

(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2023 00222**

(22) Data de depozit: **05/05/2023**

(41) Data publicării cererii:  
**29/12/2023** BOPI nr. **12/2023**

(71) Solicitant:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
CHIMIE ȘI PETROCHIMIE - ICECHIM,  
SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR.202,  
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **DFR SYSTEMS S.R.L.,  
STR.DRUMUL TABEREI, NR.46,  
BLOC OS2, AP.23, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:  
• **OANCEA FLORIN, STR.PAȘCANI NR.5,  
BL.D7, SC.E, ET.2, AP.45, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO;**

• **MOGA IOANA CORINA,  
ALEEA CETĂȚUIA NR. 4, BL. M22, SC. 6,  
AP. 338, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **MIHĂILĂ ELIZA GABRIELA,  
BD.RÂMNICU SĂRAT, NR.6, BL.21B, SC.A,  
ET.7, AP.45, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,  
RO;**  
• **PETRESCU GABRIEL, STR.SEGARCEA,  
NR.7, BL.B13, SC.1, ET.2, AP.5,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **CONSTANTINESCU-ARUXANDEI DIANA,  
ȘOS.MIHAI BRAVU, NR.297, BL.15A, SC.A,  
ET.1, AP.5, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,  
RO;**  
• **POPA DARIA GABRIELA,  
STR. BISTRIȚEI, NR.2, PLOIEȘTI, PH, RO**

## (54) BIOREACTOR PENTRU EPURAREA APEI UZATE CU BIOFILME MIXTE MICROALGE-BACTERII

### (57) Rezumat:

Invenția se referă la o instalație de epurare biologică a apei uzate. Instalația, conform invenției, cuprinde un bioreactor (2) având forma unui bazin biologic, o conductă (14) de alimentare cu apă uzată prevăzută la partea superioară, o conductă (7) de alimentare cu aer prevăzută la partea inferioară, având un bioreactor (2) sub forma unui bazin prevăzut cu un suport (8) artificial mobil pe care se formează în mod natural biofilme mixte microalge-bacterii, fiind menținut pe niște site (5a, 5b) perforate cu perforații mai mici decât ale suportului (8) care delimitează două zone distincte, o cuvă (2b) piramidală pentru evacuarea nămolului activ, un mixer (6) cu două rânduri de pale (15) cu rol de amestecare și decolmatare a suportului (8), sisteme de iluminare de tip bandă (4) prevăzute pe toată circumferința bazinului care asigură dezvoltarea microalgelor, precum și sisteme de evacuare apă și nămol folosit ca biofertilizant pentru agricultură.

Revendicări: 1  
Figuri: 2

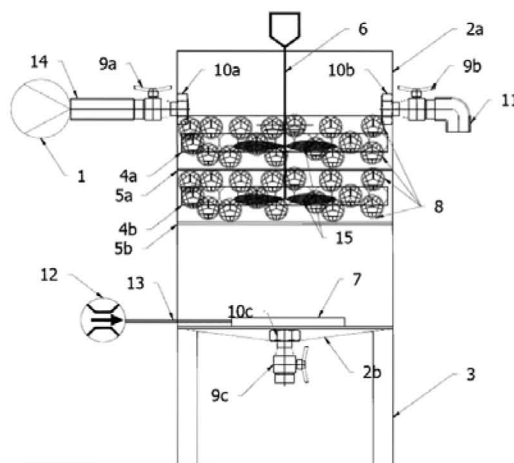


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



## BIOREACTOR PENTRU EPURAREA APEI UZATE CU BIOFILME MIXTE MICROALGE-BACTERII

Invenția se referă la un bioreactor de epurare a apelor uzate, cu suporturi artificiale mobile (SAM) pe care se realizează biofilme de consorții mixte microalge - bacterii. Scopul invenției este de a îmbunătăți/crește eficiența de îndepărtare a poluanților de natură organică din apele uzate până la CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, concomitent cu reducerea conținutului de nitrați și fosfați rezultați din degradarea microbiologică a respectivilor poluanți. Invenția se aplică în domeniul epurării apelor, implică integrarea și sinergizarea a două trepte de epurare biologică, și determină formarea unui nămol de epurare care poate fi utilizat în agricultură, ca biofertilizant și/sau biostimulant pentru plante.

