

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 242578 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **425741**

(22) Data zgłoszenia: **2018.05.27**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2019.12.02 BUP 25/2019**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.03.13 WUP 11/2023**

(51) MKP:

C02F 3/32 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT EKOLOGII STOSOWANEJ SPÓŁKA
Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ,
Skórzyn, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

WOJCIECH HALICKI, Skórzyn, PL

(54) Tytuł:

Roślinno-stawowa oczyszczalnia ścieków z usuwaniem biogenów i odnową wody

PL 242578 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest roślinno-stawowa oczyszczalnia ścieków z usuwaniem biogenów i odnową wody, przeznaczona do oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych, z powtórным wykorzystaniem wody do nawadniania lub splukiwania toalet. Może być zastosowana do oczyszczania ścieków zarówno z pojedynczych budynków, jak i budynków wielorodzinnych, szkół oraz hoteli, wszędzie tam, gdzie istnieje potencjalna możliwość i potrzeba powtórного wykorzystania oczyszczonych ścieków.

Znane są naturalne lub sztuczne oczyszczalnie roślinne o poziomym lub pionowym przepływie ścieków przez wypełnione drobnym żwirem lub piaskiem złożo korzeniowe porośnięte trzcina lub innymi roślinami wodnymi umieszczone w odkrytym stawie (zob. F.Masi, N.Martinuzzi, *Constructed wetlands for the Mediterranean countries: hybrid systems for water reuse and sustainable sanitation*, w: *Desalination* 215 (2007), 44–55, Elsevier; także *Community-Based Technologies for Domestic Wastewater Treatment and Reuse: Options for urban agriculture* by Gregory D. Rose, Centre Intern – spring 1999 International Development Research Centre, Ottawa Cities Feeding People Series – Report 27, str. 35–37, 48; Asmaa N. Mohammed, Mohamed A. ElBably, *Technologies of Domestic Wastewater Treatment and Reuse: Options of Application in Developing Countries*, Department of Hygiene, Management and Zoonoses, Beni-Suef University, Egypt, w: *JSM Environmental Science & Ecology*, 2016; J.de Anda, A.López-López, E.Villegas-García, K.Valdivia-Aviña, *High-Strength Domestic Wastewater Treatment and Reuse with Onsite Passive Methods*, w: *Water* 2018, 10, 99; doi:10.3390/w10020099, www.mdpi.com/journal/water; M.Rozkošný, M.Křiška, J.Šálek, I.Bodík, D.Istenič, *Natural Technologies of Wastewater Treatment*, Global Water Partnership Central and Eastern Europe, 2014, str. 27–36).

Znane są również oczyszczalnie stawowe, w których wykorzystuje się procesy samooczyszczania zachodzące w toni wodnej. Zarówno w oczyszczalniach roślinnych, jak i stawowych wszystkie procesy oczyszczania zachodzą w jednym środowisku: w oczyszczalniach roślinnych w złożach filtracyjnych żwirowych, a w oczyszczalniach stawowych w wodzie. Ponieważ pełny proces oczyszczania obejmujący utlenianie substancji organicznej, nityfikację, denityfikację i wiązanie fosforu prowadzony jest przez różnego rodzaju organizmy wymagające różnych warunków środowiskowych, procesy oczyszczania w oczyszczalniach naturalnych zachodzą stosunkowo wolno, zaś głównym czynnikiem wpływającym na efektywność pracy takich oczyszczalni jest tlen. Z tego względu opisane oczyszczalnie wymagają stosunkowo dużej powierzchni i nie zapewniają pełnego procesu oczyszczania.

Z publikacji autorstwa dr hab. inż. Krzysztofa Jóźwiakowskiego z 4.01.2013 r. pt. „Przydomowe oczyszczalnie ścieków na terenach wiejskich – cz. III”, http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika.materialy_i_technologie.artykul.przydomowe_oczyszczalnie_sciekow_na_terenach_wiejskich_cz_iii.6112 wiadomo, że znane są systemy hydrofilowe – naturalne lub sztuczne systemy oczyszczania ścieków, w których poziom wody, ścieków utrzymywany jest poniżej lub powyżej powierzchni terenu, co sprzyja rozwojowi roślin wodolubnych lub wodnych – tzw. hydrofitów. Dlatego w Polsce upowszechniła się nazwa „oczyszczalnie hydrofitowe”. Wśród obiektów tego typu wyróżnia się zarówno systemy wodno-roślinne, z powierzchniowym przepływem ścieków, tzw. free water surface, jak i gruntowo-roślinne z podpowierzchniowym przepływem ścieków, tzw. vegetated submerged bed. W Polsce i Europie największe zastosowanie znalazły sztuczne systemy gruntowo-roślinne, tzw. constructed wetland, w których najczęściej stosuje się takie rośliny, jak: trzcina, wierzba i pałka. Funkcjonowanie oczyszczalni hydrofitowych opiera się na wykorzystaniu takich samych procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, jakie zachodzą w naturalnych ekosystemach bagiennych przy udziale różnych zespołów mikroorganizmów oraz odpowiednio dobranych roślin. Usuwanie zanieczyszczeń w systemach gruntowo-roślinnych związane jest głównie z funkcjonowaniem błony biologicznej, tworzącej się podczas przepływu ścieków przez złożo gruntowe. Rośliny pełnią funkcję pomocniczą w procesie oczyszczania. Systemy hydrofitowe na świecie na szerszą skalę zaczęto stosować już 50 lat temu, a w Polsce najstarsze obiekty tego typu eksploatowane są od ponad 20 lat. Początkowo stosowano głównie obiekty jednostopniowe z poziomym, tzw. HF-CW horizontal flow constructed wetland lub pionowym, tzw. VF-CW vertical flow constructed wetland przepływem ścieków, jednak w ostatnich latach coraz większe zastosowanie znajdują systemy typu HSH, czyli hybrydowe systemy hydrofitowe, składające się z dwóch lub trzech złożo gruntowo-roślinnych, które zapewniają lepsze warunki do biologicznego oczyszczania ścieków. Rozwiązania takie znane są z opisów zgłoszeniowych CN102417278, CN102887590, CN105776556.

