



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00324**

(22) Data de depozit: **09/05/2016**

(41) Data publicării cererii:
30/12/2016 BOPI nr. **12/2016**

(71) Solicitant:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
INGINERIE ELECTRICĂ ICPE-CA,
SPLAIUL UNIRII NR.313, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **MATEESCU CARMEN,
CALEA 13 SEPTEMBRIE NR.102, BL.48 A,
SC.1, AP.26, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,
RO**

(54) BIOREACTOR TUBULAR CU RECIRCULAREA PARȚIALĂ A EFLUENTULUI LICHID

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un bioreactor de tratare anaerobă a apelor uzate cu încărcare organică ridicată. Bioreactorul conform invenției este alcătuit dintr-un fermentator (1) subteran, de formă tubulară, cilindrică, realizat din fibră de sticlă cu un raport D/L de 1/3, un volum de 4...10 m³, acoperit cu un strat izolator (3), prevăzut cu un perete (3) despărțitor longitudinal, având la partea superioară un șanț deversor (4) care permite recircularea parțială a efluentului lichid, o conductă (7) de alimentare ce conectează fermentatorul (1) de un rezervor (5) de alimentare și, printr-o conductă (8) de evacuare, de un rezervor (9) de evacuare, ce comunică printr-un perete despărțitor cu o cameră (11) de expansiune, rezervoarele (5 și 9) și o cameră (11) fiind acoperite cu un capac (12) prevăzut cu două deschideri (13 și 14) de alimentare masă organică, respectiv, de evacuare nămol fermentat.

Revendicări: 1
Figuri: 6

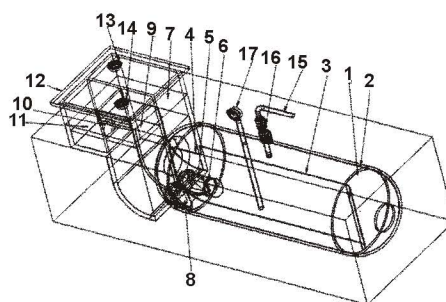


Fig. 1



45

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. a 2016	00324
Data depozit ... 09-05-2016	

Bioreactor tubular cu recircularea parțială a efluentului lichid

Prezenta invenție se referă la un bioreactor de fermentare anaerobă, de construcție tubulară, semicompartimentat și realizat astfel încât să permită recircularea parțială a efluentului lichid între cele două compartimente de fermentare, lichidul astfel recirculat fiind utilizat în dublu scop, pe de o parte pentru diluarea materialului organic introdus în reactor, iar pe de altă parte pentru suplimentarea masei bacteriene de tip inocul necesară accelerării și intensificării proceselor fermentative.

Invenția se aplică tratării anaerobe, în regim de temperatură mezofil (20-40°C), a apelor uzate cu încărcare organică ridicată (>8000 mg/l consum biochimic de oxigen), provenite din diferite sectoare economice, agro-industrie și ferme zootehnice, cu recuperarea biogazului și valorificarea energetică a acestuia la nivel local, pentru asigurarea de gaz combustibil, agent termic și energie electrică.

Este cunoscut faptul că dintre toate modalitățile de producere și utilizare a energiei din surse regenerabile, tehnologia biogazului reprezintă o metodă eficientă de epurare și valorificare a apelor uzate, care implică tehnologii simple, având la bază procesele naturale de fermentare anaerobă ce se petrec în mod natural în natură, în zonele mlăștinoase, pe fundul mărilor dar și în tractul digestiv al mamiferelor, permițând obținerea de produși valoroși (biogaz și fertilizanți ecologici), cu costuri relativ scăzute dacă se are în vedere strict adaptarea proceselor naturale la necesitățile locale. În principiu, procesul de fermentare anaerobă a deșeurilor organice este atât de simplu încât poate fi aplicat oriunde în lume, iar multitudinea și larga varietate de astfel de echipamente existente la nivel mondial dovedesc utilitatea și interesul acordat acestui domeniu biotehnologic. Soluțiile tehnologice pentru acest proces relativ simplu diferă considerabil de la o regiune la alta, după cum și costurile unor astfel de instalații variază considerabil în funcție de tehnologiile adoptate. Forma și dimensiunea bioreactoarelor de fermentare anaerobă este o opțiune specifică fiecărui proiect de dezvoltare în urma unor analize concrete privind disponibilitatea de spațiu, materie primă, infrastructură, necesarul energetic local.

Sunt cunoscute o multitudine de concepte de bioreactoare anaerobe pentru valorificarea energetică a nămolurilor organice și apelor uzate de diferite proveniențe, care au rezultat din încercările de atenuare a dezavantajelor conceptelor dezvoltate anterior și au condus la dezvoltarea unor variante constructive diverse, în funcție de scopul principal pentru care se implementează aceste biotehnologii (îmbunătățirea calității mediului, producerea de energie din surse suplimentare, asigurarea necesarului energetic la nivel local în zone izolate, obținerea de profituri bănești etc.). Diferențele constructive și funcționale dintre numeroasele tipuri de bioreactoare pentru producerea de biogaz sunt mari, iar motivele care determină construirea unor astfel de sisteme sunt diferite, astfel că nu se poate permite o tipizare a acestor biotehnologii, însă se pot dezvolta concepte îmbunătățite scopului pentru care sunt destinate. Diferențele constructive între conceptele de bioreactoare existente la ora actuală se referă la aspecte precum modul de alimentare a biomasei în bioreactor, forma geometrică a bioreactorului, numărul de unități de fermentare utilizate, amplasarea pe teren, regimul de lucru etc.

