcieniste
<i>Butomus umbellatus</i>	łączeń baldaszkowy	x	x				10-40	100	słoneczne
<i>Calla palustris</i>	czemień błotna	x	x				5-50	20	słoneczne-cieniste
<i>Callitriche palustris</i>	rzęśl błotna	x					20-60	podwodna	słoneczne/półcieniste
<i>Caltha palustris</i>	knieć błotna	x					0-30	30	słoneczne/półcieniste
<i>Carex gracilis</i>	turzyca zaostrozona	x				x	0-30	90	słoneczne/półcieniste
<i>Carex acutiformis</i>	turzyca błotna	x				x	0-20	100	słoneczne/półcieniste
<i>Carex elata</i>	turzyca sztywna				x		0	70	słoneczne/półcieniste
<i>Carex riparia</i>	turzyca brzegowa	x				x	0-20	110	słoneczne/półcieniste
<i>Ceratophyllum demersum</i>	rogatek sztywny		x				30-80	podwodna	słoneczne/półcieniste
<i>Cyperus longus</i>	ciбора zmienna				x		0-15	120	słoneczne
<i>Eleocharis acicularis</i>	sitowie igłowate		x				10-60	podwodna	słoneczne/półcieniste
<i>Eleocharis palustris</i>	ponikło błotne	x	x			x	0-20	30	słoneczne/półcieniste

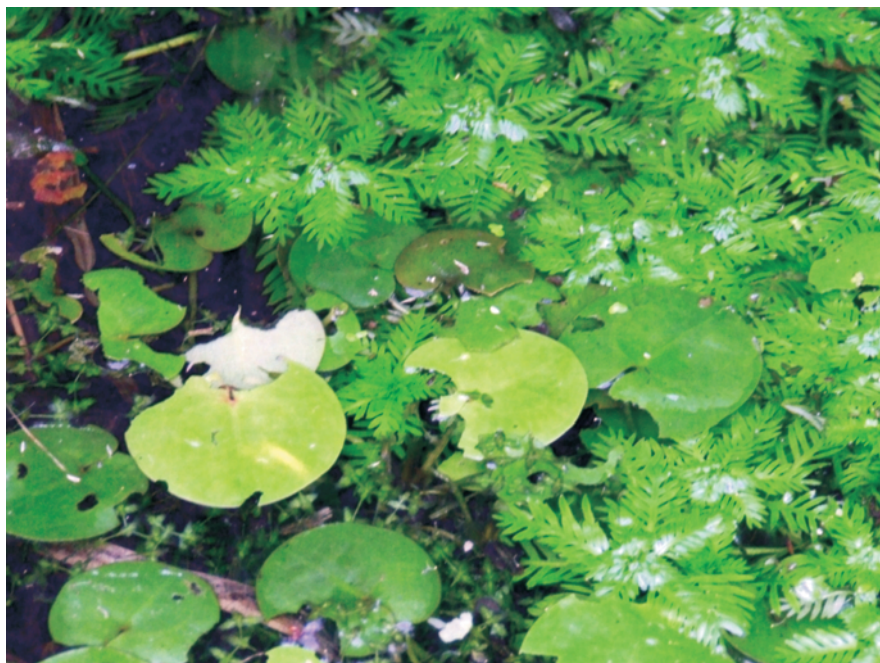
5. Podstawy metodyczne projektowania oczyszczalni

c.d. Tabela 1. Zestawienie gatunków roślin odpowiednich do oczyszczalni ogrodowych