W opisie zgłoszeniowym CN102417278 ujawniono system oczyszczania ścieków obejmujący zbiornik regulacyjny, system dystrybucji wody, złożo filtrujące o pionowym przepływie, kaskadowy odkryty staw, złożo filtrujące z przepływem powierzchniowym i złożo filtrujące o nasyconym przepływie.

System dystrybucji wody połączony jest z wieloma równoległymi złożami filtrującymi o pionowym przepływie za pośrednictwem kanałów dystrybucyjnych. Zbiornik do zbierania wody i rura zanurzeniowa złoża filtrującego o pionowym przepływie są połączone ze zbiornikiem wyrównawczym przez rurę powrotną. Rura wylotowa złoża filtrującego o pionowym przepływie jest połączona z kaskadowym odkrytym stawem za pośrednictwem złoża fosforowego, a kaskadowy odkryty staw jest połączony ze złożem filtrującym z przepływem powierzchniowym. Złoże filtrujące z przepływem powierzchniowym połączone jest ze studzienką zbierającą wodę, która wyposażona jest w złoże denitryfikacyjne. Rura wylotowa studzienki zbierającej jest połączona ze złożem filtrującym z nasyconym przepływem. Złoże filtrujące o pionowym przepływie zawiera trzy części, przy czym pierwsze złoże filtrujące z przepływem pionowym ma cztery moduły o pionowym przepływie, drugie złoże filtrujące z przepływem pionowym ma siedem modułów z pionowym przepływem, a trzecie złoże filtrujące z przepływem pionowym ma dziewięć modułów z pionowym przepływem. Ścieki są okresowo rozdzielane do równolegle połączonych złożów filtrujących o pionowym przepływie przez system dystrybucji wody, a następnie wpływają do kaskadowego odkrytego stawu, po czym do złoża filtrującego z przepływem powierzchniowym podzielonego na dwie sekcje: szybkiego przepływu i powolnego przepływu, a na koniec oczyszczone ścieki przepływają do złoża filtrującego z nasyconym przepływem, i mogą być używane jako woda przemysłowa.

Pierwsze złoże filtrujące o pionowym przepływie, drugie złoże filtrujące o pionowym przepływie i trzecie złoże filtrujące o pionowym przepływie stanowią trzy części złoża filtrującego o pionowym przepływie o różnych głębokościach, zachodzi w nich proces nityfikacji. Gdy efekt nie jest dobry, woda ze złożów filtrujących zebrana w zbiorniku jest zawracana przez rurę powrotną w celu ponownego przetwarzania. Gdy stężenie fosforu jest stosunkowo wysokie, następuje przetwarzanie ścieków w złożu fosforowym, a następnie ścieki wpływają do kaskadowego odkrytego stawu. W strefie głębinowej kaskadowego stawu, w której posadzone są rośliny wodne, najpełniej zachodzi proces wytrącania fosforu – denitryfikacji. Po wejściu do złoża filtrującego z przepływem powierzchniowym, podzielonego na sekcje szybkiego przepływu i powolnego przepływu, złoże to regeneruje wodę końcową odprowadzaną z obszaru głębinowego kaskadowego stawu. Następnie ścieki przepływają do zlewni i są przetwarzane przez złoże denitryfikacyjne, a na koniec wpływają do złoża filtrującego z nasyconym przepływem także w celu denitryfikacji. Oczyszczone ścieki są odprowadzane przez rurę wylotową do zbiornika dolotowego.

Ujawniony w opisie zgłoszeniowym CN102887590 wynalazek dotyczy systemu oczyszczania ścieków z użyciem sztucznego odkrytego stawu, obejmującego kolejno połączone: zbiorniki wstępnej obróbki, kanały dopływu wody, odkryty staw roślinny pierwszego stopnia, odkryty staw roślinny drugiego stopnia i basen zbiorczy, charakteryzującego się tym, że warstwa żwiru umieszczona jest w pierwszym odkrytym stawie, warstwa piaskowcowa umieszczona jest w drugim odkrytym stawie, a rośliny wodne posadzone są w pierwszym i drugim odkrytym stawie. Poziom wody w pierwszym odkrytym stawie jest wyższy niż w drugim odkrytym stawie. Korzystnie wysokość dolnej powierzchni pierwszego odkrytego stawu jest wyższa niż wysokość dolnej powierzchni drugiego odkrytego stawu. Odkryty staw pierwszego stopnia adsorbuje zanieczyszczenia o większych rozmiarach, a odkryty staw drugiego stopnia pochłania mniejsze zawieszone substancje stałe i rozpuszczoną materię w ściekach. Przepływ wody jest spowolniony w odkrytym stawie drugiego stopnia, a wydajność obróbki adsorpcyjnej jest zwiększona. W związku z tym długość drugiego odkrytego stawu jest 1,5 razy większa od długości pierwszego odkrytego stawu.

W opisie zgłoszeniowym CN105776556 ujawniono system do oczyszczania ścieków zawierający sztuczne odkryte stawy wyposażone w perforowaną ścianę rozprowadzającą wodę, warstwę substratu, rurę odpływową, strefy zbierania wody opadowej oraz w przegrody zapewniające przepływ w górę i w dół. Przegrody są ustawione pionowo i stopniowo w warstwie bazowej odkrytego stawu, w którym posadzone są rośliny wodne, a na dnie warstwy podłoża znajduje się rura opróżniająca. Ściany każdej przegrody mają porowatą strukturę. Złoże znajduje się po jednej stronie odkrytego stawu, a strefa zlewni komunikuje się z perforowaną ścianą rozprowadzającą wodę.