Există reactoare orizontale tubulare cu secțiune circulară, în care masa organică este alimentată la unul din capete și evacuată la partea opusă după ce aceasta parcurge lent un traseu orizontal liniar. Patentul US2015/0068259 descrie un astfel de bioreactor tubular

pentru metanizarea biomasei și o metodă de operare a acestuia. Bioreactorul este prevăzut cu o gură de alimentare și o gură de evacuare amplasate la capetele opuse ale bioreactorului, iar procesul de fermentare este realizat în regim termofil, prin încălzirea masei organice în vederea igienizării. [1] De asemenea, există și alte reactoare orizontale tubulare cu secțiune circulară, în care masa organică este alimentată la unul din capete și evacuată la partea opusă după ce aceasta parcurge lent un traseu orizontal liniar, precum bioreactorul instalației de biogaz din Yubetsu, Hokkaido, care a fost construită ca parte componentă a unei instalații mai mari de procesare a deșeurilor, cu know-how furnizat de compania daneză *Nordic Folkecenter for Renewable Energy*. [6]

Sunt cunoscute numeroase concepte de bioreactoare orizontale sau verticale prevăzute cu diverse tipuri de sisteme de omogenizare mecanică a masei organice din interior. Amestecarea masei prezintă importanță deosebită pentru metanizarea nămolurilor vâscoase, uniformizând temperatura și concentrația în materii organice în masa reactorului și măbind șansele de contact între microorganisme și substrat.

Patentul US 2015/0315535 prezintă un container de fermentare a substraturilor organice, dotat cu un omogenizator axial și unul sau mai multe dispozitive de alimentare, precum și unul sau mai multe dispozitive de evacuare a masei fermentate. Omogenizarea masei este realizată mecanic, o parte din energia generată în instalația de biogaz fiind utilizată în acest scop [2]. În brevetul RO 114120B1 este prezentată o instalație de biogaz de formă rectangulară, care tratează deșeurile atât aerob cât și anaerob. Fermentarea aerobă se realizează într-un compartiment central prin oxigenarea materialului organic cu ajutorul unor racleți, după care acesta este dirijat cu ajutorul unui agitator mecanic acționat prin intermediul unor motoare electrice către două compartimente de fermentare anaerobă laterale, fiecare fiind prevăzute cu câte un agitator mecanic. [3]

În ceea ce privește numărul de camere de fermentare, numeroase patente descriu instalații monofazice, care implică un singur bioreactor de fermentare necesar pentru ca microorganismele să consume substanțele organice din apele reziduale sau instalații bifazice, care separă activitatea microorganismele fermentative specifice în două bioreactoare anaerobe distincte. Instalațiile monofazice sunt eficiente pentru stabilizarea nămolurilor rezultate din flotația apelor reziduale provenite din agricultură, în timp ce instalațiile bifazice sunt capabile să optimizeze etapele de fermentare din fiecare treaptă tehnologică în fermentatoare separate, având ca rezultat al acestei separări o eficiență și o cinetică a procesului în ansamblu mult îmbunătățite față de procedeele convenționale desfășurate într-o singură treaptă. Instalațiile bifazice sunt mai eficiente în ceea ce privește randamentul energetic, fiind dotate în general cu două reactoare distincte. Patentul US 2015/0056676 prezintă un sistem de fermentare anaerobă în două trepte de fermentare, care include două bioreactoare, unde în prima treaptă biogazul este generat într-un bioreactor care separă masa organică în două faze de sedimentare, o fază mai bogată în solide totale, iar alta mai apoasă, având o concentrație de solide totale mai scăzută. În cel de-al doilea bioreactor, biogazul îmbogățit în metan este generat din materialele fermentate în etapa de fermentare metanogenă. [4] De asemenea, patentul suedez nr. 0900376-5/2009 prezintă un bioreactor de fermentare în două camere distincte, amplasate în bioreactor, prima cameră fiind destinată fermentării în regim mezofil, iar cea de-a doua în regim termofil, cele două camere comunicând în sensul că masa de fermentare este deversată din prima cameră în a doua cameră, acest transfer fiind asigurat prin intermediul unui agitator mecanic care determină

urcarea masei din prima cameră pe o pantă, de unde ajunge să fie deversată în camera a doua, de fermentare termofilă. [5]

Sunt cunoscute numeroase soluții tehnice în care deșeurile și apele uzate sunt transportate la un rezervor de pre-colectare, după care sunt introduse în bioreactor prin intermediul unei stații speciale de pompare. Pentru gunoiul de grajd și alte nămoluri se utilizează pompe centrifugale, pompe de dizlocuire prin presiune, iar pentru materialele solide (paie, resturi vegetale) alimentarea se realizează cu ajutorul transportoarelor. De asemenea, numeroase concepte prezintă bioreactoare al căror perete este izolat termic, încălzit și menținut la temperatura procesului prin intermediul unor schimbătoare de căldură amplasate pe pereții incintei bioreactorului, încălzirea apei necesare transferului termic realizându-se prin arderea biogazului cogenerat în instalație. [7]

În ceea ce privește colectarea biogazului generat în bioreactor, acesta este acumulat la partea superioară a bioreactorului și colectat într-o cupolă gazometrică care acoperă vasul reactorului de fermentare. Alte instalații mai ieftine sunt dotate cu un gazometru separat de corpul bioreactorului sau cu clopot care plutește liber pe o manta de apă, asigurând astfel reglarea presiunii din bioreactor și etanșizarea instalației de biogaz.

Soluțiile tehnice menționate anterior prezintă numeroase dezavantaje, dintre care pot fi subliniate următoarele:

- Amplasarea gurilor de alimentare și evacuare la capetele opuse ale unui reactor tubular reprezintă un dezavantaj atât din punct de vedere al infrastructurii, al economiei de amplasare a componentelor instalației și manipulării masei de alimentare/ evacuare, cât și din punct de vedere al eficienței proceselor biochimice de descompunere a materialului organic, care parcurge lungimea reactorului cu viteze determinate de rata de încărcare și evacuare. Acest aspect indică faptul că, cu cât reactoarele tubulare au lungimi mai mari, cu atât eficiența de descompunere este mai ridicată, însă în optimizarea procesului intervin aspecte precum construirea acestor reactoare de lungimi mari, transportul lor de la producător la locul de amplasare, controlul temperaturii masei pe lungimea bioreactorului;
- Bioreactoarele tubulare sau cilindrice cu capete drepte prezintă spații moarte în care masa organică proaspătă poate fi reținută și ferită de curenții hidraulici de transport, deci devine masă organică risipită și nedescompusă, reducând productivitatea de biogaz;
- Dotarea reactoarelor cilindrice tubulare cu sisteme de omogenizare este consumatoare de energie, deci eficiența energetică a instalației este mult diminuată. De asemenea, aceste agitatoare mecanice sunt costisitoare, crescând costurile de fabricare și instalare ale bioreactoarelor;
- Configurarea mai multor bioreactoare care să separe procesele de fermentare în faze distincte, însă destinate aceluiași volum de masă organică de tratat ca și în cazul utilizării unui bioreactor singular, oferă o descompunere cu max. 20% mai eficientă a materialului organic și un biogaz de calitate superioară (îmbunătățire a concentrației de metan în biogaz cu max. 20%) însă implică costuri de instalare și operare mult mai mari, care pot dubla costul total al investiției, necesitând și personal suplimentar pentru operarea acestora;
- Încălzirea masei organice pentru descompunere în regim termofil și în scop de igienizare pentru materialele cu risc epidemiologic este consumatoare de energie și nu garantează o producție de biogaz îmbunătățită, populațiile de microorganisme fiind