Sunt cunoscute în literatura de specialitate mai multe tipuri de bioreactoare pentru epurarea apei, în care se folosesc avantajele consorțiilor microalge bacterii în ceea ce privește epurarea biologică. Algele reduc conținutul de nitrați și de fosfați din apa epurată și stimulează activitatea de degradare a compușilor organici de către bacterii, prin furnizarea de oxigen și compuși organici necesari pentru co-metabolizarea poluanților acvatici (Zhang et al. 2021, *Bioresource Technology*, 342, 126056). Datorită producerii *in situ* de oxigen și a consumului de bioxid de carbon, utilizarea pentru epurare a consorțiilor microalge-bacterii determină și o reducere a costurilor energetice de aerare a instalațiilor de epurare, ca și o reducere a amprentei de carbon a acestei activități (Molinuevo-Salces et al. 2019, *Microalgae and wastewater treatment: advantages and disadvantages*. In *Microalgae biotechnology for development of biofuel and wastewater treatment* pp. 505-533, Springer, Singapore).

Cererea de brevet WO2021077679 A1 se referă la o instalație de tratare a apelor reziduale în care se utilizează bacterii și alge. Instalația cuprinde o serie de echipamente conectate secvențial: un echipament de pretratare, un fotobioreactor, un echipament de separare a algelor, un bioreactor cu flux continuu și un rezervor de sedimentare secundar. Dezavantajul acestui dispozitiv este dat de lipsa contactului direct dintre alge și bacterii, care nu permite exploatarea eficientă a sinergiilor rezultate din schimburile de nutrienți, exo-semnale și informație genetică dintre microalge și bacterii. Rolul acestor schimburi în eficiența epurării apelor este prezentat în câteva

review-uri recente – a se vedea de ex. Jiang et al. 2021. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111395).

Cererea de brevet WO2016072960 A1 protejează o soluție tehnică în care sunt utilizate două bioreactoare pentru epurarea apelor cu un conținut ridicat de celuloză. Primul bioreactor este un bioreactor de digestie anaerobă a solidelor celulozice, în care se produc biocombustibili și biofertilizanți. În cel de-al doilea bioreactor se utilizează alge, care convertesc nutrienții minerali formați în primul bioreactor în biomasă de alge utilizabilă ca furaj. Apa este apoi purificată în continuare pentru a fi utilizată ca apă de consum. Și în cazul acestei soluții tehnice dezavantajul este dat de lipsa interacțiilor directe dintre alge și bacterii, care nu permite schimbul de nutrienți, exo-semnale și informație genetică implicat în generarea de efecte sinergice în ceea ce privește epurarea apelor.

Cererea de brevet CN112174325 A prezintă o instalație alcătuită dintr-un reactor de denitrificare aerobă cu biofilm bacterian, un reactor cu microalge imobilizate pe suport solid, și un rezervor de oxigen care furnizează oxigenul reactorului de denitrificare aerobă. Scopul acestei instalații este de a realiza o reducere semnificativă a conținutului de azotați și fosfați din apa epurată, și nu de a exploata sinergiile dintre alge și bacterii în epurarea apelor.

Brevetul KR101444642 B1 descrie un aparat de epurare a apelor, care include un tanc de denitrificare fotosintetică, care generează oxigen prin fotosinteza algelor, o unitate de epurare aerobă cu biofilm microbial, o unitate de epurare anaerobă situată înaintea celei aerobe și un rezervor de sedimentare pentru separarea nămolului și a apei. Și această instalație este din categoria celor care nu permit interacții directe între microalge și bacteriile din biofilmul de epurare. Un dezavantaj suplimentar constă în faptul că instalația are amprenta la sol ridicată. Epurarea biologică cu microalge și epurarea cu biofilm bacterian fixat pe suport artificial mobil se realizează în bazine separate, iar acest lucru determină la investiții suplimentare pentru treapta biologică de epurare.