Z opisu zgłoszeniowego CN201065357 znany jest sztuczny odkryty staw o pionowym przepływie stanowiący nieprzepuszczalny zbiornik z przegrodami. Środek zbiornika stanowi część z przepływem powierzchniowym, a części z pionowym przepływem znajdują się po obu stronach środkowej części. Obydwie części o pionowym przepływie stanowią odpowiednio zbiornik wlotowy i zbiornik wylotowy. Długość części z powierzchniowym przepływem jest większa niż podwójna szerokość części z pionowym przepływem. Jedna ściana odkrytego stawu jest połączona ze zbiornikiem wlotowym, a ściana części o pionowym przepływie na zewnętrznym końcu jest zaopatrzona w otwór wylotowy połączony ze

zbiornikiem wylotowym. Część odkrytego stawu o pionowym przepływie jest wypełniona warstwą żwiru i warstwą gleby oddzielonymi barierami siatkowymi. Warstwę żwiru umieszcza się pod warstwą gleby, a otwór wlotowy wody w tej części jest wyżej niż warstwa gleby. Dno części o powierzchniowym przepływie jest wypełnione glebą oddzieloną warstwą żwiru. Podczas procesu oczyszczania ścieki przedostają się do części odkrytego stawu o pionowym przepływie ze zbiornika wlotowego przez otwór wlotowy ścianki. Woda przepływa przez warstwę gleby do żwiru, a po dotarciu do dna przepływa poziomo przez część z powierzchniowym przepływem do następnej części z pionowym przepływem. Ścieki wyprowadzane są na zewnątrz do zbiornika wylotowego przez otwór wylotowy. Gdy ścieki przepływają przez części o pionowym przepływie, tlen jest transportowany do gleby przez korzenie roślinności podmokłej, tworząc mikrośrodowisko aerobowe i beztlenowe, a podczas degradacji materii organicznej zachodzi proces denitryfikacji. Rośliny w dwóch częściach o pionowym przepływie mogą absorbować azot i fosfor oraz niektóre zanieczyszczenia organiczne. Gdy ścieki przepływają przez część z przepływem powierzchniowym, przepływ jest powolny.

Jak wynika z powołanej wyżej publikacji autorstwa dr hab. inż. Krzysztofa Józwiakowskiego pt. „Przydomowe oczyszczalnie ścieków na terenach wiejskich – cz. III”, dotychczasowe wieloletnie badania przydomowych oczyszczalni hydrofitowych wykonane w warunkach Polski wykazały, że systemy jednostopniowe gwarantują eliminację zanieczyszczeń organicznych (BZT₅ i ChZT) w zakresie 78–84% oraz zawiesin ogólnych w granicach 65%. Stwierdzono natomiast, że w mniejszym stopniu usuwają związki biogenne – azot i fosfor. Bardzo dobre efekty usuwania podstawowych wskaźników zanieczyszczeń (ponad 90%) odnotowano w hybrydowych systemach gruntowo-roślinnych z trzciną i wierzbą, o konfiguracji złóż VF-HF, tj. z pionowym i poziomym przepływem. Obiekty te zapewniały ponadto około 65-procentową skuteczność usuwania azotu ogólnego oraz 85–95-procentową efektywność eliminacji fosforu ogólnego. Zaobserwowano, że hybrydowe systemy gruntowo-roślinne typu VF-HF i HF-VF charakteryzują się bardzo wysoką (99%) niezawodnością działania. W okresie badań przez ponad 361 dni w roku w systemach tych spełniane były wymogi określone, co do jakości ścieków oczyszczonych dla zawiesiny ogólnej, BZT₅ i ChZT. Mniejszą niezawodnością działania cechują się jednostopniowe systemy gruntowo-roślinne, szczególnie typu VF. Dotychczasowe doświadczenia z funkcjonowania oczyszczalni gruntowo-roślinnych wskazują, że obiekty te cechują się prostą obsługą i eksploatacją oraz dużą odpornością na nierównomierny dopływ ścieków. Również koszty instalacji tych systemów są podobne do ponoszonych przy budowie innych rozwiązań.

Celem wynalazku jest zapewnienie takiego efektu usuwania zanieczyszczeń, że woda będzie spełniała w części jakość wody wodociągowej, a w części jakość wody pierwszej klasy czystości. Konieczne jest zapewnienie usuwania w najwyższym zakresie związków organicznych i zawiesiny, usuwania ze ścieków substancji biogennych, tak aby ich zawartość w oczyszczonej wodzie spełniała kryteria wody do picia, a także zapewnienie odnowy wody, to jest zmniejszenie wszelkich zanieczyszczeń w wodzie, tak aby większość składników odnowionej wody, tj. zawiesina, substancje organiczne, biogenne, żelazo, mangan, odpowiadały jakości wody do picia, a w przypadku zawartości w wodzie bakterii, aby odpowiadały wodzie powierzchniowej pierwszej klasy czystości.

