

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00241

(22) Data de depozit: 06/05/2022

(41) Data publicării cererii:  
29/11/2023 BOPI nr. 11/2023

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
ELECTROCHIMIE ȘI MATERIE  
CONDENSATĂ - INCEMC TIMIȘOARA,  
STR.DR.AUREL PĂUNESCU PODEANU  
NR.144, TIMIȘOARA, TM, RO

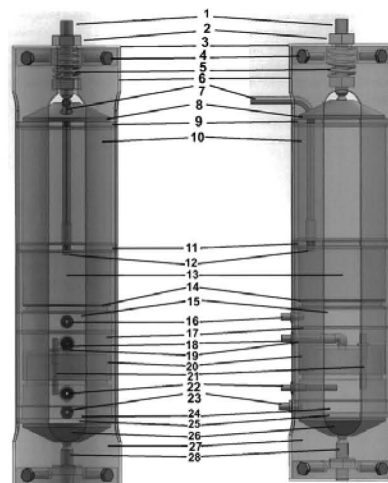
(72) Inventatori:  
• BANICA RADU, STR.HOREA NR.180,  
DEVA, HD, RO;  
• MARGHITAS MIHAI, NR.513, LIEBLING,  
TM, RO;  
• BUCUR RAUL ALIN, STR.NEAJLOV,  
NR.48, TIMIȘOARA, TM, RO;  
• NEGREA ADINA, ALEEA CRISTALULUI  
NR. 14, AP. 5, TIMIȘOARA, TM, RO;  
• BUCUR ALEXANDRA IOANA, STR.  
NEAJLOV, NR.48, TIMIȘOARA, TM, RO

(54) BIOFILTRU MULTI-MODULAR CU GEOMETRIE VARIABILĂ  
PENTRU EPURAREA APEI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un biofiltru destinat purificării biologice a apei. Biofiltrul, conform invenției, este compus dintr-un modul de introducere a apei (24), un modul de aerare (17), un modul intermediar (15), un modul de fază staționară (13), o virolă prelungitoare (10), modulele fiind multifuncționale și având o formă inelară, strânse laolaltă prin două fălci de strângere (8, 26) racordate la cuple cu bile în interiorul unei carcase deschise tubulare, iar etanșarea modulelor realizându-se cu ajutorul unor garnituri din material polimeric inter-puse, comprimate sub acțiunea unei singure forțe axiale aplicate cu ajutorul unuiia sau mai multor arcuri sau al unui burduf pneumatic.

Revendicări: 2  
Figuri: 1



**DESCRIEREA INVENȚIEI**

|  |            |
|--|------------|
| OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI |            |
| Cerere de brevet de invenție             |            |
| Nr. ....                                 | 06-05-2022 |
| Data depozit .....                       |            |

**a) TITLUL INVENȚIEI:**

**Biofiltru multi-modular cu geometrie variabilă pentru epurarea apei**

**b) DOMENIUL TEHNIC:**

Invenția se referă la un dispozitiv destinat purificării biologice a apei.

**c) STADIUL TEHNICII****1. Importanța și clasificarea biofiltrării**

Este cunoscut că biofiltrarea poate fi o etapă a tratamentului biologic în producția de apă potabilă. În această etapă consorțiile de bacterii sunt immobilizate, prin depunerea acestora pe un material suport, sub forma unei pelicule bioactive. Aceste pelicule bioactive extrag compușii toxici din apă, transformându-i în compuși mai puțin toxici sau chiar inofensivi.

În tratarea apei în scop potabil, procesele de „biofiltrare” implică de obicei o etapă rapidă, utilizând filtre granulare sau procese de filtrare fizico-chimică [1-3]. Biofiltrarea îmbunătățește transformarea constituenților organici și anorganici înainte ca apa tratată să fie introdusă în rețeaua de distribuție [4].

Spre deosebire de filtrarea fizico-chimică convențională, biofiltrarea este utilizată și pentru a reduce fracția biodegradabilă din materia organică naturală (NOM) dizolvată. Îndepărtarea NOM este un factor comun pentru biofiltrare [5], având următoarele beneficii potențiale:

- (i) biostabilitate îmbunătățită în sistemul de distribuție,
- (ii) eliminarea contaminanților care generează gust și miros [6],
- (iii) reducerea colmatării membranei în sistemele care includ dezinfectarea cât și/sau dezinfecția post- filtrare [2],
- (iv) îndepărtarea precursorilor subproduselor de dezinfecție [7]
- (v) reducerea consumului de clor [2].

Se știe că procesul eliminării biologice a nitraților se bazează pe transformarea contaminanților în azot gazos. În acest context azotatul se comportă ca acceptor de electroni pentru lanțul respirator al anumitor grupuri de bacterii.