Cunoscută este și instalația conform brevetului KR101444643 B1, în legătură cu brevetul descris anterior. Instalația, ca și în cazul anterior, presupune realizarea procesului de epurare în mai multe bazine, tancul de denitrificare fotosintetică fiind separat de bioreactorul cu biofilm bacterian. Și această instalație este tot din categoria celor care nu permit interacții directe între microalge și bacteriile din biofilmul de epurare. Un alt dezavantaj este determinat de faptul că nu se prevede în zona de

suport artificial mobil cu biofilm bacterian niciun sistem de mixare, iar sistemul de alimentare cu aer lipsește. Acest fapt poate determina disfuncționalități ale bacteriilor aerobe în cazul în care microalgele nu produc suficient oxigen dizolvat pentru asigurarea metabolismului aerob al biofilmului atașat pe suportul artificial mobil.

Pentru a înlătura dezavantajul situațiilor de limitare a producerii fotosintetice de oxigen, în instalația revendicată de cererea de cererea de brevet WO2016093445 A1 este inclusă și o instalație de furnizare oxigen suplimentar. Instalația face parte din aceeași categorie de instalații destinate unei reducerii semnificative a conținutului de azotați și fosfați din apa epurată, care nu urmăresc exploatarea avantajelor interacțiilor directe dintre microalge și bacterii. Instalația include un bioreactor fotosintetic care include o plasă pentru formarea biofilmelor de microalge și o unitate de nitrificare situată sub bioreactorul fotosintetic, în care sunt purtători mobili care au microorganisme aerobe atașate la aceasta, ceea ce duce la o reacție de nitrificare a apei contaminate folosind oxigenul produs în bioreactorul fotosintetic și oxigenul suplimentar furnizat de o unitate de alimentare cu oxigen. În cadrul invenției realizarea sistemului de epurare biologică mixtă presupune realizare multor elemente, ceea ce presupune investiție și mentenanță ridicate, microalgele fiind atașate preponderent pe un suport diferit față de bacterii, schimburile de exo-semnale și informație genetică fiind limitate.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este a realiza un bioreactor pentru epurarea apei uzate pe bază de consorții microalge-bacterii în care să se exploateze eficient interacțiile sinergice dintre aceste microorganisme.

Este un alt obiect al acestei invenții descrierea unui bioreactor care să aibă mentenanță, costuri de producție și amprentă la sol reduse și care să asigure funcționarea eficientă a treptei de epurare aerobe integrate, în care sunt combinate două procedee biologice de epurare în cadrul aceluiași bazin de epurare.

Bioreactorul pentru epurarea apei uzate cu biofilme pe baza de consorții microalge-bacterii este alcătuit dintr-un bazin, așezat pe 4 picioare și prevăzut cu sisteme de alimentare cu apă uzată, (pompă alimentare, conducte, robinet cu bilă etc.), sistem de evacuare nămol, (robinet cu bilă atașat de bioreactor), evacuare apă epurată (robinet cu bilă, cot etc.) și sistem de aerare (suflantă de aer, difuzor de aer și conductă transport aer), în care se introduc microalge și suporturi artificiale mobile în volum de minim 30% din volumul total de apă. Pe suporturile artificiale mobile se formează în mod natural biofilm mixt, prin atașarea microalgelor și a bacteriilor pe care

acestea le includ în ficosferă de acestea. Consorțiile microalge-bacterii realizează în timp la degradarea materiei organice, iar biofilmul mixt odată ajuns la maturitate se poate desprinde de pe suport și se decantează, fiind apoi evacuat din bioreactor și utilizat ca sursă de biofertilizanți și biostimulanți în agricultură. Suporturile artificiale sunt menținute în interiorul bazinului cu ajutorul unor site perforate, care au perforații mai mici decât suporturile artificiale mobile. Suporturile artificiale mobile sunt susținute în suspensie și în mișcare cu ajutorul unui mixer cu 2 seturi de pale, câte un set de pale aflându-se în zonele cu suport care sunt delimitate de sitele perforate, în zonele cu suport artificial mobil fiind montate și sisteme de iluminare de tip bandă led rezistentă la apă pentru asigurarea luminii necesară dezvoltării microalgelor, benzi prevăzute pe toată circumferința cuvei, în ambele zone cu suporturi artificiale mobile.