foarte divesificate, unele fiind adaptate pentru creștere și multiplicare în regim mezofil, altele pentru regim termofil, astfel că, pe lângă consumul energetic suplimentar, încălzirea masei poate duce la distrugerea populațiilor active adaptate regimului mezofil, deci eficiența globală a proceselor biochimice de producere de biogaz nu este semnificativ îmbunătățită; Se cunoaște faptul că microorganismele metanogene mezofile sunt mult mai tolerante la schimbări de mediu (variații de temperatură, aciditate, nutrienți) decât cele termofile, motiv pentru care bioreactoarele mezofile sunt considerate a fi mai stabile decât cele termofile, deci sunt de preferat în optarea pentru una dintre cele două regimuri termice; [8]

- Dotarea bioreactoarelor cu sisteme auxiliare de alimentare și evacuare a masei organice, de tip pompe sau transportoare mecanizate, absolut necesare bioreactoarelor verticale sau cele orizontale amplasate deasupra solului, este o soluție care crește semnificativ costul investiției;
- Sistemele de captare și colectare a biogazului care sunt cel mai frecvent utilizate, de tip membrane flexibile, gazometre de inox, necesită spațiu suplimentar pentru amplasarea acestora ca anexe distincte în imediata apropiere a bioreactorului. De asemenea, necesită costuri semnificativ crescute de fabricare, indiferent de soluția adoptată, precum și consumuri energetice suplimentare pentru asigurarea aerului comprimat în membrana dublă, pentru crearea presiunii constante de circa 200 mm col. apa, necesare la utilizator. Toate aceste dotări auxiliare contribuie la creșterea costurilor de implementare și implicit la reducerea semnificativă a domeniilor de utilizare, instalațiile scumpe fiind exclusiv construite pentru obținerea de profituri bănești de către companiile investitoare, în timp ce numeroși alți potențial beneficiari din domeniul fermelor agro-zootehnice, micilor industrii, utilizatorilor casnici, nu vor putea rezolva probleme de îmbunătățire a calității mediului și producere de energie (gaz combustibil, agent termic, electricitate) la nivel local.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în modul de construcție (tubular, semicompartimentat, confectionat din fibra de sticlă) al bioreactorului de fermentare anaerobă, ce asigură un traseu al masei de fermentare în interiorul bioreactorului de două ori mai lung, deci un grad de descompunere a compușilor organici îmbunătățit, prin dublarea timpului de retenție a masei în mediul bacterian, ca urmare a traseului creat de peretele separator longitudinal ce impune masei organice un circuit dublu extins între gurile de alimentare și evacuare; optimizarea amplasării componentelor auxiliare pe sol pe aceeași parte a bioreactorului (rezervoare de alimentare și de evacuare); profilul tubular cu colțurile rotunjite asigură o ușoară curgere a masei organice, fără acumularea de material nefermentat în muchii sau în alte spații moarte în care materialul organic ar fi ferit de expunerea avansată la masa microbiană activă; camera de expansiune permite reglarea presiunii create în interiorul fermentatorului, iar dispozitivul de nivel asigură controlul și reglarea volumului masei organice supuse fermentării.

Bioreactorul tubular cu recircularea parțială a efluentului lichid înlătură dezavantajele menționate prin aceea că este alcătuit dintr-un fermentator amplasat subteran, de formă tubulară, cilindrică, realizat din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, având raportul diametru D / lungime L de $1 / 3$, volum total de $4 \div 10 \text{ m}^3$ și diametrul D de $1,2 \div 1,6 \text{ m}$, lungimea L de $3,6 \div 5,0 \text{ m}$, acoperit pe exterior cu un strat de material izolator de tip vată de sticlă cu grosimea de $30 \div 40 \text{ mm}$, fermentator prevăzut în interior cu un perete despărțitor longitudinal, realizat din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, cu înălțimea de $0,9 D$ și lungimea

