



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00683**

(22) Data de depozit: **19/09/2017**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/08/2023** BOPI nr. **8/2023**

(41) Data publicării cererii:  
**30/05/2018** BOPI nr. **5/2018**

(73) Titular:  
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN  
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI  
NR.28, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(72) Inventatori:  
• **MICLE VALER, STR. HOREA NR. 15,  
AP. 8, ET. 1, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**

• **SUR IOANA-MONICA,  
STR. GEORGE GORDON BYRON NR.13,  
ET.3, AP.43, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**  
• **MITREA MIHAI,  
STR.EREMIA GRIGORESCU NR.126, ET.4,  
AP.37, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**CA 2043948 C; CN 104624638 A**

(54) **SISTEM ȘI PROCEDEU DE BIOREMEDIERE *EX-SITU*  
A SOLURILOR POLUATE CU HIDROCARBURI, UTILIZÂND  
MICROORGANISME PSEUDOMONAS ȘI BACILLUS**



# RO 132554 B1

1           Invenția se referă la un sistem și la un procedeu de bioremediere *ex-situ* a solurilor  
2 poluate cu hidrocarburi utilizând microorganisme aparținând genurilor *Pseudomonas* și  
3 *Bacillus*.

4           Se cunoaște din literatura de specialitate (**Miele V., Neag G., *Procedee și echipa-***  
5 ***mente de depoluare a solurilor și apelor subterane***, Editura LTPRES, 2009; **Meuser, H.,**  
6 ***Soil Remediation and Rehabilitation - Treatment of Contaminated and Disturbed Land,***  
7 **Springer, 2013; Russell, D.L., *Remediation Manual for Contaminated sites, CRC Press-***  
8 ***Taylor & Francisc Group, 2012; Hyman, M., Dupont, R.R., *Groundwater and Soil****  
9 ***remediation - Process Design and Cost Estimating of Proven Technologies, ASCE***  
10 ***Press, 2001***) că există procedee de bioremediere *ex-situ* a solurilor poluate cu hidrocarburi:  
11 compostarea, „land-farming”, metoda „biopile”, tratarea prin intermediul bioreactorului.  
12 Obținerea unui randament ridicat prin procedeele de bioremediere *ex-situ* este posibilă prin:  
13 utilizarea de microorganisme selectate și adaptate la mediul contaminat; asigurarea  
14 condițiilor optime pentru supraviețuirea și dezvoltarea microorganismelor; controlul și  
15 optimizarea parametrilor de proces, cum sunt: concentrația în oxigen, temperatura solului;  
16 umiditatea solului, pH-ul, conținutul în nutrienți minerali și în microorganisme.

17           Brevetul **CA2043948C** prezintă o metodă și un sistem de bioremediere a solurilor  
18 contaminate cu compuși organici. Metoda presupune depunerea unei grămezi de sol pe o  
19 suprafață impermeabilă, de exemplu beton sau plastic, pe care se află mijloace de a  
20 alimentare cu aer pentru oxigenarea continuă a grămezii de sol sau de eliminare din sol a  
21 emisiilor nedorite sub formă de vapori. Sistemul de aerare cuprinde o serie de conducte  
22 perforate care sunt conectate la un compresor de aer și care sunt localizate într-un strat de  
23 pietriș. Masa contaminată este irigată prin aplicarea periodică asupra suprafeței de sol a unui  
24 mediu de cultură care conține cel puțin o tulpină de microorganism, de exemplu  
25 *Pseudomonas*, cel puțin un co-substrat al acestuia și opțional nutrienți. Aplicarea mediului  
26 de cultură se poate face continuu sau la anumite intervale de timp, în funcție de nivelul  
27 general de contaminare și al timpului de decontaminare dorit. Mediul de cultură poate fi apli-  
28 cat cu ajutorul unei pompe dintr-o unitate de livrare prin intermediul unei rețele de irigații care  
29 este localizată deasupra sau pe grămada de sol. Sistemul de bioremediere poate conține  
30 mijloace tehnice care măsoară continuu temperatura și umiditatea din grămada de sol, cu  
31 scopul de a monitoriza activitatea biologică a bacteriilor și de a menține această activitate  
32 la niveluri suficiente pentru ca bacteriile să degradeze poluanții din sol. Masa de sol și  
33 sistemul de irigații sunt acoperite cu un strat impermeabil care ajută, împreună cu o sursă  
34 de încălzire, să mențină temperatura de operare la aproximativ 25°C pH-ul este cuprins între  
35 6 și 8.