Roślinno-stawowa oczyszczalnia ścieków z usuwaniem biogenów i odnową wody o podpowierzchniowym pionowym przepływie zawierająca osadnik, przepompownię, odkryty zbiornik z filtrem roślinnym, sztuczny odkryty staw, system rur i pomp oraz wyposażona w złożo denitryfikacyjne i złożo fosforowe, charakteryzuje się według wynalazku tym, że filtr roślinny składa się z następujących warstw ułożonych poziomo: górna warstwa organiczna składająca się ze zrąbków drewnianych porośnięta manną mielec, druga warstwa poniżej składająca się ze żwiru gruboziarnistego z umieszczonymi w niej rurami napowietrzającymi, trzecia warstwa składająca się z piasku gruboziarnistego z dodatkiem wapna magnezowego, dolna warstwa żwiru z umieszczonym w niej drenażem zbierającym oczyszczone ścieki, odkryty staw składa się ze złoża denitryfikacyjnego zbudowanego z trzech warstw ułożonych poziomo, od góry: pierwsza warstwa torfu porośnięta turzycą, druga warstwa piasku gruboziarnistego oraz trzecia dolna warstwa żwiru gruboziarnistego z umieszczonym w niej drenażem z pompą recyrkulacyjną oraz złoża fosforowego zbudowanego z dwóch warstw ułożonych poziomo, od góry: pierwsza warstwa piasku wymieszana z wapnem magnezowym i porośnięta tatarakiem, poniżej druga warstwa żwiru z umieszczonym w niej drenażem, przy czym w odkrytym stawie poziom wody znajduje się powyżej górnej powierzchni złoża denitryfikacyjnego i złoża fosforowego, które znajdują się w odkrytych zbiornikach umieszczonych w odkrytym stawie.

Oczyszczalnia wyposażona jest w studnię chłonną, w której umieszczona jest rura regulująca poziom wody w stawie i odprowadzająca jej nadmiar oraz połączenie rury doprowadzającej wodę ze złoża fosforowego z rurociągiem ssawnym łączącym się z pompą hydroforową w budynku.

W filtrze roślinnym grubość warstwy organicznej wynosi od 25 do 35 cm, grubość warstwy żwiru wynosi od 15 do 25 cm, grubość warstwy składającej się z piasku gruboziarnistego z dodatkiem wapna magnezowego wynosi 25–35 cm, a grubość dolnej warstwy żwiru wynosi od 15 do 25 cm.

Korzystnie udział wapna magnezowego w warstwie piasku w filtrze roślinnym wynosi 10% objętości warstwy.

Grubość warstw w złożu denitryfikacyjnym wynosi: torfu od 35 do 45 cm, piasku gruboziarnistego od 15 do 25 cm, żwiru od 10 do 20 cm.

Grubość warstw w złożu fosforowym wynosi: piasku wymieszanego z wapnem magnezowym od 55 do 65 cm, żwiru od 10 do 20 cm.

Korzystnie udział wapna magnezowego w warstwie piasku w złożu fosforowym wynosi 5% objętości warstwy.

Korzystnie stosunek powierzchni odkrytego stawu do powierzchni złoża denitryfikacyjnego wynosi 6 do 1.

Korzystnie stosunek powierzchni odkrytego stawu do powierzchni złoża fosforowego wynosi 6 do 1.

Oczyszczalnia według wynalazku składa się z trzech części technologicznych. Pierwsza to usuwanie w podstawowym zakresie związków organicznych i zawiesiny i w ograniczonym zakresie substancji biogenych. Ta część odpowiada dotychczas znanym oczyszczalniom roślinnym o poziomym lub pionowym przepływie ścieków. Ulepszono ten proces dzięki zastosowaniu złoża roślinnego z określonym układem i grubością warstw oraz z rurami napowietrzającymi. Zmniejszona także została powierzchnia roślinnego złoża filtrującego przy zapewnieniu tej samej wydajności. Druga część ma za zadanie usuwanie ze ścieków substancji biogenych, tak aby ostatecznie ich zawartość w oczyszczonej wodzie spełniała kryteria wody do picia, osiągnięto ten efekt dzięki zastosowaniu wapna magnezowego w warstwie piasku do usuwania fosforu i optymalizacji procesu nitryfikacji azotu w filtrze roślinnym. Trzecia część to odnowa wody, to jest zmniejszenie wszelkich zanieczyszczeń w wodzie tak, aby większość składników odnowionej wody odpowiadały jakości wody do picia, a w przypadku zawartości w wodzie bakterii, aby odpowiadały wodzie powierzchniowej pierwszej klasy czystości – odnowa wody zachodzi w odkrytym stawie z wyodrębnionymi strefami, tj. w złożu denitryfikacyjnym i złożu fosforowym.

Wynalazek został przedstawiony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia roślinno-stawową oczyszczalnię ścieków z usuwaniem biogenów i odnową wody w widoku schematycznym; fig. 2 przedstawia roślinno-stawową oczyszczalnię ścieków z usuwaniem biogenów i odnową wody w przekroju; fig. 3 przedstawia w widoku budowę filtra roślinnego, fig. 4 przedstawia odkryty staw w widoku z góry, fig. 5 przedstawia budowę złoża denitryfikacyjnego, fig. 6 przedstawia budowę złoża fosforowego.