Pentru ca aceste activități să funcționeze eficient, este necesar un mediu anoxic sau anaerob adecvat, precum și prezența nutrienților (de exemplu, fosfatul) și a donatorilor de electroni, de obicei adăugați exogen. Îndepărtarea reductivă a contaminanților poate avea loc în diverse configurații de sistem, inclusiv paturi fixe, paturi fluidizate și sisteme cu membrană, și este de obicei urmată de o etapă de aerare pentru a facilita îndepărtarea excesului de BDOC / AOC cauzat, de exemplu, prin adăugarea în amonte de compuși organici ca donatori de electroni. Pe lângă utilizarea donatorilor de electroni organici, se pot adăuga donori de electroni anorganici, cum ar fi hidrogenul gazos sau sulful elementar.

De asemenea, biofiltrarea este un proces important pentru transformarea contaminanților anorganici, în special din sistemele de ape subterane, de exemplu îndepărtarea amoniului, arsenului, fierului, manganului, nitraților etc [8-11].

Dintre tipurile cele mai întâlnite de biofiltrare putem aminti: *Filtrarea lentă pe nisip* – proces ce implică filtrarea apei la viteze care determină acumularea de materie organică la suprafața mediului de filtrare. Acest strat este capabil să susțină formarea coloniei și întreținerea microorganismelor. *Filtrarea rapidă pe nisip* - utilizează un debit mai mare, o încărcare a suprafeței relativ mare, comparativ cu procesul anterior. În această configurație, microorganismele pot pătrunde mai adânc în mediul filtrant. *Filtrarea cu cărbune activat biologic* - în industria tratării apei, cărbunele activ granular (GAC) este utilizat pe scară largă pentru îndepărtarea materiei organice naturale (NOM), dar și a contaminanților organici specifici. Această îndepărtare se bazează atât pe adsorbție fizică, cât și pe biotransformarea (asimilarea sau modificarea redox) contaminanților. În comparație cu filtrele de nisip sau antracit, GAC poate menține concentrații microbiene mai mari. O serie de compuși organici din apă nu sunt ușor biodegradabili. Pentru a activa biodegradabilitatea acestora uneori se ozonizează apa din influent ca o primă etapă a filtrării biologice îmbunătățite cu ozon. Această operațiune, deși este scumpă, determină o creștere semnificativă a nivelurilor de carbon organic biodegradabil dizolvat sau carbon organic asimilabil. Scăderea concentrațiilor compușilor bioasimilabili se face într-o etapă ulterioară de biofiltrare.

## **2. Biologia și dinamica creșterii biofilmelor pe substrat**

Bacteriile nitrificatoare responsabile cu procesele de nitrificare  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  sunt organisme în creștere, lente, sensibile la diferiți factori de mediu inclusiv pH-ul, temperatura, concentrația de carbon organic sau substanțe inhibitoare. Ca atare, adaosul de biomasă fixată este o opțiune mai bună în comparație cu cea în suspensie, deoarece bio-purtătorii asigură o suprafață mai mare și stabilitate pentru o nitrificare mai bună [12].

În ciuda faptului că biofilmele pot fi formate din specii microbiene unice, în majoritatea sistemelor naturale sau artificiale acestea sunt compuse din conșorii de specii mixte, fie dintr-un grup restrâns de microorganisme (câteva specii care pot fi dominante numeric/funcțional), fie din grupuri filogenetice. Pe măsură ce celulele microbiene se adaptează pentru a crește în biofilme, ele exprimă trăsături fenotipice (ansamblu de caracteristici/atribute sau trăsături ale unui organism: de exemplu morfologia, proprietățile biochimice sau fiziologice, dezvoltarea, comportarea), care sunt adesea distincte de cele care apar în timpul creșterii planctonului. În funcție de speciile de bacterii, aceste diferențe fenotipice se pot manifesta ca variații ale morfologiei coloniilor în condiții de cultură, de rezistență intrinsecă a celulelor „eliberate” de antimicrobieni (dezinfecțanți sau antibiotice), de consumul de compuși organici sau anorganici, de transferul genelor etc.

Dezvoltarea biofilmului are trei etape distincte:

1. atașarea celulelor la o suprafață;
2. creșterea celulelor într-o comunitate de biofilm (un organism, o structura fixată într-un singur loc);
3. detașarea masei de celule din conșorțiu în mediul exterior.

Atașamentele de suprafață ale celulelor bacteriene implică o interacțiune inițială slabă, reversibilă, între o celulă bacteriană și suprafața corespunzătoare, care este ulterior întărită de aderența puternică și ireversibilă mediată de componentele celulare situate pe suprafața celulei bacteriene sau pe filamentele celulare. A doua etapă a dezvoltării biofilmului implică multiplicarea bacteriilor la suprafață și sinteza concomitentă a unei matrici polimerice extracelulare. Matricea ține celulele bacteriene împreună și atașează ferm comunitatea bacteriană pe suprafața subiacentă.