Instalația de epurare biologică (procedeu biologic cu suport artificial mobil și microalge), conform invenției, rezolvă aceste probleme și prezintă următoarele avantaje:

- are o construcție simplă, modulară, ușor de realizat cu costuri rezonabile care permite înlocuirea cu ușurință a oricărei componente;
- permite interacții directe între microalge și bacterii și schimburile de nutrienți, exo-semnale și informație genetică, pentru că microalgele și bacteriile sunt imobilizate în cadrul aceluiași biofilm;
- integrează două trepte biologice de epurare în cadrul aceluiași bazin de epurare;
- permite obținerea de biomasă de consoții microalge bacterii, care este utilizabilă în agricultură, ca sursă de biofertilizanți și biostimulanți;
- conduce la eficiențe superioare de eliminare a compușilor pe bază de carbon, azot și fosfor.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției cu referire la fig. 1 și fig. 2, care reprezintă:

- fig. 1, vederea transversală a instalației;
- fig. 2, vederea de sus a instalației.

**Exemplul 1.** Bioreactorul/instalația de epurare a apei uzate conform exemplului de realizare din fig. 1 și fig. 2 constă dintr-un bazin principal, sisteme de alimentare și evacuare apă și nămol, sistem de aerare și mixare și alte elemente necesare realizării epurării biologice pe bază de consoții microalge-bacterii.

Instalația este alimentată cu apă uzată cu ajutorul unei pompe 1. Bazinul 2 de epurare biologică cu microalge și peliculă de biofilm atașată pe suport 8 artificial mobil este alimentat cu apa uzată. Apa este pompată printr-o conductă 14 de alimentare, bioreactorul 2 biologic fiind alimentat pe la partea superioară. Înainte de intrarea în bioreactor/bazin/cuva 2, pe conducta 14 de alimentare este prevăzut un robinet 9a cu bilă, racordat la bioreactor 2 cu ajutorul unui racord 10a olandez. Generatoarea inferioară a conductei 14 de alimentare care intră în bazin 2 reprezintă nivelul maxim al apei din bioreactor 2.

În interiorul bazinului 2 biologic este prevăzută, la partea inferioară o conductă 7 perforată de alimentare cu aer. Conducta 17 de alimentare cu aer este racordată la o suflantă 12, printr-un furtun 13 flexibil / conductă 13 rigidă, în funcție de mărimea instalației de epurare. Traseul de la suflantă 12, la conducta 7 perforată de alimentare cu aer nu face obiectul prezentei invenției.

În cadrul bazinului 2 biologic se introduce suportul 8 artificial mobil. Pe acest suport 8, se formează în mod natural biofilm, care în timp conduce la degradarea materiei organice. Masa de biofilm ajunsă la maturitate și cea inertă se desprinde de pe suport 8 și se decantează sub formă de nămol activ. Pentru o mai bună colectare și evacuare a nămolului s-a prevăzut partea inferioară a bazinului 2 ca fiind sub forma unei cuve 2b piramidale, situată cu vârful în jos, în locul vârfului fiind racordat un robinet 9c cu bilă pentru evacuare nămol. Nămolul nu se evacuează în mod continuu, ci doar la nevoie, prin deschiderea robinetului 9c situat prins cu un racord olandez 10c de cuva 2b piramidală. Nămolul este apoi evacuat din instalație și utilizat în agricultură ca biofertilizant și biostimulant pentru plante (formarea și utilizarea nămolului nu face parte din prezenta invenție). În interiorul masei de apă din bioreactor 2 sunt introduse și microalge, care participă alături de bacterii la epurarea apei, atașându-se împreună cu bacteriile pe suportul 8 artificial mobil, cu formarea unor biofilme mixte microalge-bacterii.