Gatunek nazwa naukowa	Gatunek nazwa polska	Gatunek główny	Gatunki naitleniające	Gatunki oczyszczające	Gatunki ochronne	Gatunki Zielone	Poziom wody	Wysokość roślin [cm]	Stanowisko
<i>Euphorbia palustris</i>	wilczomlecz błotny				x		0-5	80	słoneczne
<i>Eupatorium cannabinum</i>	sadziec konopiasty					x	0-5	150	słoneczne/półcieniste
<i>Filipendula ulmaria</i>	wiązówka błotna		x				0	120	słoneczne/półcieniste
<i>Geum rivale</i>	kuklik zwisły				x		0	40	słoneczne
<i>Glyceria maxima</i>	mannia mielec	x		x			0-20	140	słoneczne/półcieniste
<i>Hottonia palustris</i>	okrzężnica bagienna		x		x		5-40	podwodna	słoneczne/półcieniste
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	zabieściek pływający		x				-	3.05.2010	słoneczne/półcieniste
<i>Iris pseudacorus</i>	kosaciec żółty			x		x	0-30	100	słoneczne/półcieniste
<i>Juncus effusus</i>	sit rozpięzchły	x		x			0-10	80	słoneczne/półcieniste
<i>Juncus inflexus</i>	sit siny	x		x		x	0-15	80	słoneczne/półcieniste
<i>Lycopus europaeus</i>	karbieniec pospolity			x			0-20	60	słoneczne/półcieniste
<i>Lysimachia nummularia</i>	tojeść rozestłana					x	0-10	5	słoneczne/półcieniste
<i>Lysimachia thysiflora</i>	tojeść bukietowa			x		x	0-20	80	słoneczne/półcieniste

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

Fot. 13.
Okrężnica
bagienna
(*Hottonia
palustris*)
i żabiściek
pływający
(*Hydrocharis
morsus-ranae*).



Fot. 13.

Fot. 14.
Kuklik
zwisły
(*Geum
rivale*).



Fot. 14.

Fot. 15.
Knieć
błotna
(*Caltha
palustris*).



Fot. 15.

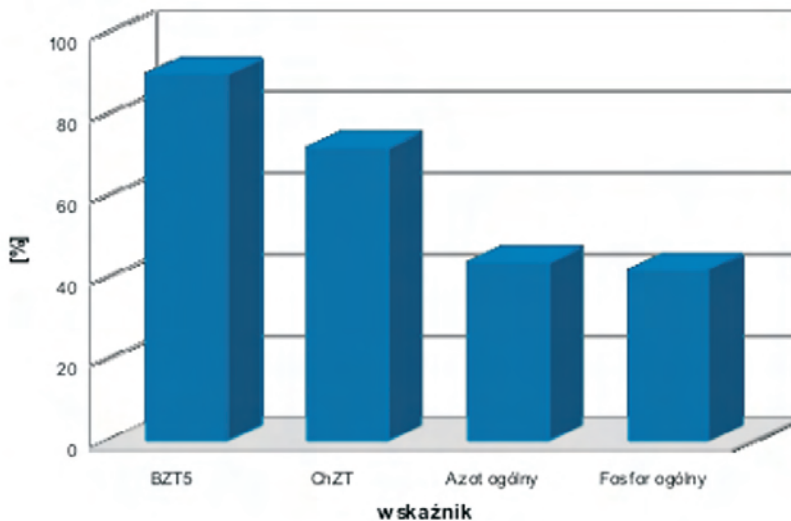
5. Podstawy metodyczne projektowania oczyszczalni

c. Porównanie skuteczności różnych typów oczyszczalni

Usuwanie zanieczyszczeń w oczyszczalniach hydrobotanicznych zachodzi na drodze połączonego działania szeregu procesów mechanicznych, chemicznych i biologicznych, a ich efektywność zależy od szeregu czynników.

Najważniejsze z nich to:

- czas zatrzymania ścieków w złożu,
- konstrukcja oczyszczalni,
- skład gatunkowy roślinności,
- stężenia poszczególnych zanieczyszczeń w ściekach surowych, odczyn pH ścieków,
- warunki meteorologiczne, przede wszystkim temperatura, w mniejszym stopniu nasłonecznienie i szybkość wiatru,
- wiek roślinności

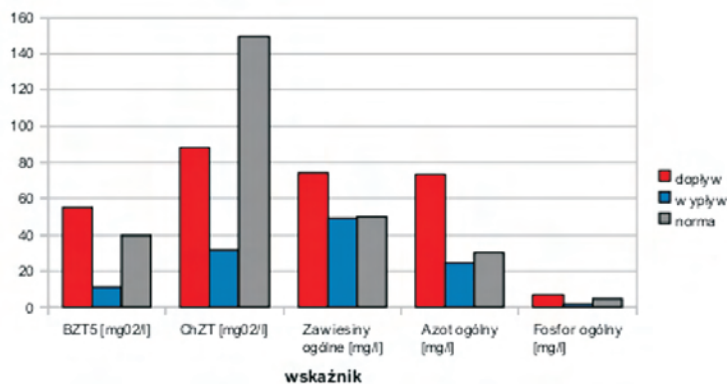


Rys. 11.
Skuteczność oczyszczania ścieków z uwagi na usuwanie związków węgla wyrażonych w BZT₅ i ChZT oraz substancji biogennej: azotu i fosforu