Prin definiție, procedurile operaționale și de control ale biofiltrelor se bazează pe menținerea comunității bacteriene și pe conservarea activității asociate pentru asigurarea caracteristicilor fizice, chimice și calitatea biologică corespunzătoare ale efluentului. Printre alți factori importanți în dezvoltarea și

controlul performanței biofiltrului sunt incluși: timpul de maturare al biofiltrului, temperatura de operare, nivelurile adecvate de oxigen, controlul redox, timpul de contact adecvat, timpul de contact dintre fluid și fazele fixe (timpul de contact în pat gol - EBCT) și condițiile adecvate de spălare în contracurent.

### **3. Influența naturii chimice a umpluturii și a temperaturii în funcționarea biofiltrelor**

Carbonul granular activat (GAC) a fost utilizat pe scară largă în procesele de tratare a apei în scop potabil, datorită capacității lui de adsorbție, dar și datorită capacității lui de a elimina contaminanții specifici. În mod convențional, odată ce capacitatea adsorptivă a GAC se reduce, masa filtrantă este eliminată și înlocuită cu GAC nou. Cu toate acestea, odată ce capacitatea de adsorbție a GAC scade, acesta poate fi menținut în patul filtrant dacă este destinat să funcționeze ca un biofiltru. Astfel de medii de filtrare, în care se utilizează cărbune activ granular (GAC) sunt mai degrabă utilizate ca medii de creștere pentru microorganisme, decât ca material cu proprietăți adsorbante [13]. GAC susține consortii microbiene mai dense decât nisipul sau antracitul (adică de 4 până la 8 ori mai multă biomasă per gram de mediu), datorită unei combinații de factori, inclusiv porozitate, suprafața specifică, rugozitatea suprafeței, încărcarea suprafeței și capacitatea de adsorbție [14].

În ceea ce privește temperatura, s-a demonstrat, de exemplu, că, deși eficiența îndepărtării amoniacului prin biofiltrare poate ajunge până la 90% la temperaturi cuprinse între 4 și 10°C, scade la aproximativ 30% la temperaturi sub 4°C. Este necesară spălarea regulată în timpul funcționării [15].

Configurația cea mai des utilizată pentru biofiltrare este sistemul cu pat fix pentru suportarea bacteriilor, deși unele sisteme utilizează și construcții cu pat fluidizat sau cu membrane.

Biofiltrele cu pat fix pot utiliza diferite materiale de fixare a bacteriilor având proprietăți non-adsorbante (de exemplu, particule de nisip sau de sticlă și ceramică poroasă) sau absorbante, cum ar fi cărbunele activ granular (GAC), zeoliții etc. Biofilmul atașat la pereții interni ai bio-purtătorilor sunt protejați împotriva spălării, menținând astfel o concentrație de biomasă constantă, care poate rezista la fluctuațiile concentrației substratului. Menținerea unei concentrații de biomasă mare în reactoarele hibride îmbunătățește foarte mult eficiența volumetrică, reducând astfel dimensiunile reactorului [16,17].

Bioreactoarele hibride pot avea combinații diferite pentru optimizarea eficienței degradării. O astfel de tehnologie promițătoare, în ceea ce privește nitrificarea, este procedeul în care se utilizează un film de nămol activ în pat fix (Integrated fixed film activated sludge - IFAS), care implică dezvoltarea biomasei adăugate sub formă de biofilm împreună cu nămolul activ aflat în suspensie. Biofilmele formate în IFAS pot fi deasupra patului fix, sub formă de pânză sau membrane, care pot fi crescute și pe suporturi mobile sau purtătoare, ceea ce îl face similar ca funcționare cu bioreactorul hibrid cu pat mobil [18]. Acest procedeu facilitează transferul de oxigen în substrat și în interiorul biofilmului [19,20].

#### **4. Tipuri de biofiltre**

Bioreactorul hibrid cu pat mobil (moving bed hybrid bioreactor – MBHBR) este eficient pentru nitrificare la un nivel scăzut. Această tehnologie este promițătoare pentru nitrificarea completă, dar și pentru nitrificarea parțială. Studiile arată că prin utilizarea acestei tehnologii se poate elimina până la 92% azot total [21-23].

Germain și colab. [24] au comparat performanța celor două sisteme diferite de reactoare hibride (IFAS și MBBR) care funcționau la diferite temperaturi, încărcări de carbon și SRT. Au constatat faptul că la temperaturi ridicate și rate de încărcare mari, procedeul IFAS a prezentat performanțe mai bune în ceea ce privește eliminarea totală a azotului, față de procedeul MBBR, deși sub încărcări reduse de carbon, MBBR a prezentat o stabilitate mai bună pentru nitrificare decât configurația IFAS.

Bioreactorul hibrid cu pat fix, MBBR, este construit din fibră acrilică, având grosimea de 4 mm având o înălțime verticală de 63 cm și un diametru de 20 cm, ceea ce duce la un raport între înălțime și diametru de 3,15. [21].

În afară de bioreactoarele cu pat fix, în procesul de denitrificare se mai folosesc bioreactoare cu biofilm cu membrană fixă (membrane biofilm reactor - MBR), în care apa este pompată prin difuzie moleculară printr-o barieră fizică, cu recircularea soluției care conține biomasa denitrifiantă. Este necesar să se mențină o presiune egală pentru a reduce influența asupra procesului de difuzie [25].