36           Cererea de brevet **CN104624638A** se referă de asemenea la un sistem și la un  
37 procedeu de bioremediere a solului poluat cu petrol. Sistemul cuprinde un strat izolator pavat  
38 pe pământ (cum ar fi o suprafață de beton întărită cu polietilenă), unul sau mai multe straturi  
39 de sol poluate cu petrol depuse pe stratul izolator, de preferință deasupra unui strat drenant,  
40 una sau mai multe țevi verticale de alimentare de aer sau mediu de cultură, nutrienți și apă,  
41 dintre care una are un capăt în stratul de sol care comunică cu exteriorul, un strat de  
42 acoperire izolator montat deasupra grămezii de sol, un sistem de evacuare care comunică  
43 cu una sau mai multe țevi de eliminare orizontale și un sistem de monitorizare cuplat cu  
44 țevile de alimentare verticale, aceste țevi verticale fiind controlate de sistemul de monitori-  
45 zare. Metoda de bioremediere cuprinde depunerea stratului izolator pe pământ și a unui strat  
46 de drenare, depunerea unui strat de sol contaminat cu petrol pe stratul izolator, așezarea  
47 uneia sau mai multor țevi orizontale poroase de eliminare a aerului, așezarea uneia sau mai

# RO 132554 B1

multor țevi de alimentare verticale, dintre care una se află în comunicare cu exteriorul, iar apoi a altui strat de sol și a unui strat izolator deasupra solului, stabilirea unui sistem de evacuare aflat în comunicare cu una sau cu mai multe țevi poroase de eliminare a aerului, alimentarea cu microorganisme (cum ar fi *Bacillus*, *Pseudomonas*), nutrienți și apă prin țevile de alimentare verticale, evacuarea prin sistemul de evacuare, prin țevile poroase orizontale a vaporilor de apă generați în stratul de sol și a gazului care conține ulei volatil și gaz, controlul parametrilor de operare în orice moment și prelevarea de probe. Metoda asigură un randament de depoluare de 83% după 7 luni de tratare.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este de realizare a unui procedeu care să asigure condițiile de dezvoltare a microorganismelor și desfășurarea în condiții optime a procesului de bioremediere prin utilizarea unui sistem adecvat de aerare și controlul parametrilor de proces.

Invenția are ca obiect un sistem de bioremediere *ex-situ* a solurilor poluate cu hidrocarburi utilizând microorganisme *Pseudomonas* și *Bacillus* care are în componență o platformă betonată **1** acoperită cu o folie din plastic **2** pe care este depus un strat drenant de pietriș **3** și solul poluat **4**, un sistem de aerare constituit dintr-o suflantă **5** și o rețea de distribuție a aerului **6, 7, 8** prevăzută cu cinci țevi găurite din PVC, trei fiind plasate orizontal în stratul de pietriș de la baza grămezii, iar două la mijlocul grămezii și un sistem de introducere a apei și a unei soluții cu substanțe nutritive și microorganisme format dintr-un rezervor **9**, o pompă cu hidrofor **10** și furtunuri gofrate de absorbție și refulare **11**.

Un al doilea obiect al prezentei invenții îl reprezintă un procedeu de bioremediere *ex-situ* a solurilor poluate cu hidrocarburi utilizând microorganisme *Pseudomonas* și *Bacillus* alcătuit din următoarele etape:

- se sortează un sol poluat conținând hidrocarburi petroliere, se omogenizează, iar apoi se amestecă cu substanțe nutritive și microorganisme aparținând genurilor *Pseudomonas* și *Bacillus* și se dispune sub forma unei grămezi **4** pe o suprafață impermeabilă constituită dintr-o platformă betonată **1** acoperită cu o folie de plastic **2**, la baza grămezii de sol **4** fiind dispus un strat drenant de pietriș **3**, într-o hală încălzită care permite menținerea unei temperaturi de 24-26°C în grămada de sol **4**;

- se aerează grămada de sol **4** 5 zile/săptămână, 8 ore/zi cu un debit de 50 m<sup>3</sup>/min, timp de 12 săptămâni, cu ajutorul unui sistem de aerare alcătuit dintr-o suflantă **5** și o rețea de distribuție a aerului **6, 7, 8** constituită din cinci țevi găurite, dintre care trei țevi sunt plasate orizontal în stratul de pietriș, iar două țevi sunt plasate orizontal la mijlocul grămezii de sol;

