



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00694

(22) Data de depozit: 30/10/2019

(41) Data publicării cererii:
29/04/2021 BOPI nr. 4/2021

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ " GHEORGHE
ASACHI " DIN IAȘI,
STR.PROF.DR.DOC.DIMITRIE
MANGERON, NR.67, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:
• CREȚESCU IGOR,
BD.TUDOR VLADIMIRESCU, BL.Q 1, SC.B,
ET.2, AP.10, IAȘI, IS, RO;
• ȘOREANU GĂBRIELA,
STR.TITU MAIORESCU, NR.24B, BL.H4,
ET.4, AP.17, IAȘI, IS, RO;

• DIACONU MARIANA,
BD.TUDOR VLADIMIRESCU, NR.16A,
BL.P14, SC.E, AP.3, IAȘI, IS, RO;
• IGNAT MARIA, STR.CANTA NR.18,
BL.535, SC.B, ET.2, AP.10, IAȘI, IS, RO;
• COJOCARU CORNELIU,
ALEEA TUDOR NECULAI NR.25, BL.953,
SC.C, ET.3, AP.14, IAȘI, IS, RO;
• SAMOILĂ PETRIȘOR MUGUREL,
STR.DROBETA NR.3, BL.Q4, SC.B, ET.1,
AP.6, IAȘI, IS, RO;
• HARABAGIU VALERIA,
STR.PETRU CULIANU, NR.17,
SAT VALEA LUPULUI,
COMUNA VALEA LUPULUI, IS, RO

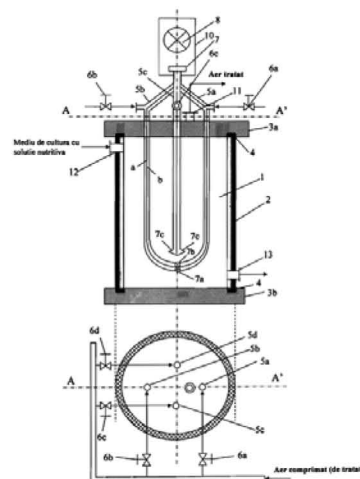
(54) FOTOBIOREACTOR PENTRU TRATAREA FLUXURILOR
GAZOASE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un fotobioreactor destinat tratării fluxurilor gazoase cu concentrație relativ scăzută de poluanți cum sunt cele provenite din procesele metabolice de respirație și evapotranspirație precum și din alte surse generatoare de gaze cum ar fi gazele cu efect de seră, precum bioxidul de carbon rezultat din procesele fermentative. Fotobioreactorul conform invenției este constituit dintr-un vas (1) cu formă eliptică confecționat din plexiglas acoperit cu o folie (2) reflectorizantă de aluminiu eloxat, prevăzut cu două capace (3a și 3b) demontabile confecționate tot din plexiglas cu două garnituri (4) de etanșare, pe capacul (3a) superior fiind amplasat sistemul de iluminare/aerare/agitare realizat pe baza unor fibre optice speciale cuplate în perechi 5a - 5b și respectiv 5c - 5d, distribuite în planuri verticale perpendiculare, introduse în interiorul reactorului prin intermediul unor ștuturi amplasate în capacul (3a) la o distanță care să coincidă cu focarele oglinzilor eliptice formate din pereții reactorului acoperiți cu folie (2) reflectorizantă formând astfel o cavitate rezonantă care conduce la amplificarea radiației luminoase, sursa de lumină fiind reprezentată de un LED (8) cu puterea cuprinsă între 6...30W amplasată în focarul unei lentile (9) focalizată, toate protejate de o carcasă (10) metalică prevăzută cu sistem de termostatare și ventilare controlată, de unde se transmite lumina prin mănuchiul celor patru fibre optice speciale cu diametrul cuprins între 5...15 mm, iluminate pe toată lungimea și având pereți dubli care formează două canale (a și b) interioare prin care se realizează aerarea masei de reacție