de 0,8 L, perete care este curbat la marginea terminală pentru direcționarea masei, iar la partea superioară și la o distanță de 0,1 L față de capătul lateral stânga cu un șanț deversor cu adâncimea 0,15 D și lungimea 0,1 L, ce permite recircularea parțială, zilnică, a efluentului lichid către zona de alimentare; fermentatorul este conectat, prin intermediul unei conducte de alimentare, realizată din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, având diametrul de 0,25÷0,35 m și prevăzută cu o clapetă de sens, de un rezervor de alimentare a masei organice, având fundul rotunjit, confecționat din beton și având volumul de 1,79÷2,17 m³, iar prin intermediul unei conducte de evacuare, realizată din fibră de sticlă cu dublă ranforsare și având diametrul de 0,25÷0,35 m, de un rezervor de evacuare a nămolului fermentat, având fundul rotunjit, confecționat din beton și având volumul de 0,86÷1,05 m³, care comunică printr-un perete despărțitor prevăzut cu o gură de expansiune, cu o cameră de expansiune, având fundul drept, confecționată din beton și având volumul de 0,39÷0,48 m³; rezervoarele de alimentare, de evacuare și camera de expansiune sunt acoperite cu un capac prevăzut cu două deschideri cu clapete de cauciuc flexibile, una pentru alimentarea masei organice, respectiv alta pentru evacuarea nămolului fermentat; bioreactorul este prevăzut pe perețele superior al fermentatorului cu o țevă de gaz având diametrul de 40÷50 mm, echipată cu un sistem de siguranță, reprezentat de o valvă de siguranță și un dispozitiv de reținere a flăcării; pentru controlul nivelului de masă de fermentare din interiorul fermentatorului, bioreactorul este prevăzut cu un dispozitiv de măsurare a nivelului de lichid.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- Eficiență de tratare a apelor uzate și o producție de biogaz cu min. 20% îmbunătățite față de bioreactoarele tubulare orizontale clasice, fără compartimentare și fără retur al unei părți din efluentul lichid;
- Îmbunătățirea aportului de masă bacteriană deversată odată cu efluentul lichid în camera de alimentare, cu efect asupra intensificării proceselor fermentative și creșterii gradului de descompunere al compușilor organici încă din primele zile de contact al materialului proaspăt introdus cu masa bacteriană din bioreactor;
- Hidrodinamică simplă și realizată natural prin circulația masei de-a lungul traseului longitudinal, cu pereți cu colțuri rotunjite, paletă de direcționare a fluxului de masă de fermentare și o ușoară omogenizare dată de alimentarea/evacuarea zilnică a unei porții de cca. 5% din volumul bioreactorului și de deversarea în camera de alimentare a unei părți de max. 5% din efluentul lichid, creând o turbulență care facilitează deplasarea masei de fermentare;
- Timp de descompunere extins pentru asigurarea degradării avansate și complete a compușilor organici din apele uzate, cu parcurgerea tuturor fazelor de descompunere biochimică până la nivelul final de generare metan și evacuare de nămol fermentat, inodor și lipsit de agenți patogeni. Prin utilizarea unui astfel de concept de bioreactor tubular de fermentare anaerobă se realizează o tratare completă a materialelor organice cu un randament maxim în obținerea de biogaz.
- Asigurarea unui mediu de fermentare în regim de temperatură mezofil ca urmare a amplasării bioreactorului subteran, fără necesitatea aplicării unor surse de încălzire suplimentare, cu excepția încălzirii amestecului inițial de ape uzate prin adăugarea de apă de diluție ușor încălzită la temperatura de 40-60°C. Pe perioada verii și în zilele însorite, apa de diluție poate fi încălzită direct prin expunere la soare, sau se pot adopta soluții de încălzire alternativă precum panouri solare.

- Alimentarea bioreactorului direct din rezervorul de alimentare prin curgere liberă, fără a fi necesar un sistem de pompare;
- Captarea biogazului în bioreactorul tubular și utilizarea directă a acestuia la consumator;
- Rezervoarele de alimentare, de evacuare și camera de expansiune sunt acoperite cu un capac prevăzut cu două deschideri cu clapete de cauciuc flexibile pentru alimentarea masei organice, respectiv evacuarea nămolului fermentat, prin acest capac asigurându-se o protejare a mediului înconjurător împotriva mirosurilor neplăcute și a riscului de contaminare cu agenți patogeni din masa organică și oferindu-se operatorilor o mai bună siguranță în exploatarea bioreactorului.
- Posibilitatea de fabricare pentru diferite tipodimeniuni, cu volumul bioreactorului cuprins între 4-10 m³ și posibilitatea de construcție modulară, cu mai multe bioreactoare amplasate în serie, în cazul în care există disponibilitate de materie primă; De asemenea, materialul fibră de sticlă asigură posibilitatea de transfer la producător pentru o producție de serie și comercializare;
- Avantajul de a putea fi implementat cu costuri relativ scăzute în comunitățile locale rurale foarte mici sau în jurul unor ferme generatoare de reziduuri organice, în timp ce tehnologiile clasice necesită investiții substanțiale și un volum minim garantat de biomasă care uneori este foarte greu de asigurat.
- Posibilitatea de evacuare periodică și spălarea corpului bioreactorului prin metode clasice de vidanjarie, cu acces prin rezervorul de alimentare.
- Bioreactorul tubular conform invenției este complet autonom din punct de vedere energetic, nefiind necesare operații consumatoare de energie precum omogenizarea și încălzirea masei organice, nici extragerea mecanizată a nămolului fermentat din rezervorul de evacuare, acestea efectuându-se în mod natural prin deplasarea masei în interiorul bioreactorului, într-un singur sens, de-a lungul peretelui de separare, către conducta de evacuare, deplasarea masei fiind determinată de alimentarea zilnică a unei șarje de biomasă de alimentare și evacuarea zilnică a unei șarje de nămol fermentat, expulzarea nămolului fermentat fiind obținută prin suprapresiunea creată în interiorul bioreactorului în urma generării biogazului și acumulării sale la partea superioară a masei de fermentare.

În continuare se dă un exemplu de realizare a invenției, pentru un bioreactor tubular având un volum al fermentatorului de 10 m³, în legătură cu figurile 1 – 6 care reprezintă:

- Fig. 1 - Vedere de ansamblu a bioreactorului tubular conform invenției, imagine tridimensională;
- Fig. 2 - Secțiune longitudinală a bioreactorului tubular, vedere laterală pe planul de secțiune prin rezervorul de evacuare și gura de expansiune, imagine tridimensională;
- Fig. 3 - Secțiune longitudinală a bioreactorului tubular, vedere laterală pe planul de secțiune prin rezervorul de evacuare și camera de expansiune;
- Fig. 4 - Secțiune longitudinală a bioreactorului tubular, vedere laterală pe planul de secțiune prin conducta de evacuare;
- Fig. 5 - Secțiune longitudinală a bioreactorului tubular, vedere laterală pe planul de secțiune prin conducta de alimentare;
- Fig. 6 - Secțiune longitudinală a bioreactorului tubular, vedere de sus pe planul de secțiune prin profilul rotunjit al rezervoarelor de alimentare, respectiv evacuare;