Bazinul 2 biologic se sprijină pe 4 picioare 3 pentru a facilita evacuarea nămolului pe la partea inferioară.

Din bazinul 2 biologic apa epurată este evacuată la aceeași cotă cu cea de intrare. Ieșirea este realizată cu ajutorul unui robinet 9b cu bilă racordate la bazin 2 prin intermediul unui racord 10b olandez. Robinetul 9b de evacuare cu bilă se continuă cu un cot 11 la 90° îndreptat în jos. Traseul apei care iese din bioreactor 2 nu face obiectul prezentei invenției, apa putând fi evacuată în mediu, în alta instalație de epurare

sau spre diferite utilizări, în funcție de calitatea indicatorilor de calitate ai apei la evacuare.

Bioreactorul **2** este prevăzut site **5a**, **5b** perforate pentru a delimita zonele cu suport **8** artificial mobil. Sitele **5a**, **5b** perforate sunt prevăzute pentru a nu fi evacuat suportul **8** artificial odată cu evacuarea nămolului pe la partea inferioară a bioreactorului **2**. Pentru o delimitare și mai precisă a suportului **8** artificial mobil sunt prevăzute 2 site **5a**, **5b**, creându-se astfel 2 zone distincte cu suport **8** artificial mobil. În masa de apă uzată se introduc și microalge (tipul de microalge și cantitatea necesară nefăcând obiectul prezentei invenții) care se pot atașa pe suportul **8** artificial mobil împreună cu microorganismele destinate reducerii cantității de carbon și azot din masa de apă uzată.

Bioreactorul **2** este prevăzut și cu un mixer **6** cu 2 rânduri de pale **15**. Mixerul **6** are rol de amestecare a suportului **8** artificial mobil, astfel încât microorganismele și eventualele microalge fixate pe acesta să intre în contact cu poluanții din apa uzată. Mixarea mai are rol și în decolmatarea suportului **8** artificial mobil. Când se adună foarte mult biofilm pe suport **8** sau când materialul biologic atașat moare, acesta trebuie să se desprindă de pe suport **8** și să se decanteze. Mixarea și lovirea elementelor de suport **8** artificial mobil între ele sau/și de elementele instalației (cuva **2**, sitele perforate **5a**, **5b**, mixer **6**) conduce la desprinderea biofilmului atașat în exces și a biofilmului inert. Sita **5b** perforată inferioară are rol și de liniștire (pentru minimizarea turbulențelor generate de mixare). Perforațiile sitelor **5a**, **5b** sunt mai mici față de dimensiunea unui suport **8** artificial mobil. Sistemul de aerare (suflanta **12** de aer) poate fi pornit sau nu în funcție de cantitatea de oxigen dizolvat existentă în masa de apă. În cazul în care microalgele produc suficient oxigen care asigură necesarul metabolismului microorganismelor, suflanta **12** de aer poate fi oprită.

Banda **4** cu led este prevăzută în interiorul bioreactorului **2** pentru a asigura necesarul de lumină pentru fotosinteza microalgelor. Banda **4** cu led este prevăzută pe toata circumferința cuvei **2** în ambele zone cu suport **8** artificial mobil, zone delimitate de către sitele **5a**, **5b** perforate.