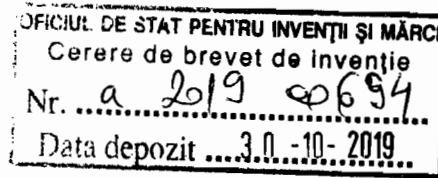
În urma introducerii aerului prin intermediul valvelor (6a-6b) și respectiv (6c-6d), iar jeturile de aer vor fi introduse prin duzele (7a și 7b), aerul tratat fiind distribuit sub presiune în reactor astfel încât să faciliteze combinarea procesului de absorbție/chemosorbție a gazelor poluante cu un proces de fotosinteză.

Revendicări: 3
Figuri: 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).





FOTOBIOREACTOR PENTRU TRATAREA FLUXURILOR GAZOASE

Invenția se referă la un fotobioreactor destinat tratării fluxurilor gazoase cu concentrație relativ scăzută de poluanți, așa cum sunt cele provenite din procesele metabolice (respirație, evapotranspirație etc.) precum și din alte surse generatoare de gaze cum ar fi gazele cu efect de seră, precum dioxidul de carbon rezultat din procesele fermentative. Necesitatea eliminării acestor poluanți deriva din considerentele de calitate a aerului din spațiile de locuit sau cabinele mijloacelor de transport inclusiv aerospațiale, în care trebuie asigurat confortul persoanelor care sunt în contact cu aerul contaminat un timp relativ îndelungat, care pe lângă senzația de disconfort determină instalarea oboseală și conduce în timp la apariția bolilor cronice [Cretescu și al. 2019]. De asemenea, această aplicație este utilă și pentru tratarea fluxurilor gazoase rezultate din sistemele de ventilație a halelor industriale și respectiv a salilor de spectacol etc. care pot fi astfel tratate înainte de exhaustare în aerul atmosferic, contribuind astfel la protecția calității mediului și implicit a sănătății populației.

Sunt cunoscute diferite tipuri de instalații de tratare a aerului de interior în vederea recirculării așa cum sunt aparatele de ionizare și ozonizare a aerului [Patent RO129017/2013; Patent RO132030/2017] care prezintă dezavantajul imposibilității eliminării dioxidului de carbon și se caracterizează printr-un consum energetic relativ ridicat. De asemenea, se cunosc și filtre prevăzute cu materiale adsorbante (carbune activ etc.) destinate tratării fluxurilor gazoase [Patent RO128718/2013], care prezintă dezavantajul demontării periodice și regenerării materialului adsorbant, proces care se realizează cu consum de energie și întoarcerea poluanților în aerul ambiental. Sunt cunoscute de asemenea o serie de procese biotehnologice de tratare a fluxurilor gazoase bazate pe biofiltre, biofiltre cu percolare și bioscrubere care deși sunt eficiente în eliminarea unor poluanți precum compușii organici volatili [Soreanu and Dumont 2019], prezintă dezavantajul generării de dioxid de carbon în timpul degradării acestora. Astfel, a apărut ideea utilizării unor fotobioreactoare [Patent RO123480/2012] în care dioxidul de carbon să fie consumat, alături de alți poluanți, dar acestea prezintă dezavantajul unor consumuri energetice ridicate datorită necesității iluminării și agitării masei de reacție.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția de față constă în diminuarea consumului energetic prin creșterea eficienței de iluminare și agitare într-un fotobioreactor, menținând temperatura constantă a masei de reacție și evitând stresul microorganismelor

din compozitia acesteia si asigurand cresterea eficientei de tratare a fluxurilor gazoase de compozitie complexa cu referire directa la oxizii de carbon, azot si sulf, precum si compusi organici volatili (COV) biodegradabili etc., promovand totodata tehnologiile prietenoase mediului.