Przykład 1:

Pokazana na fig. 1 i fig. 2 roślinno-stawowa oczyszczalnia ścieków z usuwaniem biogenów i odnową wody o podpowierzchniowym pionowym przepływie przewidziana dla sześciu osób według wynalazku składa się z:

- osadnika 1,
- przepompowni 2,
- pokazanego szczegółowo na fig. 3 odkrytego filtra roślinnego 3 o powierzchni 6 m² o pionowym przepływie ścieków zbudowanego z następujących warstw ułożonych poziomo: górna warstwa 3a organiczna o grubości 25 cm składająca się ze zrąbków drewnianych porośnięta manną mielec 3b, druga warstwa 3c poniżej o grubości 15 cm składająca się ze żwiru gruboziarnistego, trzecia warstwa 3d o grubości 25 cm stanowiąca piasek gruboziarnisty z dodatkiem wapna magnezowego, natomiast najniższą warstwę 3e o grubości 15 cm stanowi ponownie warstwa żwiru z umieszczonym w niej drenażem 4 zbierającym oczyszczone ścieki, w drugiej warstwie 3c umieszczone są rury napowietrzające 5. W warstwie 3d dodane jest wapno magnezowe w ilości 10% objętości całej warstwy 3d – w tym przypadku 150 kg;
- pokazanego szczegółowo na fig. 4 sztucznego odkrytego stawu 6 o przekroju prostokątnym i powierzchni 18 m², w którego skład wchodzi pokazane szczegółowo na fig. 5 złożo denitryfikacyjne 7 o powierzchni 3 m² zbudowane z trzech warstw ułożonych poziomo, od góry: pierwsza warstwa 7a torfu o grubości 35 cm porośnięta turzycą 7b, następnie druga warstwa 7c piasku gruboziarnistego o grubości 15 cm oraz trzecia dolna warstwa 7d żwiru gruboziarnistego o grubości 10 cm z umieszczonym w niej drenażem 8 i umieszczoną w nim pompą

recyrkulacyjną 9 oraz pokazane szczegółowo na fig. 6 złoża fosforowe 10 o powierzchni 3 m² zbudowane z dwóch warstw ułożonych poziomo, od góry: pierwsza warstwa 10a piasku o grubości 55 cm wymieszana z wapnem magnezowym w ilości 5% objętości warstwy, co stanowi 80 kg i porośnięta tatarakiem 10b, poniżej druga warstwa żwiru 10c o grubości 10 cm z umieszczonym w niej drenażem 11; w odkrytym stawie 6 poziom wody znajduje się powyżej górnej powierzchni złoża denitryfikacyjnego 7 i złoża fosforowego 10, które znajdują się w odkrytych zbiornikach 12 o przekroju prostokątnym wykonanych z betonu i ustawionych na dnie stawu 6, przy czym złoża denitryfikacyjne 7 usytuowane jest przy lewej ścianie stawu 6, a złoża fosforowe 10 usytuowane jest przy prawej ścianie stawu 6. Zbiorniki 12 mają ściany niezależne od ścian odkrytego stawu 6. Złoże denitryfikacyjne 7 i złoża fosforowe 10 stanowią złoża o pionowym przepływie. Złoże denitryfikacyjne 7 poprzez umieszczoną w nim pompę recyrkulacyjną 9 zapewnia stałą recyrkulację wody w stawie. Polega to na tym, że woda ze stawu przesiąka w głąb złoża denitryfikacyjnego 7, a na jego dnie jest pobierana przez pompę 9 i ponownie tłoczona do stawu 6. Cała zawartość wody w stawie w ciągu doby równomiernie przefiltruje się przez złoża denitryfikacyjne 7. Natomiast przez złoża fosforowe 10 przepływa taka ilość wody w ciągu doby, jaka dopływa do odkrytego stawu 6. Jeśli do stawu 6 w ciągu doby dopłynie 1000 litrów wody, wówczas 1000 litrów wody przesiąknie przez złoża fosforowe 10 i przedostanie się za pomocą drenaży do studni chłonnej lub do budynku, gdzie będzie ponownie wykorzystana;

- studni chłonnej 13 połączonej ze złożem fosforowym 10 rurą doprowadzającą wodę 14b ze złoża fosforowego 10, połączoną z umieszczonym częściowo w studni chłonnej 13 rurociągiem ssawnym 15 doprowadzającym wodę do pompy hydroforowej 16 umieszczonej w budynku; w studni chłonnej 13 umieszczona jest ponadto regulacyjna rura 14 regulująca poziom wody w stawie 6 i odprowadzająca jej nadmiar. Studnia chłonna 13 wyposażona w regulacyjną rurę 14 służy do odprowadzania do gruntu nadmiaru uzdatnionej wody.

Dopływ ścieków do oczyszczalni odbywa się z budynku rurociągiem grawitacyjnym 17 do osadnika 1, w którym zachodzi pierwszy stopień procesu oczyszczania, tj. oczyszczanie mechaniczne.

Podczyszczone ścieki przepływają do przepompowni 2, skąd są cyklicznie tłoczone na filtr roślinny 3 porośnięty manną mielec 3b. Ścieki przepływają pionowo w dół przez kolejne warstwy 3a, 3c, 3d, 3e, w których zachodzą następujące procesy: w pierwszej organicznej warstwie 3a zachodzi eliminacja zanieczyszczeń organicznych przez ich biochemiczny rozkład prowadzony przez bakterie heterotroficzne, w drugiej warstwie 3c napowietrzającej ścieki podlegają napowietrzeniu przez kontakt z powietrzem wypełniającym wolne przestrzenie w warstwie żwiru, w trzeciej warstwie 3d zachodzi proces nityfikacji azotu amonowego oraz dalsza redukcja substancji organicznych oraz zasadnicza redukcja związków fosforu przez ich wiązanie z jonami wapnia i magnezu; najniższa warstwa 3e służy do zbierania ścieków oczyszczonych oraz wspomaga proces napowietrzania powyżej leżącej warstwy 3d piasku. Oczyszczzone ścieki przepływają grawitacyjne do odkrytego stawu 6. Oczyszczzone w filtrze roślinnym 3 ścieki podlegają w stawie 6 procesowi odnowy wody. Odbywa się to wieloetapowo. Pierwszy etap przebiega w złożu denitryfikacyjnym 7, przez który odnawiana woda nieustannie przepływa, dzięki zastosowanej pompie recyrkulacyjnej 9 umieszczonej w drenażu 8 zbierającym w warstwie żwiru 7d. Podczas przepływu odnawianej wody przez warstwę pierwszą warstwę 7a torfu zachodzi proces denitryfikacji azotanów. Następnie odnawiana woda przepływa przez drugą warstwę 7c piasku, w której następuje redukcja związków organicznych wymywanych z wyżej leżącej warstwy 7a torfu. Pozbawiona azotanów woda przepływa do dolnej warstwy 7d, w której jest zasysana przez pompę 9 umieszczoną w drenażu 8, i ponownie jest przepompowywana do toni wodnej stawu 6. Tam następuje wymieszanie z wodą w stawie 6, która zasysana jest ponownie do złoża denitryfikacyjnego 7 i proces się powtarza. W ciągu doby cała zawartość wody w stawie przefiltruje się przez złoża denitryfikacyjne 7.