## REVENDICĂRI

1. Bioreactor pentru epurarea apei uzate cu biofilme mixte microalge-bacterii **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un bazin 2, așezat pe 4 picioare 3 și prevăzut cu sisteme de alimentare cu apă uzată (pompa 1 alimentare, conducte 14, robinet 9a cu bilă etc.), care include un sistem de evacuare nămol (robinet 9c cu bilă atașat de bioreactor 2), un sistem de evacuare apă epurată (robinet 9b cu bilă, cot 11 etc.), un sistem de aerare (suflantă 12 de aer, difuzor 7 de aer și conductă 13 transport aer), și un sistem de iluminare cu bandă cu LED 4 și în care se introduc microalge și suport 8 artificial mobil în volum de minim 30% din volumul total de apă, pe suport 8 formându-se în mod natural biofilm mixt, cu microalge atașate, care în timp determină degradarea materiei organice, și care odată ajuns la maturitate se poate desprinde de pe suport 8 și se decantează (fiind apoi evacuat din bioreactor 2 și utilizat ca în agricultură ca biofertilizant sau biostimulant pentru plante), suportul 8 fiind menținut în interiorul bazinului 2 cu ajutorul unor site 5a, 5b perforate (cu perforații mai mici decât suportul 8 artificial mobil), suportul 8 artificial mobil fiind susținut în suspensie și în mișcare cu ajutorul unui mixer 6 cu 2 seturi de pale 15, câte un set de pale 15 aflându-se în zonele cu suport 8 care sunt delimitate de sitele 5a, 5b perforate, în zonele cu suport 8 artificial mobil fiind montate și sisteme de iluminare de tip bandă 4 led rezistentă la apă pentru asigurarea luminii necesară dezvoltării microalgelor, benzi 4 prevăzute pe toată circumferința cuvei 2 în ambele zone cu suport 8 artificial mobil.