Soluția rezolvării problemei tehnice constă în dezvoltarea unui sistem multifuncțional de iluminare/aerare/agitare realizat pe baza unor fibre optice speciale (cu iluminare pe toata lungimea – "side glow optical fiber", prevazute cu un canal interior) care sa permita concomitent circulatia aerului si a luminii, distribuite prin focarele unui reactor de forma eliptica cu pereti reflectorizanti, in doua planuri perpendiculare care pot fi vibrare prin alimentarea alternanta cu aerul de tratat in prealabil comprimat si distribuit prin intermediul unor valve, astfel incat sa faciliteze combinarea procesului de absorbtie/chemosorbtie a gazelor poluante intr-o solutie adecvata (care are rol de mediu de cultura pentru o specie de microalga) cu un proces de fotosinteza in prezenta microalgelor care folosesc substantele nutritive din solutia absorbanta, disponibile in urma dizolvării si absorbtiei gazelor.

Particularitatea sistemului de iluminare consta si in faptul ca intensitatea luminii este amplificata prin efectul de rezonanta produs de amplasarea sursei de iluminare (a fibrelor optice, care transmit lumina de la sursa primara formata dintr-un LED de putere cu valoare cuprinsa intre 6-30 W) in focarele oglinzilor formate de peretii reactorului de forma eliptica.

Particularitatea sistemului de aerare/agitare consta in faptul ca aerul este introdus in fotobioreactor prin intermediul unui set de fibre optice duble, fiecare prevazuta cu cate un canal axial prin care circula aerul, care este evacuat la partea inferioara a buclei flexibile astfel create, printr-o duza, astfel incat sa determine prin intermediul jetului produs propulsia in sens opus a buclei astfel formate in plan vertical de fibra optica fixata in capac si libera (tip pendul) la partea inferioara. Astfel, se formeaza un plan oscilant care se va misca prin intermediul jeturilor de aer create de alimentarea alternanta a fluxurilor de aer prin cele doua canale cu ajutorul unor valve (pozitie inchis/deschis) comandate de un dispozitiv extern de programare electronica. In vederea omogenizării solutiei din fotobioreactor au fost prevazute doua sisteme oscilante amplasate vertical in planuri perpendiculare. Fibra optica are astfel un dublu rol, atat de mediu de propagare a luminii cat si de furtun flexibil prin care se realizeaza admisia aerului si agitarea solutiei, care este necesara atat pentru proces cat si pentru evitarea depunerilor de biomasa pe fibra optica (autocurative).

Avantajele pe care le aduce invenția propusă, fata de alte sisteme cunoscute, sunt rezumate dupa cum urmeaza:

1. indepartarea simultana a unei game extinse de poluanti (oxizi de azot, oxizi de sulf, si COV biodegradabili cu matrice complexă prin conținut diferit de substanțe organice), cat si a dioxidului de carbon, cu posibilitate de valorificare ulterioara a biomasei rezultate sub diferite forme (suplimente alimentare etc.);
2. diminuarea consumului energetic atat prin eliminarea sistemelor clasice de agitare (pompe, agitatoare etc.) cat si prin folosirea unui sistem inovativ de iluminare (fibra optica cu iluminare pe toata lungimea – "side glow optical fiber" care transmite lumina provenita de la o sursa primara cu eficienta energetica sporita formata dintr-un LED de putere care inlocuieste lampile clasice) si asigura uniformizarea intensitatii luminii transmise lateral prin fibra optica, folosind trimiterea luminii prin ambele capete ale fibrei optice;
3. Evitarea acumularii de caldura la transmiterea luminii in fotobioreactor, datorita folosirii fibrelor optice speciale, ceea ce permite mentinerea masei de reactie la o valoare constanta a temperaturii;
4. Amplificarea luminii in fotobioreactor prin efectul de rezonanta determinat de amplasarea fibrelor optice in focarele oglinzilor eliptice, formate din peretii reflectorizanti ai fotobioreactorului;
5. agitarea masei de reactie din fotobioreactor se realizeaza concomitent cu aerarea acesteia realizand auto-curatirea fibrelor optice, contribuind astfel la facilitarea operarii acestuia si pastrarea conditiilor sterile prin evitarea operatiilor de mentenanta in timpul functionarii.