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

Prawidłowo zaprojektowana i wykonana oczyszczalnia ogrodowa spełnia wszystkie wymagania polskich przepisów ochrony środowiska oraz norm Unii Europejskiej. Na rysunku 12 przedstawiono średnie wyniki pomiarów z funkcjonowania oczyszczalni ogrodowych.

Rys. 12.
Podstawowe wskaźniki jakości ścieków wpływających i wypływających z oczyszczalni ogrodowej na tle dopuszczalnych norm.



6. Dobry przykład – oczyszczalnia ogrodowa dla Stacji Naukowej „Storczyk” w Karpaczu

a. Projekt i lokalizacja oczyszczalni

Stacja Ekologiczna „Storczyk” Instytutu Biologii Roślin Uniwersytetu Wrocławskiego znajduje się w Karpaczu. Jest położona w dzielnicy Wilcza Poręba, leżącej na obszarze otuliny Karkonoskiego Parku Narodowego, w bezpośrednim sąsiedztwie terenu parku. Obiekt jest położony na wysokości od 668 do 695 metrów nad poziomem morza, co odpowiada piętru roślinnemu regła dolnego. Stacja jest obiektem naukowo-dydaktycznym. Jest wykorzystywanym przez wrocławskich przyrodników prowadzących badania naukowe w Karkonoszach. W Stacji organizowane są również zajęcia dydaktyczne dla studentów Biologii i oraz Ochrony Środowiska. Zarówno badania naukowe jak i zajęcia dydaktyczne odbywają się głównie w sezonie wegetacyjnym. W związku z tym cechą charakterystyczną Stacji jest zmieniająca się znacznie w ciągu roku ilość przebywających osób: od 13 w okresie zimowym do 40 w miesiącach letnich.

Budynek Stacji położony jest samotnie w dużej odległości od innych zabudowań, do granic posesji przylegają bezpośrednio tereny Karkonoskiego Parku Narodowego. Od najbliższej zwartej zabudowy, zlokalizowanej na Wilczej Porębie oddziela go głęboko wcięta dolina Łomniczki, która stanowi poważną barierę dla budowy kolektora ściekowego (Rys. 13).



Rys. 13.
Położenie
Stacji
Ekologicznej
„Storczyk”
wśród
zabudowy
rozproszonej.

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

W tej sytuacji jako optymalne rozwiązanie problemu ścieków wybrano budowę lokalnej oczyszczalni roślinnej. Zdecydowało o tym: niskie koszty budowy i eksploatacji, tolerancja na zmienność ilości i jakości dostarczanych ścieków, a także możliwość wkomponowania w otaczający krajobraz co było bardzo ważne z uwagi na położenie w pobliżu Parku Narodowego.

Jako miejsce lokalizacji oczyszczalni wybrano niezacienione zbocze położone w północno-zachodniej części posesji, poniżej budynku (Rys. 14).



Rys. 14.
Lokalizacja
roślinnej
oczyszczalni
ścieków.

6. Dobry przykład – oczyszczalnia ogrodowa dla Stacji Naukowej „Storczyk” w Karpaczu

Oczyszczalnia ma typową budowę oczyszczalni z przepływem poziomym, podpowierzchniowym. Całkowita powierzchnia stopnia biologicznego wynosi 220 m², tworząc prostokąt o wymiarach 22x10m. Głębokość złoża wynosi 60 cm, a zwierciadło ścieków znajduje się 10 cm pod powierzchnią złoża. Ścieki z budynku Stacji odprowadzane są grawitacyjnie do osadnika wstępnego. W osadniku zatrzymaniu ulegają większe składniki i cząstki stałe.

Z osadnika, górnym przelewem, ścieki doprowadzane są do złoża biologicznego, w którym są rozsączkowane za pomocą perforowanej rury, ułożonej poprzecznie w złożu składającym się ze żwiru. Rozsącz znajduje się w górnej południowej części oczyszczalni.