În alte sisteme membrana microporoasă este înlocuită cu o membrană densă schimbătoare de ioni. Avantajul acestui procedeu este faptul că membrana nu este poroasă și facilitează eliminarea nitraților din apa brută, împiedicându-se transferul poluanților organici sau anorganici prezenți [26]. Procedeul se bazează

pe concentrarea speciilor ionice. Pentru a se evita o potențială contaminare secundară prin utilizarea unui substrat organic, există sisteme cu biofilm cu membrană fixă, în sistem adăugându-se hidrogen, utilizat ca donator de electroni combinat fie cu  $\text{CO}_2$ , fie cu bicarbonat ca sursă de carbon pentru procesul de denitrificare autotrofă. Procedul se mai numește și hidrogenotrof și poate fi considerat ieftin și netoxic [25,27].

Bioreactorul cu membrană acționată prin presiune se bazează în principal pe faptul că biomasa denitrificatoare se află în suspensie. Acest bioreactor prezintă avantajul extinderii contactului dintre cultura denitrifiantă și nitrat [28]. Membrana poate fi plasată atât în interiorul cât și în exteriorul bioreactorului. Bioreactoarele a căror membrană este situată în exterior sunt considerate mai potrivite pentru fluxurile de apă a căror temperatură este ridicată, prezintă rezistență la compuși organici, pH extrem și toxicitate mare [29].

Bioreactoarele în care membranele sunt imersate sunt mai recent luate în considerare. Avantajele acestor bioreactoare sunt consumul mai mic de energie și transferul de masă îmbunătățit ca urmare a permeabilității mai mari [29].

Un sistem hibrid de bioreactor presupune utilizarea unui electrolit în care este adăugat hidrogen gazos, care conduce la obținerea unui biofilm pe suprafața catodului, procesul fiind denumit reactor cu electrod pe post de biofilm (BER - biofilm electrod reactor). În vederea creșterii suprafeței biofilmului se poate utiliza GAC [30]. Bioreactoarele prezentate anterior sunt în general optimizate pentru epurarea aerobă sau anaerobă, astfel încât o epurare completă a apei necesită prezența mai multor module între care trebuie să existe pompe de apă și pompe dozatoare pentru furnizarea nutrienților deficitari pentru întreținerea biofilmului.

În brevetul **US6479276B1** se prezintă un biofiltru format din două unități, prima având material inert pentru filtrare mecanică, iar a doua având material bioactiv, utilizată pentru degradarea compușilor organici volatili. Cele două unități sunt racordate între ele prin conducte, ceea ce face necesară utilizarea pompelor de lichid pentru transferul fluidelor. În acest caz aerul trece atât prin primul, cât și prin al doilea mediu filtrant, putând oxida atât chimic cât și biochimic substanțele organice volatile [31]. Considerăm că un dezavantaj major al trecerii aerului prin primul filtrant îl reprezintă formarea canalelor preferențiale de curgere și diminuarea suprafeței bioactive, din cauza faptului că un anumit volum de aer din mediul filtrant dizlocuiește volumul de apă, ceea ce face ca valoarea EBCT să scadă. Scaderea valorii EBCT conduce la diminuarea randamentului biofiltrului.

În brevetul **WO2017013312A1** este prezentat un biofiltru paralelipipedic compact utilizat la epurarea apelor menajere, care are ca fază staționară o masă de fibre organice naturale cu porozitate mare și densitatea mai mică de  $200 \text{ kg/m}^3$ , în care aerul care difuzează în stratul poros întâlnește pelicula de lichid care umectează faza staționară [32]. Deși are o construcție simplă, acest biofiltru nu permite utilizarea multor tipuri de faze staționare, ci doar a celor în care porozitatea ridicată a substratului permite difuzia aerului. Schimbarea suportului bacterian necesită demontarea biofiltrului.

#### **d) PROBLEMA TEHNICĂ**

Problema tehnică este că majoritatea biofiltrelor existente necesită timpi de la câteva zile la câteva săptămâni pentru punerea în funcțiune și creșterea masei organice pe faza staționară după cum s-a amintit la secțiunea c) punctul 2, sau utilizarea forței de muncă înalt specializate în operațiunile de montaj.

#### **e) SOLUȚIA PROPUȘĂ PENTRU REZOLVAREA PROBLEMEI TEHNICE**

Soluția propusă este proiectarea modulară a biofiltrului, acesta fiind format din virole suprapuse, deschise la cel puțin un capăt și legate în serie, fiecare conținând unul sau mai multe module cu funcții diferite. Toate aceste module se etanșează prin presare reciprocă cu ajutorul unei mase gravitaționale dispuse în partea superioară a ansamblului, a unui piston hidraulic sau a unui sistem de arcuri ce acționează asupra unor fălci de strângere racordate la cuple cu bilă.