Se prezinta în continuare, descrierea invenției, în legătură cu figura 1:

Fotobioreactorul, in conformitate cu figura 1, este construit dintr-un vas de forma eliptica **1** confectionat din plexiglass acoperit cu o folie reflectorizanta (de aluminiu eloxat) **2**, prevăzut cu doua capace demontabile **3 (a si b)** confectionate din acelasi material si montate prin intermediul unor garnituri de etanșare **4**. Pe capacul superior **3a** este amplasat sistemul multifunctional de iluminare/aerare/agitare realizat pe baza unor fibre optice speciale **5** cuplate in perechi **5a-5b** si respectiv **5c-5d**, distribuite in planuri verticale perpendiculare (a se vedea sectiunea A-A'), introduse in interiorul reactorului prin intermediul unor stuturi amplasate in capacul superior **3a**, la o astfel de distanta care sa coincida cu focarele oglinzilor eliptice formate din peretii reactorului acoperit cu folie reflectorizanta **2**, astfel incat sa formeze o cavitate rezonanta care conduce la amplificarea radiatiei luminoase. Sursa de lumina cu eficienta ridicata si consum energetic scazut este reprezentata de un LED **8** cu putere cuprinsa intre 6-30 W, amplasata in focarul unei

lentile de focalizare **9** (toate protejate de o carcasa metalica **10** prevazuta cu sistem de termostatare si ventilare controlata), de unde se transmite lumina prin manunchiul celor 4 fibre optice speciale cu diametrul cuprins intre 5-15 mm (caracterizate prin iluminare pe toata lungimea – "side glow optical fiber", elasticitate ridicata si rezistenta la agresiunea agentilor chimici, avand pereti dubli care determina doua canale interioare **a** si **b** prin care se realizeaza aerarea masei de reactie din fotobioreactor in urma introducerii aerului prin intermediul valvelor **6a-6b**, respectiv **6c-6d**, comandate alternant de un dispozitiv extern de programare electronica, astfel incat sa formeze un plan oscilant care se va misca prin intermediul jeturilor de aer create prin duzele **7a** si **7b**, ca urmare a alimentarii alternante a fluxurilor de aer prin cele doua canale **a,b**). Fibrele optice sunt distribuite sub forma a doua bucle amplasate vertical in planuri perpendiculare, avand astfel atat rol de mediu de propagare a luminii cat si de furtun flexibil prin care se realizeaza admisia aerului si agitarea solutiei, care este necesara atat pentru proces cat si pentru evitarea depunerilor de biomasa pe fibra optica (autocurative).

Aerul de tratat este distribuit sub presiune in reactor prin sistemul de aerare mai sus mentionat, astfel incat sa faciliteze combinarea procesului de absorbtie/chemosorbție a gazelor poluante intr-o solutie adecvata (care are rol de mediu de cultura pentru o specie de microalga) cu un proces de fotosinteza (in prezenta radiatiei luminoase transmise prin fibrele optice) prin care se genereaza biomasa pe baza dezvoltarii microalgelor care folosesc substantele nutritive din solutia absorbanta, disponibile in urma dizolvarii si absorbtiei gazelor. Aerul tratat este eliminat prin stutul **11** amplasat pe capacul reactorului **3a**. Mediul de cultura continand microalge impreuna cu nutrienti este alimentat prin intermediul stutului **12**, iar evacuarea acestora se realizeaza prin intermediul stutului **13**, cand concentratia biomasei formate prin cresterea microalgelor depaseste o anumita turbiditate a solutiei (cuprinsa intre 500-600 FTU (unitati de turbiditate)) care nu mai permite iluminarea corespunzatoare in interiorul fotobioreactoului.