Bioreactorul tubular cu recircularea parțială a efluentului lichid, conform invenției, este alcătuit dintr-un fermentator 1 amplasat subteran, de formă tubulară, cilindrică, realizat din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, având raportul diametru D / lungime L de $1 / 3$, volumul de 10 m^3 și diametrul D de $1,6 \text{ m}$, lungimea L de $5,0 \text{ m}$, acoperit pe exterior cu un strat de material izolator 2, de tip vată de sticlă, cu grosimea de $30-40 \text{ mm}$. Fermentatorul 1 este prevăzut în interior cu un perete despărțitor longitudinal 3, realizat din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, cu înălțimea de $1,44 \text{ m}$ și lungimea de $1,28 \text{ m}$, peretele 3 este curbat la marginea terminală pentru direcționarea masei, iar la partea superioară și la o distanță de $0,5 \text{ m}$ față de capătul lateral stânga cu un șanț deversor 4 cu adâncimea $0,24 \text{ m}$ și lungimea $0,5 \text{ m}$, ce permite recircularea parțială, zilnică, a efluentului lichid către zona de alimentare. Fermentatorul 1 este conectat, prin intermediul unei conducte de alimentare 5, realizată din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, având diametrul $0,35 \text{ m}$ și prevăzută cu o clapetă de sens 6, de un rezervor de alimentare 7 a masei organice, având fundul rotunjit, confecționat din beton și având volumul de $2,17 \text{ m}^3$, iar prin intermediul unei conducte de evacuare 8, realizată din fibră de sticlă cu dublă ranforsare și având diametrul de $0,35 \text{ m}$, de un rezervor de evacuare a nămolului fermentat 9, având fundul rotunjit, confecționat din beton și având volumul de $1,05 \text{ m}^3$, care comunică printr-un perete despărțitor prevăzut cu o gură de expansiune 10, cu o cameră de expansiune 11, având fundul drept, confecționată din beton și având volumul de $0,48 \text{ m}^3$. Rezervoarele de alimentare 7, de evacuare 8 și camera de expansiune 11 sunt acoperite cu un capac 12 prevăzut cu două deschideri cu clapete de cauciuc flexibile, una pentru alimentarea masei organice 13, respectiv alta pentru evacuarea nămolului fermentat 14. Bioreactorul tubular este prevăzut pe peretele superior al fermentatorului cu o țevă de gaz 15 având diametrul de 50 mm , echipată cu un sistem de siguranță 16, reprezentat de o valvă de siguranță și un dispozitiv de reținere a flăcării. Pentru controlul nivelului de masă de fermentare din interiorul fermentatorului, bioreactorul este prevăzut cu un dispozitiv 17 de măsurare a nivelului de lichid.

Instalația funcționează în modul următor: Masa de fermentare prelucrată conform procedurilor cunoscute și inoculată cu material biologic activ este introdusă în fermentatorul subteran 1 din rezervorul de alimentare 7, prevăzut cu capac 12 și clapetă de cauciuc flexibilă de alimentare 13, prin conducta de alimentare 5 a cărei clapetă de sens 6 este montată astfel încât să permită doar accesul masei de fermentare în fermentator, dar nu și returnarea nămolului din fermentator în rezervorul de alimentare. Materialul alimentat se deplasează lent de-a lungul peretelui despărțitor 3, fiind direcționat prin intermediul părții curbate a peretelui despărțitor către conducta de evacuare 8 după un traseu tur-retur, timp în care are loc fermentarea anaerobă și producerea de biogaz, căldura de reacție generată în masa de fermentare ca urmare a reacțiilor exoterme fiind menținută în interior în domeniul mezofil cu ajutorul materialului izolator 2, de tip vată de sticlă, care învelește total corpul fermentatorului. În timpul necesar parcurgerii traseului creat în interiorul fermentatorului, spre capătul traseului de retur se produce o sedimentare ușoară a efluentului de nămol fermentat la partea inferioară a peretelui despărțitor, nămolul fermentat ușor îngroșat fiind evacuat prin conducta de evacuare 8 către rezervorul de evacuare 9 și deversat prin gura de expansiune 10 către camera de expansiune 11 care are rolul de a regla presiunea creată de biogaz în interiorul fermentatorului 1, apoi nămolul fermentat este preluat prin gura de evacuare cu clapetă de cauciuc flexibilă 14 amplasată pe capacul 12 al rezervorului de evacuare 9 și preluat de vehicule pentru transportul la linia de valorificare ulterioară ca fertilizant ecologic. Frația ușoară a materialului fermentat, adică efluentul lichid care se

regăsește la partea superioară a peretelui despărțitor este deversată parțial prin intermediul șanțului deversor 4 către zona de alimentare, îmbogățind astfel în microorganisme de fermentare active masa organică proaspăt alimentată în fermentator, facilitând procesele biochimice prin reducerea fazei de acomodare și îmbunătățind gradul de descompunere a compușilor organici cu formare de biogaz, care se acumulează la partea superioară a fermentatorului 1, de unde este evacuat prin conducta de gaz 15, prevăzută cu sistem de siguranță 16 și este utilizat drept gaz combustibil sau pentru generarea de energie electrică într-un generator electric, după o prealabilă procesare a biogazului (deshidratare, desulfurare) în sisteme de spălare și purificare. Nivel de masă de fermentare din fermentator este controlat prin intermediul dispozitivului 17 de măsurare a nivelului de lichid din interior.

Bioreactorul tubular cu recircularea parțială a efluentului lichid conform invenției:

- asigură o eficiență de tratare a apelor uzate și o producție de biogaz cu min. 20% îmbunătățite față de bioreactoarele tubulare având gurile de alimentare, respectiv evacuare prevăzute la capetele opuse ale acestora, prin faptul că soluția tehnică propusă asigură un traseu al masei de fermentare în interiorul bioreactorului de două ori mai lung, deci un grad de descompunere a compușilor organici îmbunătățit, prin dublarea timpului de retenție a masei în mediul bacterian, ca urmare a traseului creat de peretele separator longitudinal ce împune masei organice un circuit dublu extins între gurile de alimentare și evacuare; De asemenea, soluția tehnică propusă asigură o optimizare a amplasării componentelor auxiliare pe sol pe aceeași parte a bioreactorului (rezervoare de alimentare și de evacuare);

- profilul tubular cu colțurile rotunjite asigură o ușoară curgere a masei organice, fără acumularea de material nefermentat în muchii sau în alte spații moarte în care materialul organic ar fi ferit de expunerea avansată la masa microbiană activă, deci întreaga masă care circulă prin reactorul tubular semicompartimentat este supusă descompunerii microbiene;