Drugi etap odnowy wody zachodzi w samym stawie 6, odnawiana woda jest poddawana wielu procesom biologicznym, chemicznym i fizycznym. Przede wszystkim woda poddawana jest biologicznej filtracji przez umieszczone w stawie 6 małże, które nieustannie filtrując wodę usuwają z niej drobną zawiesinę. Proces biologicznej filtracji prowadzą również organizmy należące do szerokiego spektrum zooplanktonu.

Trzeci etap odnowy wody zachodzi w złożu fosforowym 10 podczas przepływu przez pierwszą warstwę 10a piasku wymieszaną ze związkami wapnia magnezowego. Przepływ wody odbywa się powoli, gdyż uzależniony jest on od wielkości poboru wody ze stawu 6 do układu hydroforowego. Spowol-

nienie spowodowane jest także wymuszonym przepływem przez drenaż 11 umieszczony w dolnej warstwie 10c złoża fosforowego 10. W złożu tym odnawiana woda przebywa około jednej doby, wówczas następuje powolny proces wiązania pozostałych jeszcze w wodzie jonów fosforanowych z jonami wapnia i magnezu. Ponieważ wytrącone z wody związki fosforu są trudno rozpuszczalne, odkładają się one w warstwie 10a piasku i dzięki małemu obciążeniu hydraulicznemu nie są wymywane z tej warstwy. Pobór wody ze stawu 6 odbywa się przez pompę hydroforową 16 umieszczoną w budynku. Rurociąg ssawny 15 pompy 16 łączy się w studni chłonnej 13 z rurą doprowadzającą wodę 14b ze złoża fosforowego 10 do studni 13. Pompa hydroforowa 16 jest wyposażona w lampę UV do ostatecznej dezynfekcji wody. Nadmiar wody ze stawu przelewa się regulacyjną rurą 14 w studni chłonnej 13 i jest odprowadzany do gruntu.

Zaprojektowana i wybudowana według tej technologii oczyszczalnia z odnową wody posiadająca powierzchnię filtra roślinnego równą 1 m² na jednego mieszkańca oraz powierzchnię stawu równą 3 m² na jednego mieszkańca, gwarantować będzie w ciągu roku, że jakość odnowionej wody po przepłynięciu przez lampę UV będzie spełniać następujące kryteria:

Zawiesina	< 5 mg/dm ³
BZT5	< 1 mg/dm ³
ChZT	< 10 mg/dm ³
NO ₃	< 50 mg/dm ³
NO ₂	< 0,5 mg/dm ³
NH ₄	< 0,5 mg/dm ³
PO ₄	< 0,5 mg/dm ³
Fe	< 0,2 mg/dm ³
Mętność	< 1 NTU
Barwa – naturalna	
Bakterie grupy coli NPL	– 0 / 100 ml
Ogólna liczba bakterii w 22°C	< 200 / 1 ml.
Przykład 2:	

W drugim przykładzie wykonania oczyszczalnia ścieków według wynalazku przewidziana jest dla 20 osób.

Odkryty filtr roślinny 3 ma powierzchnię 20 m². W odkrytym filtrze roślinnym 3 górna warstwa 3a organiczna posiada grubość 35 cm, warstwa 3c składająca się ze żwiru gruboziarnistego ma grubość 25 cm, warstwa 3d stanowiąca piasek gruboziarnisty z dodatkiem wapna magnezowego ma grubość 35 cm, warstwa żwiru 3e posiada grubość 25 cm. W warstwie 3d dodane jest wapno magnezowe w ilości 10% objętości całej warstwy, tj. 700 kg.

Odkryty staw 6 ma w przekroju kształt okręgu i powierzchnię 60 m², a zbiorniki 12 złoża denitryfikacyjnego 7 i złoża fosforowego są w przekroju prostokątne i wykonane z tworzywa sztucznego. Grubość warstw w złożu denitryfikacyjnym 7 wynosi: torfu 7a – 45 cm, piasku gruboziarnistego 7c – 25 cm, żwiru 7d – 20 cm. Grubość warstw w złożu fosforowym 10 wynosi: piasku 10a wymieszanego z wapnem magnezowym w ilości 5% objętości warstwy, co stanowi 400 kg – 65 cm, żwiru 10c – 20 cm.