Conditiiile de operare a fotobioreactorului depind de tipul microalgelor folosite (*Artrosphira platensis*, *Chlorella vulgaris* etc.) si sunt cuprinse in urmatoarele intervale: pH=8-12; temperatura=20-35 °C; iluminare continua = 0.5-4 kLux la suprafata fibrei optice in domeniul vizibil; debit aerare/agitare = 0.1-1 L/min pentru un volum al reactorului cuprins intre 2-5 L (asigurand un regim continuu de aerare); compozitia solutiei nutritive: sursa de azot, fosfor, potasiu, carbon si microelemente; flux gazos procesat (aer continand CO₂ ambiental (300-600 ppm) si alti contaminanti organici si anorganici in urme (COV cu biodegradabilitate acceptabila, oxizi de azot si sulf, cu concentratie mai mica de 2 ppm fiecare)). Acestea vor fi exemplificate in urmatorul exemplu de realizare a inventiei.

Exemplul 1. Regimul de functionare a fotobioreactorului este semicontinuu (continuu pentru faza gazoasa si discontinuu pentru faza lichida (mediul de cultura/solutia nutritiva)), iar microalga folosita este *Arthrospira platensis*, care prin dezvoltare determina o anumita turbiditate a solutiei. Cand turbiditatea acesteia depaseste valoarea de 500 FTU, se procedeaza la evacuarea 1/3 din solutia din fotobioreactorul cu volumul de 5 L, in vederea recuperarii biomasei prin filtrare pentru valorificare, urmata de recircularea permeatului in reactor si completarea cu apa distilata si nutrienti, dupa caz, astfel incat compozitia fazei lichide sa fie urmatoarea: NaNO_3 2.5 g/L, K_2HPO_4 0.5 g/L, K_2SO_4 1 g/L, NaCl 1 g/L, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.04 g/L, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.2 g/L, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.01 g/L, $\text{Na}_2\text{-EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.08 g/L, H_3BO_3 2.86 mg/L, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1.81 mg/L, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.222 mg/L, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.079 mg/L, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.039 mg/L (ajustata pentru pH cu NaOH , dupa caz, pana la o valoare a pH-ului egala cu 10 ± 0.5). Celelalte conditii de operare ale fotobioreactorului au fost urmatoarele: fluxul gazos procesat a fost aerul contaminat cu CO_2 (400 ± 50 ppm) si alti poluanti in urme (vapori de acid acetic, SO_2 si NO_2 , fiecare 2 ppm); temperatura= 24 ± 1 °C; iluminare continua= 0.5 kLux la suprafata fibrei optice cu lumina alba (spectral caracterizata prin doua picuri dominante situate in domeniul 430-480 nm si respectiv 550-650 nm) provenita de la un LED de 6 W; debit aerare/agitare = 0.5 L/min, la o presiune de 1.5 bar.

In tabelul 1 sunt prezentate comparativ rezultatele obtinute in cazul fotobioreactorului propus in configuratia prezentata, fata de cazul unui fotobioreactor identic in care iluminarea s-a realizat prin peretii exteriori folosind doua lampi fluorescente cu putere de 10 W fiecare, amplasate diametral opus, iar introducerea aerului cu compozitie identica s-a realizat prin barbotare in solutia din fotobioreactor la acelasi debit si presiune.

Tabelul 1.

	Eficienta de indepartare CO_2 , %	Eficienta energetica, W
Fotobioreactor propus	55	6
Fotobioreactor de referinta	40	20

*ceilalti compusi poluanti aflati in aerul procesat au fost indepartati in totalitate in ambele cazuri (sub limita de detectie a gaz analizorului de 0.1 ppm).