- traseul tubular cu returul masei de fermentare și deversarea unei părți de max. 5% din efluentul lichid în prima cameră de alimentare, prin intermediul unui canal deversor prevăzut în peretele despărțitor, asigură o ușoară agitare a masei organice și facilitează contactul microorganismelor cu compușii organici precursori de biogaz, fără a fi necesară agitarea mecanică suplimentară, consumatoare de energie și costisitoare în procesul de fabricare a bioreactorului; Prin recircularea parțială în camera de alimentare a efluentului lichid bogat în masă bacteriană, se grăbește startul proceselor biochimice de fermentare și se înlătură dezavantajul important dat de dificultatea în demararea procesului de fermentare care se întâlnește în general la bioreactoarele clasice fără amestecare, acestea având nevoie de câteva săptămâni până la atingerea unui regim de lucru optim;

- existența peretelui despărțitor longitudinal între cele două camere de fermentare, prevăzut la capătul extrem cu o paletă de directionare a masei către camera de fermentare metanogenă, asigură o separare parțială a fazelor biochimice acidogenă și metanogenă, fără a fi necesare bioreactoare separate pentru același volum de masă organică supusă fermentării. Prin urmare, costurile de fabricare ale acestui bioreactor semicompartimentat vor fi semnificativ mai mici față de configurația cu bioreactoare separate, iar eficiența de descompunere a masei organice și calitatea biogazului vor fi cu min. 20% îmbunătățite față de fermentarea în incinte necompartimentate;

- soluția tehnică propusă nu necesită asigurarea încălzirii cu surse de încălzire externe, pe toată durata procesului de descompunere, ci implică introducerea de ape uzate rezultate din procesele tehnologice sub formă ușor încălzită (precum borhot de cereale de la distilării de alcool, deșeuri de abatoare, deșeuri de fermă etc.) cu adăugarea în șarja inițială de apă de

diluție ușor încălzită, la temperatura de 40-60°C, după care căldura de reacție a proceselor de fermentare care sunt exoterme va menține în mod natural temperatura de fermentare în regim mezofil, de 20-40°C, păstrarea acesteia fiind facilitată și de amplasarea complet subterană a bioreactorului; Datorită rezistenței mai bune a microorganismelor metanogene mezofile la variații în condițiile de mediu, bioreactoarele care operează în regim termic mezofil sunt mai stabile și mai de încredere din punct de vedere al proceselor biochimice;

- soluția tehnică nu necesită pomparea masei organice din rezervorul de alimentare în corpul bioreactorului, alimentarea făcându-se prin curgere liberă direct în bioreactor. Evacuarea nămolului fermentat se face prin reglarea presiunilor interioare din bioreactor, determinată de cantitatea de biogaz generată, o creștere a presiunii gazului de la suprafața masei organice peste 200 mm col. apă determinând evacuarea nămolului fermentat către rezervorul de evacuare și camera de expansiune, de unde materialul poate fi preluat prin intermediul unei pompe de nămol;

- bioreactorul nu necesită componente auxiliare de captare a gazului, precum gazometru sau balon cu membrană dublă deci costurile de investiție sunt semnificativ mai reduse. Gazul este colectat deasupra masei lichide, în partea superioară a volumului bioreactorului și de aici este evacuat direct printr-o conductă de gaz prevăzută cu sistem de siguranță reprezentat de o valvă de siguranță și un dispozitiv de reținere a flăcării, de unde este spălat, comprimat și utilizat direct la consumator (locuință, fermă, fabrică de procesare legume-fructe, produse de carne, lactate, distilerii etc.).

Revendicare

Bioreactor tubular cu recircularea parțială a efluentului lichid caracterizat prin aceea că este alcătuit dintr-un fermentator (1) amplasat subteran, de formă tubulară, cilindrică, realizat din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, având raportul diametru D / lungime L de 1 / 3, volum de $4 \div 10 \text{ m}^3$ și diametrul D de $1,2 \div 1,6 \text{ m}$, lungimea L de $3,6 \div 5,0 \text{ m}$, acoperit pe exterior cu un strat de material izolator (2), de tip vată de sticlă, cu grosimea de $30 \div 40 \text{ mm}$, fermentator prevăzut în interior cu un perete despărțitor longitudinal (3), realizat din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, cu înălțimea de $0,9 D$ și lungimea de $0,8 L$, perete care este curbat la marginea terminală pentru direcționarea masei, iar la partea superioară și la o distanță de $0,1 L$ față de capătul lateral stânga cu un șanț deversor (4) cu adâncimea $0,15 D$ și lungimea $0,1 L$, ce permite recircularea parțială, zilnică, a efluentului lichid către zona de alimentare; fermentatorul este conectat, prin intermediul unei conducte de alimentare (5), realizată din fibră de sticlă cu dublă ranforsare, având diametrul de $0,25 \div 0,35 \text{ m}$ și prevăzută cu o clapetă de sens (6), de un rezervor de alimentare (7) a masei organice, având fundul rotunjit, confecționat din beton și având volumul de $1,79 \div 2,17 \text{ m}^3$, iar prin intermediul unei conducte de evacuare (8), realizată din fibră de sticlă cu dublă ranforsare și având diametrul de $0,25 \div 0,35 \text{ m}$, de un rezervor de evacuare a nămolului fermentat (9), având fundul rotunjit, confecționat din beton și având volumul de $0,86 \div 1,05 \text{ m}^3$, care comunică printr-un perete despărțitor prevăzut cu o gură de expansiune (10), cu o cameră de expansiune (11), având fundul drept, confecționată din beton și având volumul de $0,39 \div 0,48 \text{ m}^3$; rezervoarele de alimentare, de evacuare și camera de expansiune sunt acoperite cu un capac (12) prevăzut cu două deschideri cu clapete de cauciuc flexibile, una pentru alimentarea masei organice (13), respectiv alta pentru evacuarea nămolului fermentat (14); bioreactorul tubular este prevăzut pe pereții superior al fermentatorului cu o țevă de gaz (15) având diametrul de $40 \div 50 \text{ mm}$, echipată cu un sistem de siguranță (16), reprezentat de o valvă de siguranță și un dispozitiv de reținere a flăcării; pentru controlul nivelului de masă de fermentare din interiorul fermentatorului, bioreactorul este prevăzut cu un dispozitiv (17) de măsurare a nivelului de lichid.