Następnie ścieki swobodnie, pod powierzchnią przepływają przez złożo, w którym rosną rośliny. Tutaj następuje właściwy proces oczyszczania. W dolnej, północnej części oczyszczalni, ścieki są zbierane za pomocą drenażu i odprowadzane do studzienki zbiorczej. Dalej są pompowane do starej oczyszczalni, w której są dodatkowo doczyszczane. Stąd grawitacyjnie są odprowadzane do potoku.

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

b. Kronika budowy oczyszczalni – opis kolejnych etapów powstawania oczyszczalni

Przygotowanie wykopu

Obiekt położony jest na stoku o niewielkim nachyleniu. Dla prawidłowego działania oczyszczalni konieczne było złagodzenie spadku poprzez wykonanie wykopu. Wykop otoczono skarpią o wysokości kilkudziesięciu centymetrów. Taka konstrukcja oczyszczalni umożliwi równomierny, wolny przepływ ścieków oraz ogranicza dopływ wód deszczowych z terenów otaczających oczyszczalnię (fot. 16-18).



Fot. 16-18.
Etapy
poziomowa-
nia zbocza
i formowania
skarp

6. Dobry przykład – oczyszczalnia ogrodowa dla Stacji Naukowej „Storczyk” w Karpaczu



Uszczelnienie obiektu

Jako uszczelnienie zastosowano folię PVC o grubości 5mm rozłożoną na pięciocentymetrowej warstwie piasku (fot. 19). Taka sama warstwa piasku zabezpiecza folię również od strony złoża.



Fot. 19.
Uszczelnienie
złoża za
pomocą
folii PVC.

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

Wypełnienie złoża i instalacja hydrauliki

Ścieki rozprowadzane są na całej szerokości złoża, za pomocą 9-metrowej rury PVC, o średnicy 10 cm. Wypływ ścieków umożliwiają szczeliny o szerokości 3 mm i długości 9cm umieszczone od strony złoża (fot. 20-21).

Oczyszczone ścieki, po przepłynięciu przez złożo zbierane są rurą podobnej konstrukcji. Jako wypełnienie złoża zastosowano żwir o granulacji 8-16 mm.



Fot. 20, 21.
Instalacja
drenażu –
perforowa-
nych rur
odprowadza-
jących ścieki
z oczyszczalni.

6. Dobry przykład – oczyszczalnia ogrodowa dla Stacji Naukowej „Storczyk” w Karpaczu

Utrwalenie skarp

Boczną osłonę złoża stanowi płotek z faszyny (fot. 22). Ponieważ inwestycja wykonana jest w terenie górskim, z dużą ilością opadów, skarpy wymagają specjalnego umocnienia. Umocniono je obsiewając je trawą, w grunt zabezpieczono dodatkowo przed erozją plastikową siatką (fot. 23).



Fot. 22, 23.
Umocnienie
skarp.

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

Dobór roślin i obsadzenie

Ze względu na znaczną wysokość, na której położony jest teren Stacji Ekologicznej, wybór gatunków do nasadzeń był ograniczony do roślin mogących rosnąć w klimacie górskim. Do obsadzenia oczyszczalni użyto: kosańca żółtego (*Iris pseudoacorus*) fot. 26, tojeści rozesełanej (*Lysymachia nummularia*), tojeści pospolitej (*Lysymachia punctata*) fot. 27 i krwawnicy pospolitej (*Lythrum salicaria*).



Fot. 24-27.
Transport
i sadzenie
roślin.



6. Dobry przykład – oczyszczalnia ogrodowa dla Stacji Naukowej „Storczyk” w Karpaczu

Ze względu na położenie stacji w otulinie Parku Narodowego wybrano gatunki rodzime, są one dostępne w firmach komercyjnych. Zagęszczenie sadzonek wynosi 15 sztuk na 1 m².



Fot. 28-30.
Oczyszczalnia po
obsadzeniu
roślinami.

Oczyszczalnie roślinne jako rozwiązanie problemów ścieków w obiektach zabudowy rozproszonej

Eksploracja oczyszczalni

Eksploracja oczyszczalni ogranicza się do pielęgnacji roślinności, wywozu zawartości osadnika. Zawartość osadnika należy wywozić 1-2 razy w roku.