Bibliografie

- Antohi Constantin Marin. Instalatie pentru dezinfectia aerului cu flux concentrat de radiatie neionizanta. Patent RO118844 (B1) — 2003-12-30.
- Cretescu I., Isopescu D.N., Lutic D., Soreanu G. (2019). Indoor Air Pollutants and the Future Perspectives for Living Space Design. In: Indoor Environment and Health. Edited by Dr. Orhan Korhan. InTech, London, UK, 12 p. ISBN 978-1-78984-374-3
- Forna Norina Consuela, Antohi Constantin-Marin. Modul pentru ozonarea aerului. Patent RO129017 (A2) — 2013-11-29.
- Pavunev Dan, Antohi Constantin Marin. Aparat pentru dezinfectia aerului convectiv. Patent RO132030 (A2) — 2017-07-28.
- Puskas Ferenc, Csapo Alexandru. Metoda de monitorizare a starii filtrelor de carbon activ ale niselor chimice prin folosirea unui trasor chimic. Patent RO128718 (A2) — 2013-08-30.
- Soreanu G. Dumont E. (eds.) (2019). From biofiltration to featured options in gaseous fluxes biotreatment: recent developments, new trends, advances, and opportunities. Elsevier, ISBN 9780128190647 (in press).
- Velea Sanda, Stepan Emil. Procedeu si fotobioreactor pentru sechestrarea durabila a dioxidului de carbon din gazele cu efect de sera. Patent RO123480 (B1)—2012-09-28.

Revendicari

1. Fotobioreactor (conform figurii 1), destinat tratarii fluxurilor gazoase cu concentratie relativ scazuta de poluanti, **caracterizat prin aceea că** tratarea se realizeaza prin combinarea procesului de absorbtie/chemosorbție a gazelor poluante intr-un mediu de cultura lichid cu un proces de fotosinteza in care microalgele folosesc substantele nutritive din solutia absorbanta, rezultate in urma dizolvarii si absorbtiei gazelor, in prezenta iluminarii realizate pe baza unor fibre optice speciale 5 cuplate in perechi (5a)-(5b) si respectiv (5c)-(5d), distribuite in planuri verticale perpendiculare, introduse in interiorul reactorului la o astfel de distanta care sa coincida cu distanta focala a oglinzilor eliptice formate din peretii reactorului acoperit cu folie reflectorizanta (2), astfel incat sa formeze o cavitate rezonanta care conduce la amplificarea radiatiei luminoase.
2. Fotobioreactor (conform figurii 1) **caracterizat prin aceea că** este prevazut cu sistem multifunctional de iluminare/aerare/agitare realizat pe baza unor fibre optice speciale cu elasticitate ridicata si rezistenta la agresiunea agentilor chimici (distribuite conform revendicarii 1) care transmit lumina pe toata lungimea fibrei ("side glow optical fiber"), avand pereti dubli care determina doua canale interioare a si b care permit realizarea aerarii masei de reactie din fotobioreactor prin admisia sub presiune a aerului de tratat prin intermediul valvelor (6a)-(6b), respectiv (6c)-(6d), comandate alternant de un dispozitiv extern de programare electronica, astfel incat fibrele sa permita autocuratarea prin miscarea lor intr-un plan oscilant vibrat prin intermediul jeturilor de aer create prin duzele (7a) si (7b), ca urmare a alimentarii alternante a fluxurilor de aer prin cele doua canale a,b.
3. Fotobioreactor (conform figurii 1) **caracterizat prin aceea că** sistemul de iluminare nu produce incalzirea masei de reactie, deoarece sursa de lumina folosita este un LED (8) localizat in exteriorul reactorului, avand randament cuantic ridicat in domeniul vizibil si o putere cuprinsa intre 6-30W, amplasat la distanta focala a unei lentile (9), de unde lumina se distribuie prin ambele capete ale fiecărei fibre optice, care realizeaza astfel o bucla cu iluminare identica pe ambele brate permitand evitarea pierderii de lumina pe lungimea fibrei care s-ar fi produs in conditiile iluminarii printr-un singur capat al fibrei.