#### **f) EXPUNEREA INVENȚIEI PE LARG**

Bioreactorul utilizat pentru epurarea apei este de tip multimodular, fiind compus din module cilindrice prevăzute cu canal pentru garnitură, din materiale rezistente la coroziune, suprapuse în interiorul unei carcase deschise de formă tubulară decupată care poate sau nu, după necesitate, permite scoaterea unora dintre module și introducerea altora noi și aplicarea presiunii de-a lungul axei longitudinale a pachetului de virole în vederea etanșării complexului. Etanșarea reciprocă a virolelor se datorează garniturilor din material polimeric amplasate în canalele virolelor și a forței aplicate longitudinal asupra pachetului de virole cu ajutorul unuia sau mai multor arcuri sau a unui burduf pneumatic. Atât în partea



superioară cât și în partea inferioară, bioreactorul este prevăzut cu piese de strângere racordate la cuple cu bile care permite distribuția forțelor pe toată circumferința virolelor. Această forță distribuită asigură etanșarea pachetului de virole. O configurație simplă de bioreactor este formată din cel puțin un modul conținând bacterii în suspensie sau fază staționară, care de obicei este o substanță poroasă pe care se depun bacteriile, un al doilea modul cu funcție de oxigenare a apei prin barbotarea aerului, la care se adaugă două module elementare, unul de introducere a apei brute și unul de extracție a apei epurate. La acestea se pot adăuga module de adsorbție sau dezinfecție după cum s-a amintit la secțiunea c) punctul 1.

### **Descrierea modulelor principale:**

*Modulul cu fază staționară:* Are la bază o virolă metalică emailată, plastifiată sau polimerică, având o sită în partea inferioară cu scopul susținerii umpluturii pe care crește filmul bacterian.

*Modulul de barbotoare:* are rolul de a asigura un lichid saturat cu oxigen la temperatura de lucru. Acestea sunt module mult mai complexe din punct de vedere constructiv. Ele prezintă trei ștuțuri în direcție radială și unul în direcție longitudinală. Prin două dintre ștuțurile radiale circulă aerul, iar prin cel de al treilea intră apă brută. Ștuțul longitudinal are rolul evacuării apei saturate în oxigen, care apoi intră în modulul cu fază staționară.

*Modul de extracție/introducere a apei:* este un modul cu înălțime redusă prevăzut cu un singur ștuț de extracție a apei. El poate lipsi cu totul dacă apa brută se introduce direct în modulul barbotor. Acesta poate servi și scopului de a extrage apă din segmentul de purificare aerobă pentru a o introduce în segmentul separat de fermentație anaerobă.

La aceste module se pot adăuga, nelimitativ:

*Modul transparent în lumina vizibilă* din materiale ca policarbonat, polimetilmetacrilat, sticlă borosilatică sau silico-calco-sodică, pentru epurarea apei utilizând microalge.

*Modul de dezinfecție* cu lumină ultravioletă sau prin injectare de compuși bactericizi (ozon, clor, etc.).

*Modul de adsorbție a substantelor organice dizolvate.*

*Modul de prelungire care are rolul prelungirii pachetului de virole până în zona burdufului sau a arcurilor de strângere în cazul în care sistemul este dimensionat pentru a accepta o multitudine de module care nu sunt însă de la început montate în sistem.*

### **g) PREZENTAREA UNUI MOD DE REALIZARE A INVENȚIEI:**

Un exemplu de realizare a invenției, nelimitativ, are la bază desenul anexat, prezentat în figura 1.

Se observă din figura 1, anexată, din partea superioară a ansamblului către cea inferioară, că bioreactorul este compus dintr-un șurub de strângere 1 și o piuliță 2 care previne mișcarea într-o direcție a acestuia față de capacul superior 3, fixat la rândul său prin șuruburi 4, în carcasa exterioară cilindrică decupată 6. Arcul 5 împinge cu o forță controlată de către piulita de strângere 2, piesa tronconică prevăzută cu cuplă cu bilă 8, asupra discului de distribuție a forței 9, care transmite forța prin intermediul virolei prelungitoare 10, asupra capacului 11, prevăzut cu ștuț 12 și conducta prelungitoare 7. Capacul 11 acoperă întreg pachetul de module, începând cu modulul cu fază staționară 13, prevăzut cu grătarul 14 care previne căderea umpluturii în modulul intermediar 15, ce permite extragerea probei de apă saturată în oxigen prin ștuțul 16, sau introducerea senzorilor de măsurare a parametrilor apei înainte de epurare prin orificiul dedicat acestui ștuț. Saturarea apei în oxigen se face în modulul de aerare 17, prevăzut cu un clopot 20 din care se extrage excesul de gaze de barbotare prin conducta 19 racordată la ștuțul 18 și prevăzut el însuși cu o țeavă captatoare a apei 21 al cărei capăt inferior este sub nivelul lichidului, deasupra căruia există pernă de aer extras prin conducta 19 și introdus în acest modul prin conducta barbotoare 22. Apa se introduce în bioreactor prin modulul de introducere a apei 24 prevăzut cu un ștuț 23, întregul pachet de module fiind închis la partea inferioară cu ajutorul discului 25, asupra căruia apasă o forță reactivă prin piesa tronconică prevăzută cu cupla cu bilă 26, care se poate mișca liber după toate cele trei axe spațiale, fiind sprijinită în axul terminat cu bilă 28, adoptând toate pozițiile în spațiul 27 și permițând astfel preluarea forțelor prin utilizarea discului inferior de strângere a pachetului de

module și într-o altă poziție decât cea perpendiculară pe axa longitudinală a ansamblului.