Pielęgnacja roślinności polega na usuwaniu chwastów i w miarę potrzeb dosadzaniu nowych roślin. Czynności te przypominają zwykłą pielęgnację ogrodu. Ponieważ oczyszczalnia wykorzystuje naturalny system roślinny, jej rozruch wymaga nieco czasu, aby rośliny rozbudowały swoje systemy korzeniowe. Również mikroorganizmy potrzebują pewnego czasu do rozwoju i pełnej funkcjonalności. Pełna efektywność uzyskana zostanie po kilku-kilkunastu miesiącach od uruchomienia.

c. Wykorzystanie oczyszczalni ogrodowej do wzbogacenia oferty Stacji oraz prowadzenia edukacji dotyczącej zrównoważonej gospodarki wodno-ściekowej na terenach rozproszonych

Ogrodowa oczyszczalnia ścieków, działająca przy Stacji Ekologicznej Storczyk służy jako stanowisko edukacyjne. Organizowane są tutaj warsztaty edukacyjne na temat rozwiązywania problemów gospodarki wodno-ściekowej na terenach o zabudowie rozproszonej pt.: „Zrównoważona gospodarka wodno-ściekowa w obiektach zabudowy rozproszonej”. Warsztaty są współorganizowane przez Centrum Rozwiązań Systemowych, Uniwersytet Wrocławski i Akademię Górniczo-Hutniczą. Uczestnicy tych warsztatów mają możliwość pogłębienia wiedzy z zakresu inżynierii środowiska, w zakresie gospodarki wodno-ściekowej, zapoznania się ze sposobem projektowania, budowy i eksploatacji oczyszczalni ogrodowej.

Literatura:

Bartoszewski K., Bicz W., Dymaczewski Z., 1997. *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*. Poznań, PZLiTS.

Bergier, T., Czech, A., Czupryński, P., Łopata, A., Wachniew, P., Wojtal, J. 2004. *Roślinne oczyszczalnie ścieków. Przewodnik dla gmin*, Kraków: Natural Systems.

Brix H., Arias C.A., 2005. *The use of vertical flow constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines*. *Ecological Engineering* 25: 491–500

Gierula A., Gąbka D., 2007. *Roślinno-glebowe oczyszczalnie w gospodarstwach szkółkarskich*. XI Ogólnopolska Konferencja Szkółkarska „Problemy i perspektywy produkcji szkółkarskiej roślin ozdobnych”.

Jakubiak M., Śliwka M., 2007, *Mokradła jako naturalne oczyszczalnie wody*, Kraków.

Kalisz L., Sałbut J., 1996. Wykorzystanie makrofitów do oczyszczania ścieków w tzw. oczyszczalniach korzeniowych. Warszawa. IOŚ.

Obarska-Pempkowiak H. 2002. *Oczyszczalnie hydrofitowe*, Gdańsk. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej.

Pahler A., 2003, *Abwasserreinigung mit Pflanzenkläranlagen*. *Gardenpraxis* 12: 53-55.

Pruchnicki B. 2005. *Opinia geotechniczna dla remontowanego budynku Stacji Ekologicznej „Storczyk” Uniwersytetu Wrocławskiego w Karpaczu przy ul. Leśnej 10. dla projektowanego drenażu i oczyszczalni ścieków*. Zakład Usług Geologicznych Bogdan Pruchnicki. Jelenia Góra – kwiecień 2005.

Soroko M., 1996. *Oczyszczanie ścieków bytowo-gospodarczych w złożach gruntowo-korzeniowych z przepływem powierzchniowym i pionowym*. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Konf. XIII, 1.

Literatura:

Szpindor A., Wierzbicki K., Pempkowiak-Obarska H., 1999. *Gruntowo-roślinne oczyszczalnie ścieków*. Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa (IBMER).

Tybel M. *Operat wodnoprawny na odprowadzanie ścieków bytowych, wód opadowych i drenażowych do wód powierzchniowych*. Grafo Agencja Projektowo-Usługowa S.C.

Vymazal J., 2002. *The use of sub-surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic: 10 years experience*. Ecological Engineering 18: 633–646.

www.repo-pflanzen.de/sortyment/sortyment.htm.