- ulterior acționării manuale a trei robinete care obturează pătrunderea apei și a unei soluții cu substanțe nutritive și microorganisme în stratul de pietriș, se adaugă o dată la două săptămâni o cantitate determinată de apă și de soluție cu substanțe nutritive și microorganisme în grămada de sol prin intermediul unui rezervor **9**, o pompă cu hidrofor **10**, a unor furtunuri gofrate de absorbție și refulare **11** și a unei rețele de distribuție constituite din cele două țevi găurite plasate orizontal la mijlocul grămezii de sol, utilizate și la distribuția aerului, un furtun de refulare fiind racordat la cele două țevi găurite menționate;

- se controlează o dată la 2 săptămâni concentrația în hidrocarburi, numărul total de germeni de microorganisme și umiditatea din sol prin analize de laborator ale unor probe de sol prelevate din trei planuri de prelevare din grămada de sol I-I, II-II, III-III, probele **1'**, **1''**, **1'''** și **2'**, **2''**, **2'''** fiind prelevate de la adâncimea de 15 cm, iar probele **3'**, **3''**, **3'''**, de la adâncimea de 35 cm, iar în funcție de valorile obținute se adaugă o dată la două săptămâni o cantitate determinată de apă și soluție cu substanțe nutritive și microorganisme prin intermediul rețelei de distribuție constituite din cele două țevi găurite plasate orizontal la mijlocul

# RO 132554 B1

1 grămezii de sol și prin stropirea manuală a grămezii de sol pentru asigurarea unei umidități  
de 28-30% și a necesarului de substanțe nutritive și microorganismе în sol, în condițiile unui  
3 pH 7,5-8 și a creșterii numărului total de germeni de la  $151 \times 10^5$  UFC/gram sol la  $213 \times 10^7$   
UFC/gram sol.

5 Aplicarea procedurii de bioremediere *ex-situ* a solurilor poluate cu hidrocarburi cu  
respectarea condițiilor menționate mai sus permite obținerea următoarelor avantaje:

- 7 - asigurarea unei aerări uniforme a grămezii de sol;
- menținerea umidității și a concentrației în microorganismе a solului la valori optime  
9 pe durata procesului de tratare prin sistemul de control și sistemul de introducere a apei și  
a soluției cu substanțe nutritive și microorganismе;
- 11 - creșterea randamentului de depoluare și reducerea duratei procesului de tratare;
- este un procedeu cu impact redus asupra mediului, necesită costuri reduse și este  
13 adecvat pentru tratarea cantităților mari de sol.

15 Procedul de bioremediere *ex-situ* a solurilor poluate cu hidrocarburi elimină  
dificultățile procesului de bioremediere prin aceea că, tratarea solurilor se face după cum  
urmează:

17 - solul poluat cu hidrocarburi petroliere, după sortare și omogenizare este amestecat  
cu substanțe nutritive și microorganismе aparținând genurilor *Pseudomonas* și *Bacillus* și  
19 apoi este dispus sub forma unei grămezi pe o suprafață impermeabilă, la baza grămezii fiind  
un strat drenant din pietriș care favorizează procesul de aerare;

21 - condițiile aerobe de tratare sunt asigurate prin intermediul unui sistem de aerare  
constituit din suflantă și rețeaua de distribuție a aerului;

23 - menținerea umidității și a concentrației în microorganismе a solului la valori optime  
se face prin adăugarea periodică, o dată la două săptămâni, a cantității necesare de apă,  
25 precum și a soluției cu substanțe nutritive și microorganismе prin intermediul unui rezervor,  
pompa, rețeaua de distribuție având o parte comună cu cea de distribuție a aerului; tempera-  
27 tura solului este constantă, tratarea având loc într-o hală încălzită;

- controlul concentrației în hidrocarburi, a numărului total de germeni de microorga-  
29 nismе și a umidității solului se efectuează prin analize ale probelor de sol prelevate cu  
regularitate după o schemă prestabilită.

31 Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1...4, care  
reprezintă:

- 33 - fig. 1, vedere principală;
- fig. 2, secțiunea A-A;
- 35 - fig. 3, vedere de sus;
- fig. 4, schema de prelevare a probelor de sol.

37 Procedul de bioremediere a solului poluat are loc prin acțiunea combinată a sis-  
temului de aerare și a sistemului de introducere a soluției cu substanțe nutritive și microorga-  
39 nismе (fig. 1...3), iar controlul parametrilor se face prin analiza probelor prelevate după o  
schemă prestabilită (fig. 4).