#### **h) AVANTAJELE INVENȚIEI**

i) permite conectarea deosebit de facilă, în timp de ordinul minutelor, a unui număr foarte mare de module independente de mari dimensiuni. Modulele pot fi extrase și introduse de persoane puțin specializate, nenecesitand demontarea și reasamblarea întregului pachet de virole.

ii) modulele individuale nu au capace individuale iar o parte dintre ele nu au nici ștuțuri de introducere și de scoatere a fluidelor, ceea ce permite fabricarea lor la prețuri foarte reduse, dintr-o varietate de materiale, datorită cantității mici de materiale utilizate și a construcției simple.

iii) modulele se conectează prin garnituri de tip o-ring sau plane și nu necesită utilizarea multiplelor elemente de asamblare mecanică, cum ar fi șuruburile și piulițele, ansamblul fiind totodată foarte rezistent la șocuri mecanice cum sunt cele apărute în cazul cutremurelor, vibrații și practic imun la fenomene precum dilatările termice sau fenomene de deformare plastică a materialelor virolelor care în sistemele clasice conduc la pierderea etanșeității.

iv) sistemul poate fi modificat foarte ușor în cazul în care parametrii influențului se modifică, putând fi introduse în sistem noi specii de bacterii predezvoltate pe faza staționară depozitată în module de schimb, după cum s-a precizat la secțiunea c) punctul 3, în timp de ordinul minutelor, procesul neafectând semnificativ alimentarea cu apă a rețelelor de distribuție.

v) costuri mici de mentenanță datorită timpilor scurți de intervenție și a numărului redus de piese constructive raportat la flexibilitatea și complexitatea proceselor de epurare necesare.

vi) sistemul se pretează zonelor aflate sub conflict armat și calamitate, datorită structurii modulare care permite transportul cu mașini ușoare și instalarea deosebit de rapidă.

vii) sistemul de strângere, având fălci atașate la cuple cu bilă și arc, permite etanșarea chiar în condițiile în care în locul modulelor cilindrice prelungitoare se introduc grinzi, cărămizi, bucăți de lemn sau alte obiecte care rezistă forței de compresiune. Acest aspect important face ca bioreactorul să fie transformat prin adăugarea sau scoaterea modulelor chiar în absența unor condiții ideale.

**Referințe bibliografice**

1. Upadhyaya G., Brown J., Evans A., Carter J., Lauderdale C., Schneider O., Biofilter Conversion Guidance Manual: Project 4496. Water Research Foundation; 2017;
2. Basu O. D., Dhawan S., Black K., Applications of biofiltration in drinking water treatment – a review, *J Chem Technol Biotechnol* 2016, 91, 585-595;
3. Brown J., Upadhyaya G., Carter J., Brown T., Lauderdale C.: North American Biofiltration Knowledge Base. Project #4459. Water Research Foundation; 2016
4. Kirisits M. J., Emelko M. B., Pinto A. J., Applying biotechnology for drinking water biofiltration: advancing science and practice, *Curr Opin Biotech* 2019, 57, 197-204
5. Brown J., Upadhyaya G., Carter J., Brown T., Lauderdale C., North American Biofiltration Knowledge Base. Project #4459. Water Research Foundation; 2016
6. Zhang S., Gitungo S. W., Axe L., Raczko R. F., Dyksen J. E., Biologically active filters – an advanced water treatment process for contaminants of emerging concern, *Water Res* 2017, 114, 31-41
7. Liu C., Olivares C. I., Pinto A. J., Lauderdale C. V., Brown J., Selbes M., Karanfil T., The control of disinfection byproducts and their precursors in biologically active filtration processes, *Water Res* 2017, 124, 630-653
8. Wagner F. B., Nielsen P. B., Boe-Hansen R., Albrechtsen H. J., Remediation of incomplete nitrification and capacity increase of biofilters at different drinking water treatment plants through copper dosing, *Water Res* 2018, 132, 42-51
9. Upadhyaya G., Clancy T. M., Brown J., Hayes K. F., Raskin L., Optimization of arsenic removal water treatment system through characterization of terminal electron accepting processes. *Environ Sci Technol* 2012, 46, 11702-11709
10. Yang L., Li X., Chu Z., Ren Y., Zhang J., Distribution and genetic diversity of the microorganisms in the biofilter for the simultaneous removal of arsenic, iron and manganese from simulated ground water, *Bioresour Technol* 2014, 156, 384-388
11. Greenstein K. E., Lew J., Dickenson E. R. V., Wert E. C., Investigation of biotransformation, sorption, and desorption of multiple chemical contaminants in pilot-scale drinking water biofilters, *Chemosphere* 2018, 200, 248-256
12. Wang R.C., Wen X.H., Qian Y., Influence of carrier concentration on the performance and microbial characteristics of a suspended carrier biofilm reactor, *Process. Biochem.* 2005, 40, 2992–3001