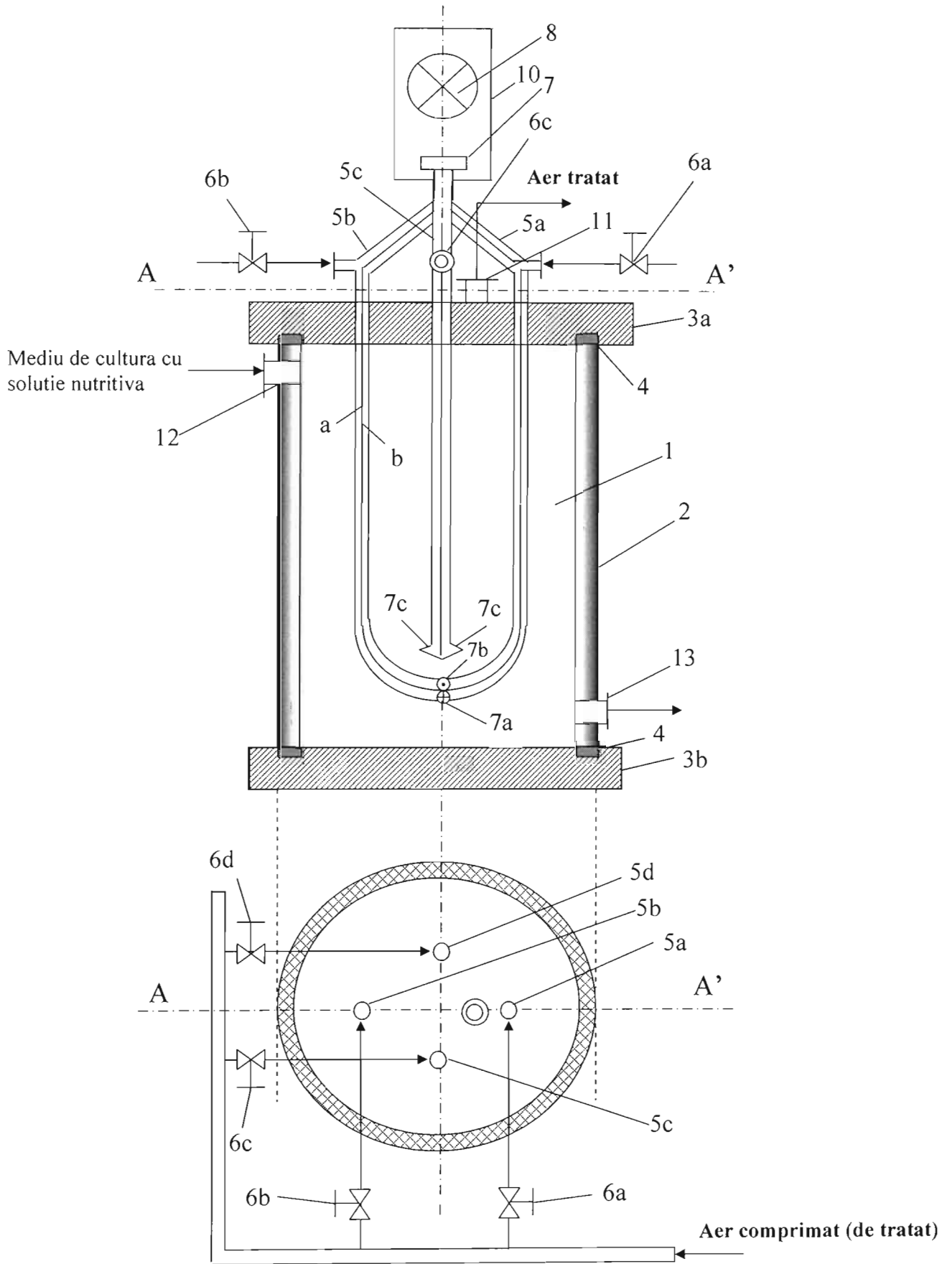


Figura 1. Fotobioreactor – elemente constructive in plan vertical si sectiune transversala