Zastrzeżenia patentowe

1. Roślinno-stawowa oczyszczalnia ścieków z usuwaniem biogenów i odnową wody o podpowierzchniowym pionowym przepływie zawierająca osadnik, przepompownię, odkryty zbiornik z filtrem roślinnym, sztuczny odkryty staw, system rur i pomp oraz wyposażona w złoża denitryfikacyjne i złoża fosforowe, **znamienna tym**, że filtr roślinny (3) składa się z następujących warstw ułożonych poziomo: górna warstwa (3a) organiczna składająca się ze zrąbków drewnianych porośnięta manną mielec (3b), druga warstwa (3c) poniżej składająca się ze żwiru gruboziarnistego z umieszczonymi w niej rurami napowietrzającymi (5), trzecia warstwa (3d) składająca się z piasku gruboziarnistego z dodatkiem wapna magnezowego, dolna warstwa (3e) żwiru z umieszczonym w niej drenażem (4) zbierającym oczyszczone ścieki, odkryty staw (6) składa się ze złoża denitryfikacyjnego (7) zbudowanego z trzech warstw ułożonych poziomo, od góry: pierwsza warstwa (7a) torfu porośnięta turzycą (7b), druga warstwa (7c) piasku gruboziarnistego oraz trzecia dolna warstwa (7d) żwiru gruboziarnistego z umieszczonym w niej drenażem (8) z pompą recyrkulacyjną (9) oraz złoża fosforowego (10) zbudowanego

z dwóch warstw ułożonych poziomo, od góry: pierwsza warstwa (10a) piasku wymieszana z wapnem magnezowym i porośnięta tatarakiem (10b), poniżej druga warstwa żwiru (10c) z umieszczonym w niej drenażem (11), przy czym w odkrytym stawie (6) poziom wody znajduje się powyżej górnej powierzchni złoża denitryfikacyjnego (7) i złoża fosforowego (10), które znajdują się w odkrytych zbiornikach (12) umieszczonych w odkrytym stawie (6).

2. Oczyszczalnia według zastrz. 1, **znamienna tym**, że złożo fosforowe (10) połączone jest ze studnią chłonną (13) rurą doprowadzającą wodę (14b), połączoną z umieszczonym częściowo w studni chłonnej (13) rurociągiem ssawnym (15) łączącym się z pompą hydroforową (16) w budynku, przy czym w studni chłonnej (13) umieszczona jest regulacyjna rura (14) regulująca poziom wody w stawie (6) i odprowadzająca jej nadmiar.
3. Oczyszczalnia według zastrz. 1 albo 2, **znamienna tym**, że w filtrze roślinnym grubość warstwy organicznej (3a) wynosi od 25 do 35 cm, grubość warstwy (3c) żwiru wynosi od 15 do 25 cm, grubość warstwy (3d) składającej się z piasku gruboziarnistego z dodatkiem wapna magnezowego wynosi 25–35 cm, a grubość dolnej warstwy (3e) żwiru wynosi od 15 do 25 cm.
4. Oczyszczalnia według zastrz. 3, **znamienna tym**, że udział wapna magnezowego w warstwie (3d) piasku w filtrze roślinnym wynosi 10% objętości warstwy.
5. Oczyszczalnia według któregośkolwiek z zastrz. od 1 do 4, **znamienna tym**, że grubość warstw w złożu denitryfikacyjnym (7) wynosi: torfu (7a) od 35 do 45 cm, piasku gruboziarnistego (7c) od 15 do 25 cm, żwiru (7d) od 10 do 20 cm.
6. Oczyszczalnia według któregośkolwiek z zastrz. od 1 do 5, **znamienna tym**, że grubość warstw w złożu fosforowym (10) wynosi: piasku (10a) wymieszanego z wapnem magnezowym od 55 do 65 cm, żwiru (10c) od 10 do 20 cm.
7. Oczyszczalnia według zastrz. 6, **znamienna tym**, że udział wapna magnezowego w warstwie (10a) piasku w złożu fosforowym wynosi 5% objętości warstwy.
8. Oczyszczalnia według któregośkolwiek z zastrz. od 1 do 7, **znamienna tym**, że stosunek powierzchni odkrytego stawu (6) do powierzchni złoża denitryfikacyjnego (7) wynosi 6 do 1.
9. Oczyszczalnia według któregośkolwiek z zastrz. od 1 do 8, **znamienna tym**, że stosunek powierzchni odkrytego stawu (6) do powierzchni złoża fosforowego (10) wynosi 6 do 1.