13. American Water Works Association Research Foundation (AWWARF), Ozone and biological treatment for DBP control and biological stability, ed. by Price ML. AWWA Research Foundation, Denver, CO (1994)
14. Wang G. S., Liao C. H., Chen H. W., Yang H. C., Characteristics of natural organic matter degradation in water by UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment, *Environ Technol* 2006, 27, 277–287
15. Ureta A., Biological Drinking Water Treatment: Microbiological Considerations For The Operation And Control Of Biofilters, State Sewage & Water Works, Uruguay, 2014 [<https://www.wateronline.com/doc/biological-drinking-water-treatment-microbiological-considerations-for-the-operation-and-control-of-biofilters-0001>]
16. Kumar A., Bhargava R., Kumar P., Nitrification studies on a biofilm-activated sludge reactor (hybrid reactor) in treating molasses based synthetic wastewater, in: Proceedings of International Conference on Cleaner Technologies and Environmental Management (ICCTEM-07), Pondicherry, India, 2007, 102–107
17. Thalla A.K., Bhargava R., Kumar P., Nitrification kinetics of activated sludge-biofilm system: a mathematical model, *Bioresour Technol* 2010, 101, 5827–5835
18. Li H., Zhu J., Flammig J.J., O’Connell J., Shrader M., Practical experience with full-scale structured sheet media (SSM) integrated fixed-film activated sludge (IFAS) systems for nitrification, *Water Sci. Technol.* 71 (2015) 545–552
19. Ye J., McDowell C.S., Koch K., Kulick F.M., Rothermel B.C., Pilot testing of structured sheet media IFAS for wastewater biological nutrient removal (BNR), Proceedings of the Water Environment Federation 2009, 4427–4442;
20. Shao Y., Shi Y., Mohammed A., Liu Y., Wastewater ammonia removal using an integrated fixed-film activated sludge-sequencing batch biofilm reactor (IFAS-SBR): comparison of suspended flocs and attached biofilm, *Int. Biodeterior Biodegr* 2017, 116, 38–47
21. Bhattacharya R., Mazumder D., Evaluation of nitrification kinetics for treating ammonium nitrogen enriched wastewater in moving bed hybrid bioreactor, *J Environ Chem Eng* 2021, 9(1), 104589;
22. Sytek-Szmeichel K., Podedworna J., Zubrowska-Sudol M., Efficiency of wastewater treatment in SBR and IFAS-MBSBBR systems in specified technological conditions, *Water Sci. Technol.* 2016, 73, 1349–1356;

23. Podedworna J., Zubrowska-Sudol M., Sytek-Szmeichel K., Gnida A., Surmacz-Górska J., Marciocha D., Impact of multiple wastewater feedings on the efficiency of nutrient removal in an IFAS-MBSBBR: number of feedings vs. efficiency of nutrient removal, *Water Sci Technol* 2016, 74, 1457–1468
24. Germain E., Bancroft L., Dawson A., Hinrichs C., Fricker L., Pearce P., Evaluation of hybrid processes for nitrification by comparing MBBR/AS and IFAS configurations, *Water Sci Technol* 2007, 55, 43–49
25. Mansell B.O., Schroeder E.D., Hydrogenotrophic denitrification in a microporous membrane bioreactor, *Wat Res* 2002, 36(19), 4683–4690
26. Fonseca A.D., Crespo J.G., Almeida J.S., Reis M.A., Drinking water denitrification using a novel ion-exchange membrane bioreactor, *Environ Sci Technol* 2000, 34, 1557–1562
27. Haugen K.S., Semmens M.J., Novak P.J., A novel in situ technology for the treatment of nitrate contaminated groundwater, *Wat Res* 2002, 36, 3497–3506
28. Nuhoglu A., Pekdemir T., Yildiz E., Keskinler B., Akay G., Drinking water denitrification by a membrane bio-reactor, *Wat Res* 2002, 36, 1155–1166
29. Yang W., Cicek N., Ilg J., State-of-the-art of membrane bioreactors: Worldwide research and commercial applications in North America, *J Membr Sci* 2006, 270, 201–211
30. McAdam E.J., Judd S.J., A review of membrane bioreactor potential for nitrate removal from drinking water, *Desalination* 2006, 196, 135–148
31. Thom R. R., John P. C., Swift C. S., Boswell J., Stewart W. C., Biological filter apparatus, US6479276B1, 12.11.2002
32. Maunoir S., Philip H., Compact biofilter and apparatus for treating septic household effluent, WO2017013312A1, 26.01.2017

**i) REVENDICĂRI**

1. Bioreactor de epurare a apei multimodular compus din module, nelimitativ, (10), (13), (15), (17), (24), multifuncționale și inelare ca formă, având multiple ștuțuri radiale, nelimitativ, (16), (18), (22), (23) pentru introducerea aerului și a apei brute, etanșate prin garnituri, **caracterizat prin aceea că:** modulele nu au capace intermediare proprii, etanșarea modulelor făcându-se prin garnituri interpusă, comprimate sub acțiunea **aceleiași** forțe axiale, care acționează asupra tuturor modulelor.