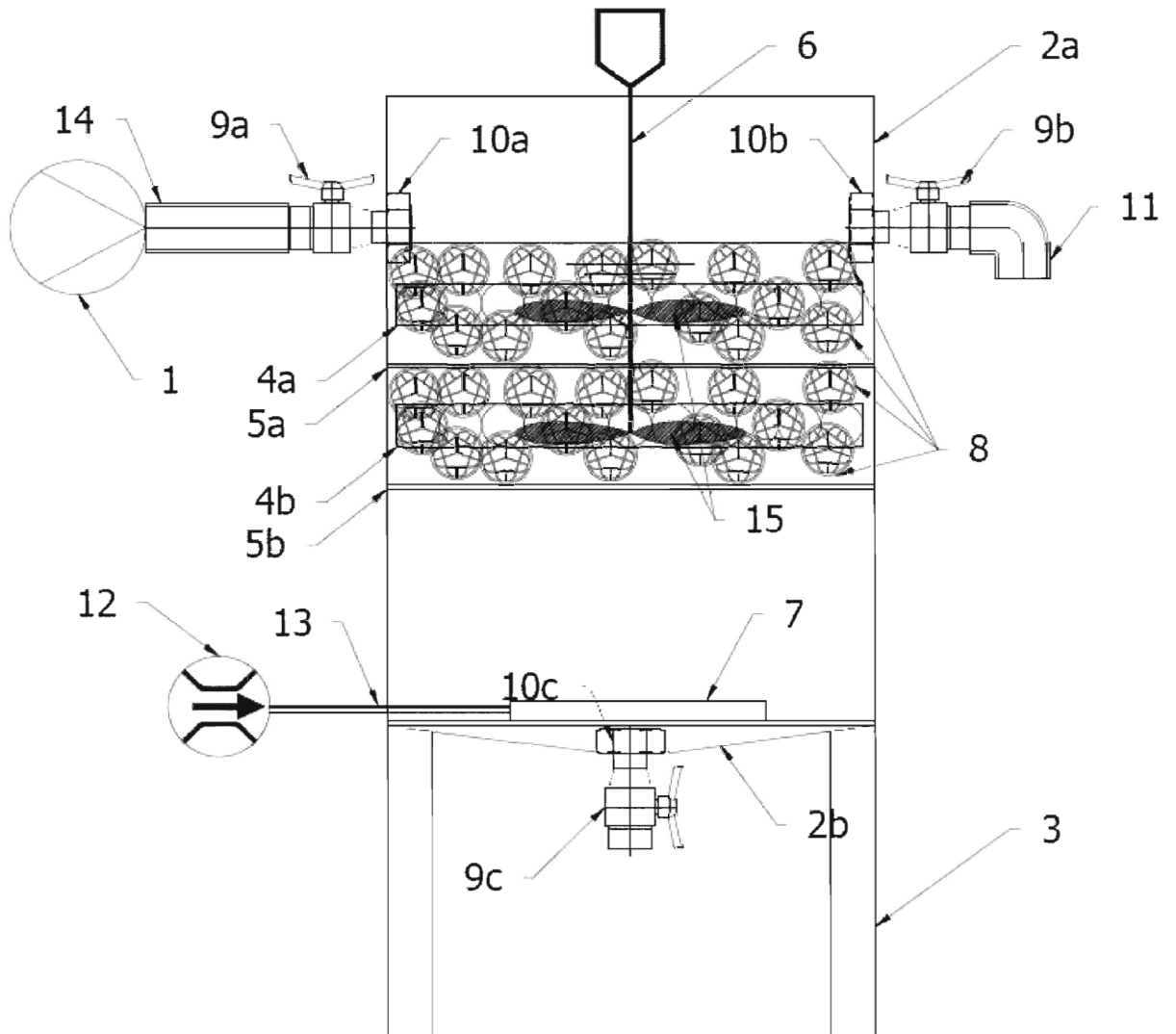


Figura 1

A circular official stamp is located in the bottom right corner, containing text in a circular arrangement. Below the stamp is a handwritten signature.

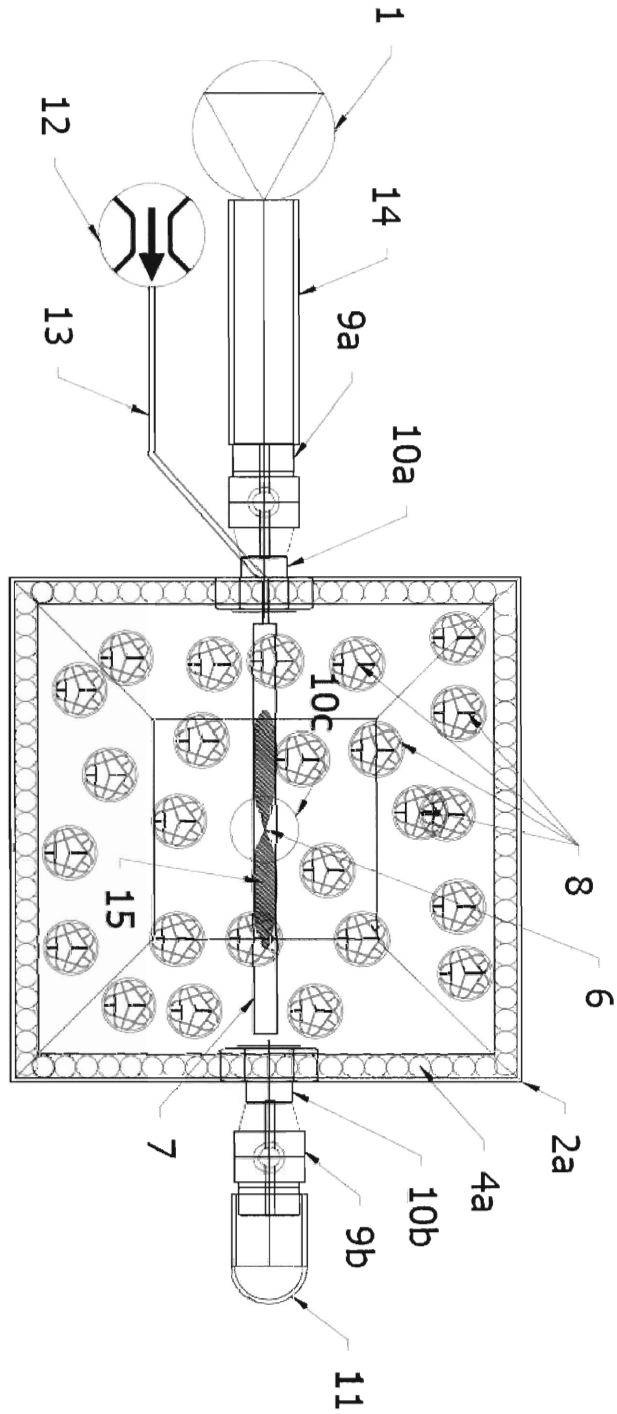


Figura 2