41 Solul poluat **4** este dispus sub forma unei grămezi pe o suprafață impermeabilă  
constituită din platforma betonată **1** și folia din plastic **2**, la baza grămezii fiind un strat dre-  
43 nant din pietriș **3**. Sistemul de aerare este constituit dintr-o suflantă **5** și rețeaua de distribuție  
a aerului (**6**, **8**). Rețeaua de distribuție a aerului este prevăzută cu cinci țevi găurite **8**, trei  
45 sunt plasate orizontal în stratul de pietriș de la baza grămezii iar două la mijlocul grămezii  
în scopul asigurării unei aerări uniforme a solului.

# RO 132554 B1

Sistemul de introducere a apei și a soluției cu substanțe nutritive și microorganisme este format dintr-un rezervor <b>9</b> , pompa cu hidrofor <b>10</b> și furtunurile gofrate de absorbție și refulare <b>11</b> . Furtunul de refulare este racordat la rețeaua de distribuție, constituită din cele două țevi găurite plasate orizontal la mijlocul grămezii-utilizate și la distribuția a aerului, înainte de pornirea sistemului, se acționează manual asupra celor trei robinete <b>7</b> pentru a obtura pătrunderea apei și a soluției cu substanțe nutritive și microorganisme în stratul de pietriș al grămezii. Pentru asigurarea unei umidități optime și a necesarului de substanțe nutritive în toată masa de sol, o cantitate determinată de apă și soluție cu substanțe nutritive și microorganisme se adaugă prin stropirea manuală a grămezii de sol.	1 3 5 7 9
Prelevarea probelor de sol se face pe baza schemei de prelevare. Cele nouă puncte de prelevare sunt alese în mod judicios, stabilindu-se trei planuri de prelevare a probelor din grămada de sol (I-I, II-II, III-III), probele <b>1<sup>I</sup></b> , <b>1<sup>II</sup></b> , <b>1<sup>III</sup></b> și <b>2<sup>I</sup></b> , <b>2<sup>II</sup></b> , <b>2<sup>III</sup></b> fiind prelevate de la adâncimea de 15 cm iar probele <b>3<sup>I</sup></b> , <b>3<sup>II</sup></b> , <b>3<sup>III</sup></b> de la adâncimea de 35 cm. Prelevarea probelor pentru determinarea concentrației în hidrocarburi și a numărului total de germeni de microorganisme se face odată la două săptămâni iar pentru determinarea umidității săptămânal.	11 13 15
Prin utilizarea acestui procedeu în cazul tratării în condiții optime a unei cantități de 4000 kg sol lutos contaminat cu hidrocarburi petroliere cu o concentrație inițială de 4280 mg/kg: cu utilizarea de microorganisme aparținând genurilor <i>Pseudomonas</i> și <i>Bacillus</i> și o creștere a numărului total de germeni (unități formatoare colonii - UFC) de la $151 \times 10^5$ la $213 \times 10^7$ UFC/gram de sol; pH 7,5-8; temperatura 24-26°C; menținerea unei umidități între 28-30%; aerare 5 zile/săptămână, 8 h/zi cu un debit de 50 m/min, după 12 săptămâni de tratare randamentul de depoluare atins este de 83%.	17 19 21

# RO 132554 B1

## Revendicări

1

3 1. Sistem de bioremediere *ex-situ* a solurilor poluate cu hidrocarburi utilizând  
5 microorganismele *Pseudomonas* și *Bacillus*, **caracterizat prin aceea că**, are în componență  
7 o platformă betonată (1) acoperită cu o folie din plastic (2) pe care este depus un strat dre-  
9 nant de pietriș (3) și solul poluat (4), un sistem de aerare constituit dintr-o suflantă (5) și o  
rețea de distribuție a aerului (6, 7, 8) prevăzută cu cinci țevi găurite din PVC, trei fiind plasate  
orizental în stratul de pietriș de la baza grămezii, iar două la mijlocul grămezii și un sistem  
de introducere a apei și a unei soluții cu substanțe nutritive și microorganismele format dintr-un  
rezervor (9), o pompă cu hidrofor (10) și furtunuri gofrate de absorbție și refulare (11).