2. Bioreactor conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că:** modulele sunt strânse laolaltă prin intermediul a două fălci de strângere (8), (26), atașate la cuple cu bilă, asupra cărora acționează forță statică generată de un arc (5), piston sau burduf pneumatic.

## ANEXA 1

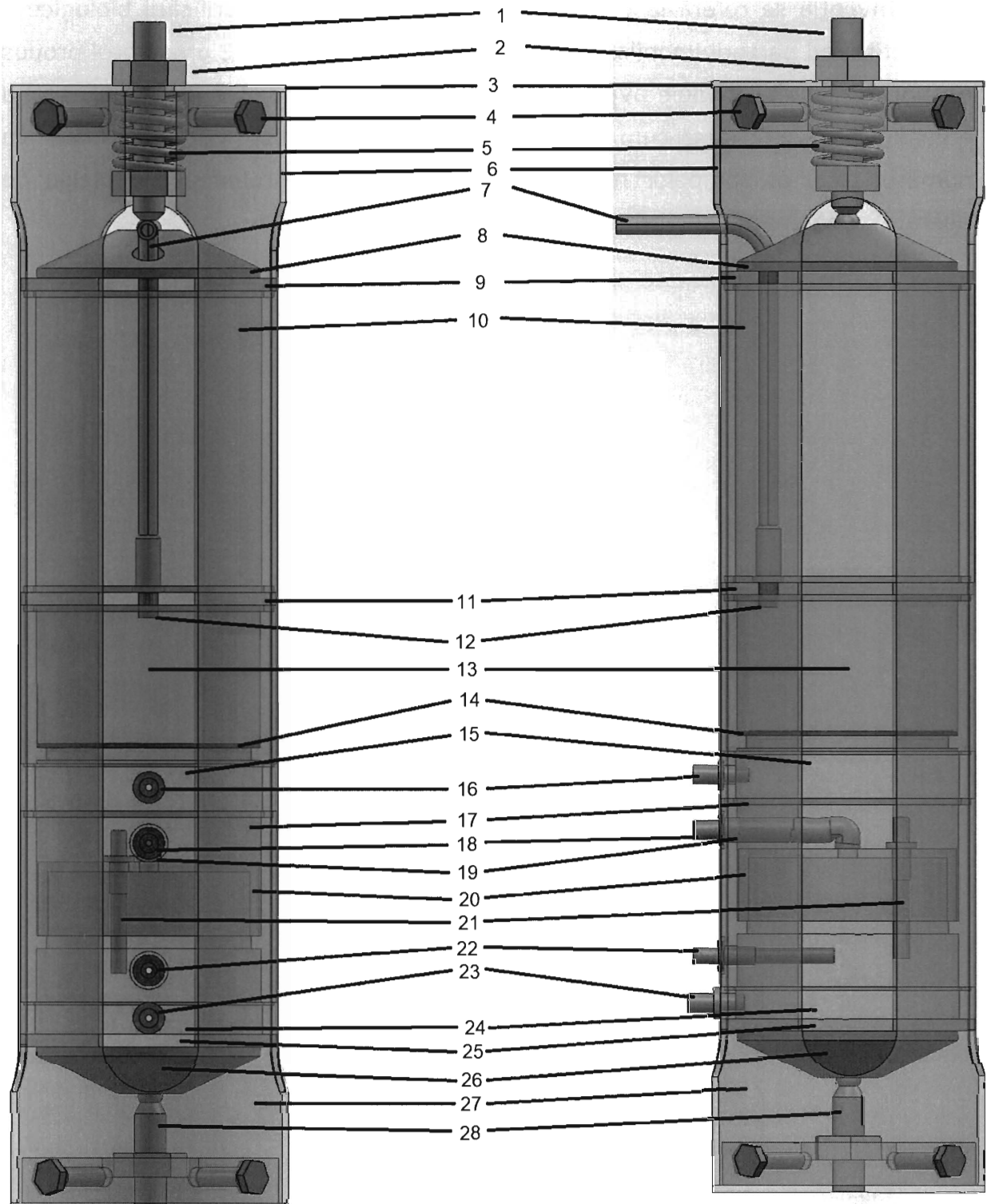


Figura 1. Schița constructivă în două secțiuni diferite a biofiltrului modular.