Rysunki

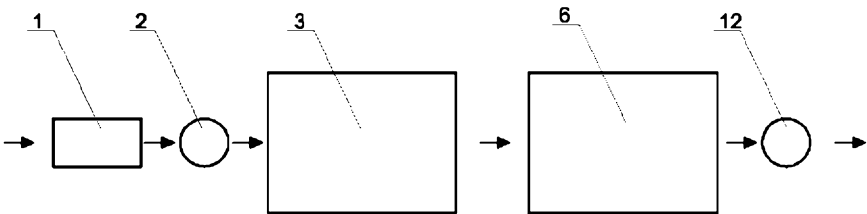


Fig. 1

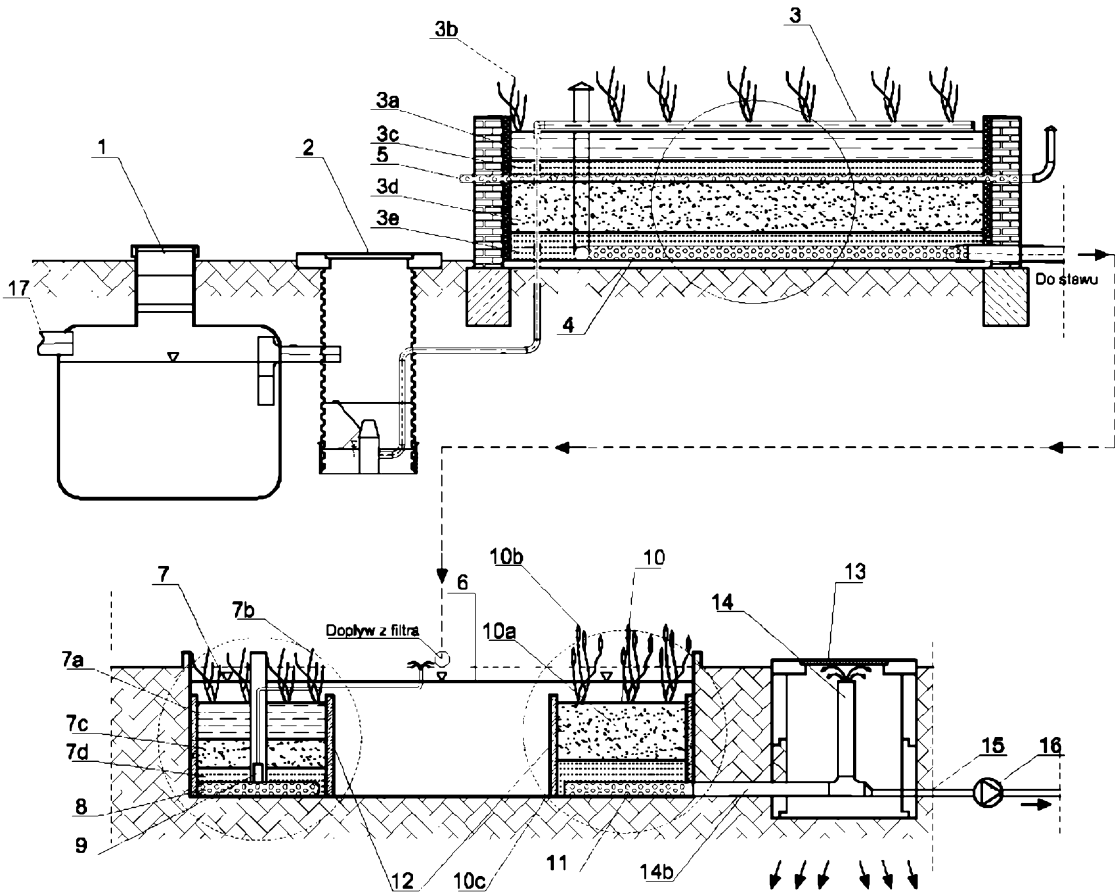


Fig. 2

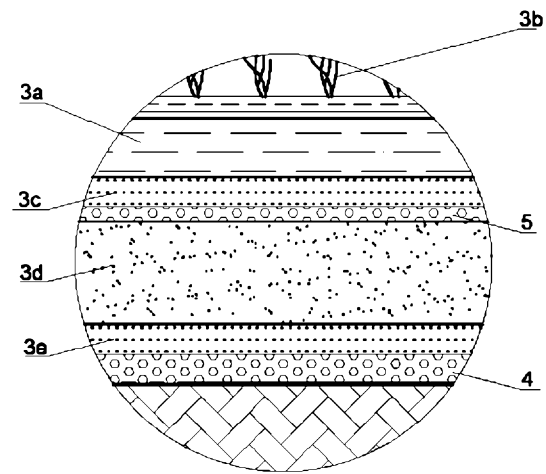


Fig. 3

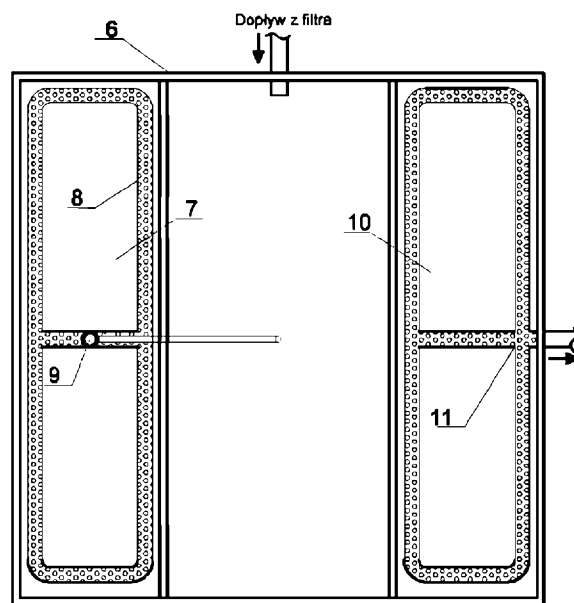


Fig. 4

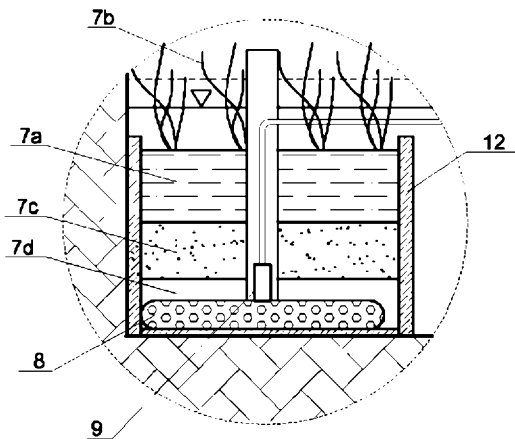


Fig. 5

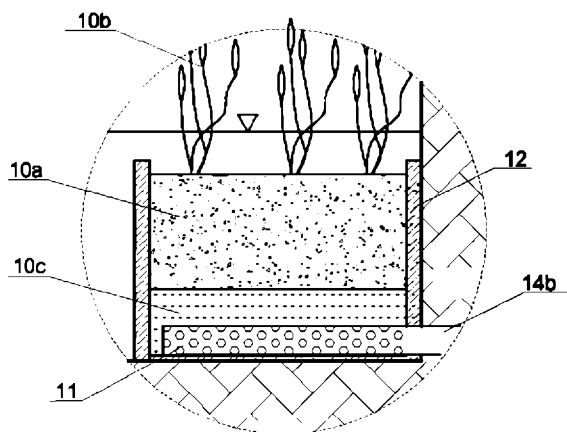


Fig. 6