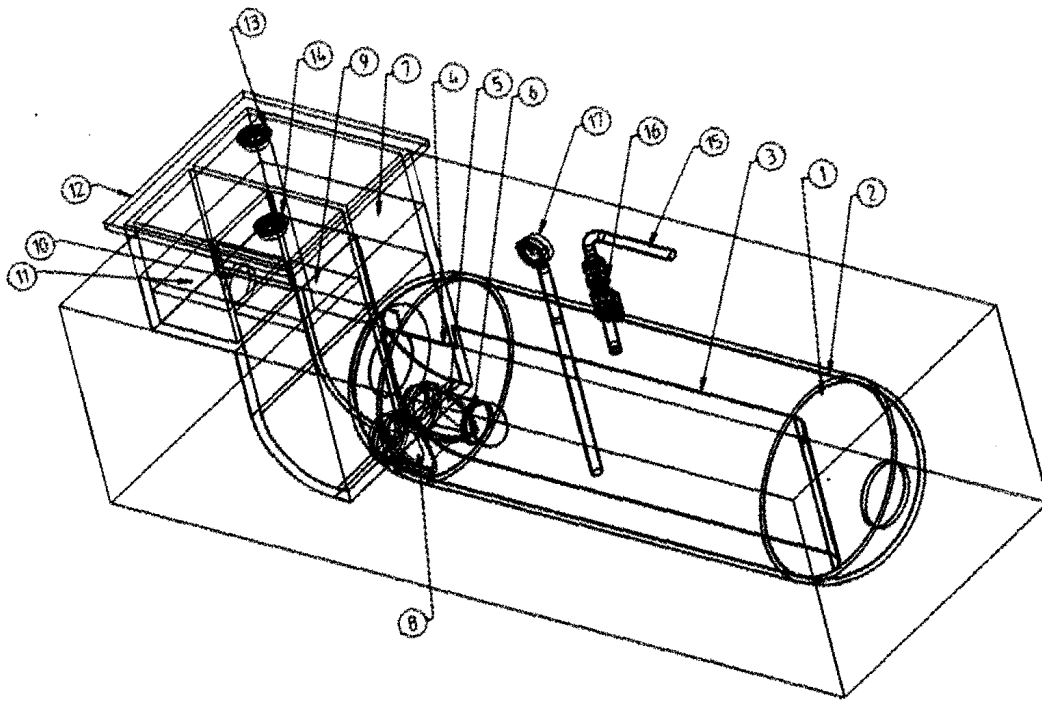


Figura 1

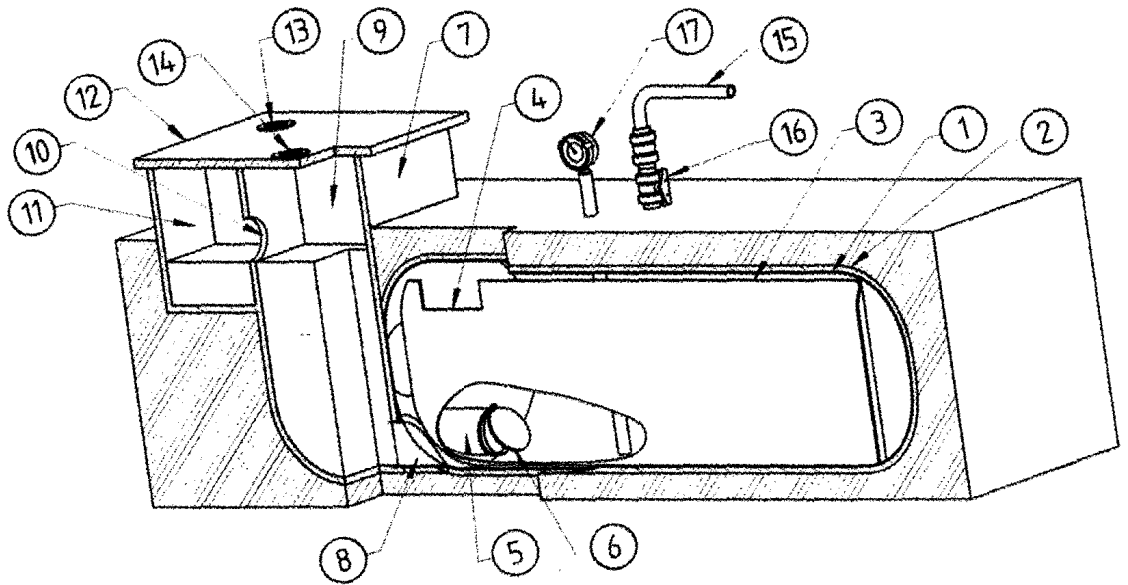


Figura 2

Handwritten signature or mark in the bottom right corner.