11 2. Procedeu de bioremediere *ex-situ* a solurilor poluate cu hidrocarburi utilizând  
microorganismele *Pseudomonas* și *Bacillus*, **caracterizat prin aceea că**:

13 - se sortează un sol poluat conținând hidrocarburi petroliere, se omogenizează, iar  
15 apoi se amestecă cu substanțe nutritive și microorganismele aparținând genurilor  
*Pseudomonas* și *Bacillus* și se dispune sub forma unei grămezi (4) pe o suprafață  
17 impermeabilă constituită dintr-o platformă betonată (1) acoperită cu o folie de plastic (2), la  
baza grămezii de sol (4) fiind dispus un strat drenant de pietriș (3), într-o hală încălzită care  
permite menținerea unei temperaturi de 24-26°C în grămada de sol (4);

19 - se aerează grămada de sol (4) 5 zile/săptămână, 8 h/zi cu un debit de 50 m<sup>3</sup>/min,  
21 timp de 12 săptămâni, cu ajutorul unui sistem de aerare alcătuit dintr-o suflantă (5) și o rețea  
de distribuție a aerului (6, 7, 8) constituită din cinci țevi găurite, dintre care trei țevi sunt  
23 plasate orizental în stratul de pietriș, iar două țevi sunt plasate orizental la mijlocul grămezii  
de sol;

- ulterior acționării manuale a trei robinete care obturează pătrunderea apei și a unei  
25 soluții cu substanțe nutritive și microorganismele în stratul de pietriș, se adaugă o dată la două  
săptămâni o cantitate determinată de apă și de soluție cu substanțe nutritive și microorga-  
27 nismele în grămada de sol prin intermediul unui rezervor (9), o pompă cu hidrofor (10), a unor  
furtunuri gofrate de absorbție și refulare (11) și a unei rețele de distribuție constituite din cele  
29 două țevi găurite plasate orizental la mijlocul grămezii de sol, utilizate și la distribuția aerului,  
un furtun de refulare fiind racordat la cele două țevi găurite menționate;

31 - se controlează o dată la 2 săptămâni concentrația în hidrocarburi, numărul total de  
germeni de microorganismele și umiditatea din sol prin analize de laborator ale unor probe de  
33 sol prelevate din trei planuri de prelevare din grămada de sol (I-I), (II-II), (III-III), probele (1'),  
(1''), (1''') și (2'), (2''), (2''') fiind prelevate de la adâncimea de 15 cm, iar probele (3'), (3''),  
35 (3'''), de la adâncimea de 35 cm, iar în funcție de valorile obținute se adaugă o dată la două  
săptămâni o cantitate determinată de apă și soluție cu substanțe nutritive și microorganismele  
37 prin intermediul rețelei de distribuție constituite din cele două țevi găurite plasate orizental  
la mijlocul grămezii de sol și prin stropirea manuală a grămezii de sol pentru asigurarea unei  
39 umidități de 28-30% și a necesarului de substanțe nutritive și microorganismele în sol, în  
condițiile unui pH 7,5-8 și a creșterii numărului total de germeni de la 151 x 10<sup>5</sup> UFC/gram  
41 sol la 213 x 10<sup>7</sup> UFC/gram sol.



Fig. 1



Fig. 2

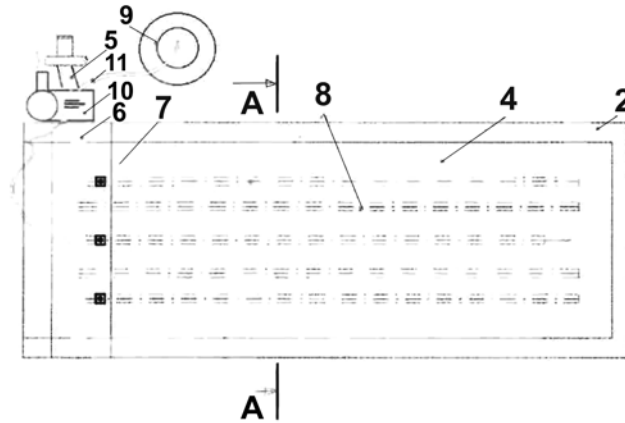


Fig. 3

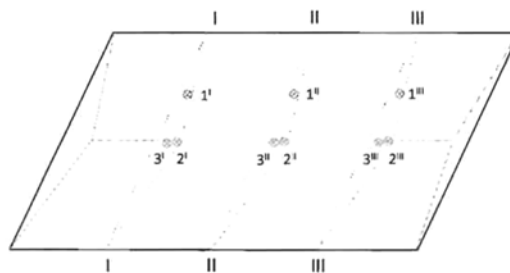


Fig. 4