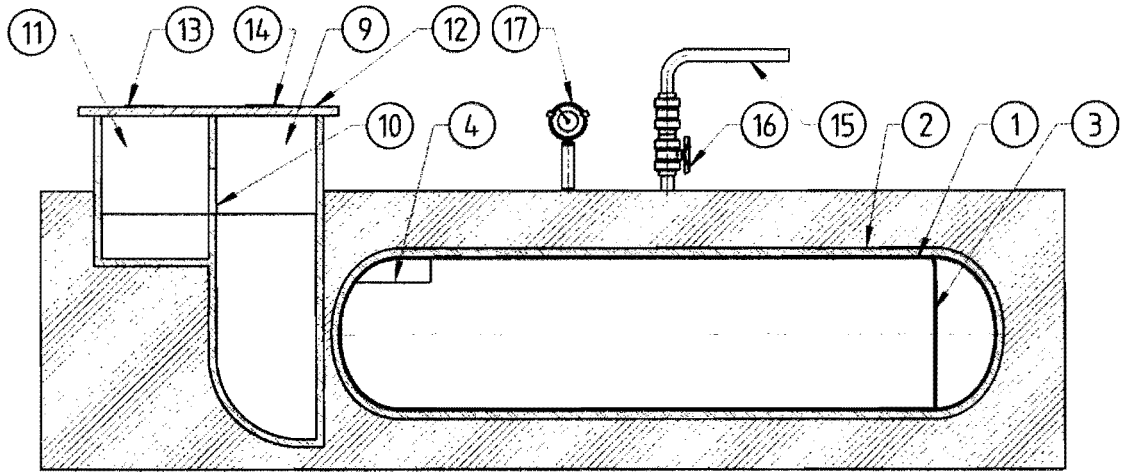


Figura 3

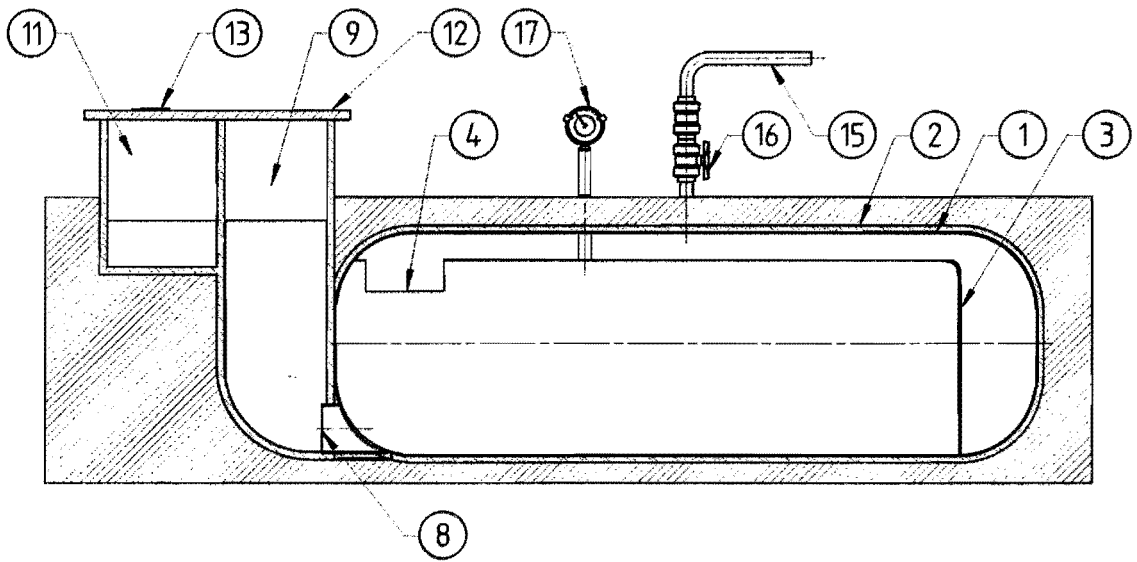


Figura 4

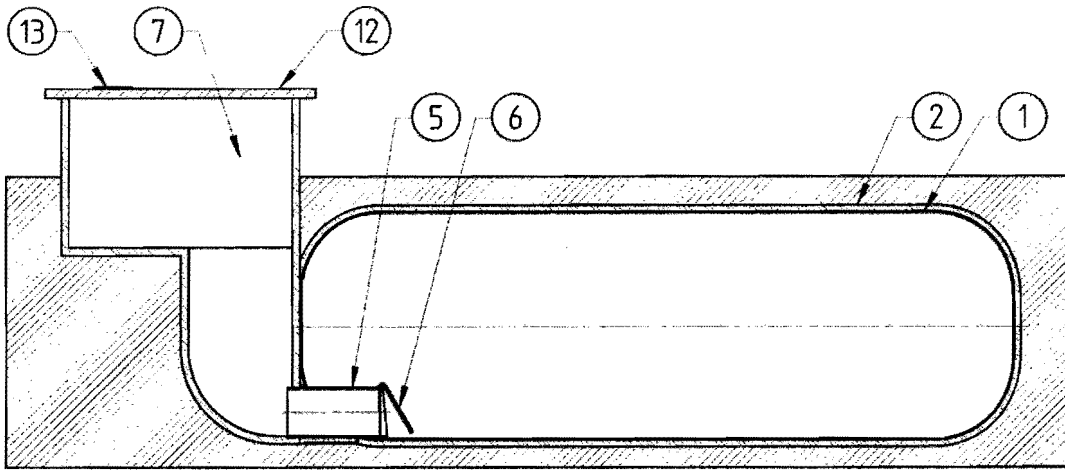


Figura 5

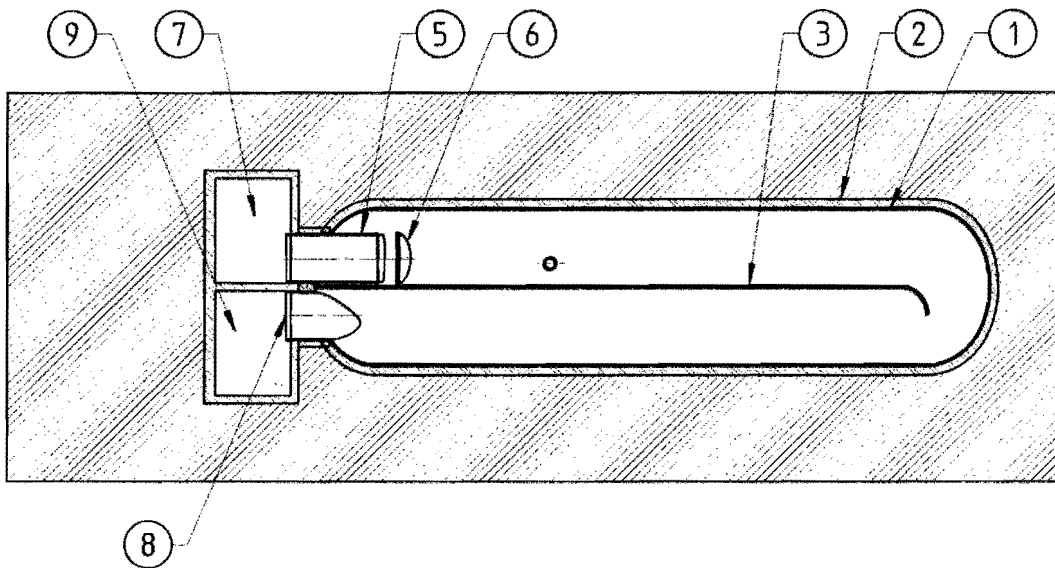


Figura 6