



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2006 00949**

(22) Data de depozit: **07.06.2005**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.08.2013** BOPI nr. **8/2013**

(30) Prioritate:
07.06.2004 US 60/577,779

(41) Data publicării cererii:
28.09.2007 BOPI nr. **9/2007**

(86) Cerere internațională PCT:
Nr. **CA 2005/000883 07.06.2005**

(87) Publicare internațională:
Nr. **WO 2005/121504 22.12.2005**

(73) Titular:
• **ARCHON TECHNOLOGIES LTD.,**
SUITE 2600, 240-4TH AVENUE S.W.,
CALGARY, ALBERTA, CA

(72) Inventatori:
• **AYASSE CONRAD, 39 LYNX LANE,**
CALGARY, ALBERTA, CA

(74) Mandatar:
CABINET M.OPROIU - CONSILIERE ÎN
PROPRIETATE INTELECTUALĂ S.R.L.,
STR.POPA SAVU NR.42, PARTER,
SECTOR 1, BUCUREȘTI

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 5626191 A; US 4598772 A

(54) **PROCEDEU ÎMBUNĂȚIT DE COMBUSTIE *IN SITU* PE
CÂMPURILE PETROLIERE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de recuperare a petrolului din formațiuni petroliere subterane, printr-un proces de combustie *in situ*. Procedeu conform invenției presupune cel puțin o sondă de injecție, pentru injecția de gaz oxidant în formațiunea subterană, și o sondă de extracție, având o talpă orizontală și o sondă de extracție verticală, legată la aceasta, în care talpa orizontală se prelungeste spre sonda de injecție, talpa orizontală având o parte de spate în vecinătatea legăturii acesteia cu sonda de extracție, și o parte de vârf la capătul opus al piciorului orizontal, în

apropierea sondei de injecție, și se caracterizează prin:
i. plasarea unei țevi de extracție în interiorul sondei de extracție prin care se injectează abur sau apă, astfel că aburul/apa este transportată în partea de vârf,
ii. injectarea de abur/apă în sonda de injecție, pe lângă gazul oxidant, sau
iii. realizarea ambelor etape i. și ii.

Revendicări: 22
Figuri: 2



RO 123558 B1

1 Invenția se referă la un procedeu de combustie *in situ*, pentru extracția hidrocarburilor
lichide dintr-un rezervor subteran, în timpul avansării unui front de combustie în acest
3 rezervor.

5 Se cunosc, din brevetele **US 5626191** și **6412557**, procedee de combustie *in situ*,
pentru producerea țițeiului într-un rezervor subteran (100), utilizând o sondă de injecție (102)
amplasată destul de sus într-un rezervor de țiței (100) și o sondă de extracție (103-106) care
7 se termină destul de jos în rezervor (100). Sonda de extracție are un suport orizontal (107)
orientat în general perpendicular pe un front vertical de combustie, în general, liniar, și care
9 se extinde lateral, ce se propagă din sonda de injecție (102). Suportul (107) este poziționat
în parcursul frontului de combustie care avansează. Aerul sau un alt gaz oxidant, cum ar fi
11 aerul îmbogățit cu oxigen, este injectat prin sondele (102), care pot fi sonde verticale, orizon-
tale sau o combinație a unor astfel de sonde. Procedeu brevetului american **US 5626191**
13 este denumit "THAI™", un acronim pentru "toe-to-heel air injection" (injecție de la vârf la
spate a aerului), iar procedeu conform brevetului **US 6412557** se numește "Capri™", mărcile
15 aparținând ARCHON TECHNOLOGIES LTD., o subsidiară a Petrobank Energy and
Resources Ltd., Calgary, Alberta, Canada.

17 Este necesară siguranța procedeeleor THAI™ și Capri™, cu privire la pătrunderea
oxigenului în sonda orizontală de extracție, care poate determina arderea țițeiului în sondă
19 și temperaturile extrem de ridicate, care ar putea distruge sonda. O asemenea răbufnire de
oxigen nu va avea loc dacă debitul de injecție este menținut la nivel scăzut, totuși, debite
21 ridicate de injecție sunt foarte dezirabile, pentru a menține debitele ridicate ale sondei de țiței
și un flux ridicat de oxigen la frontul de combustie. Un flux ridicat de oxigen este cunoscut,
23 pentru a menține combustia într-un regim de oxidare la temperatură ridicată (high-tem-
perature oxidation HTO), atingând temperaturi mai mari de 350°C, și combustia efectivă a
25 combustibilului la dioxid de carbon. La un flux scăzut al oxigenului, se produce oxidarea la
temperatură scăzută (low-temperature oxidation LTO), și temperaturile nu depășesc 350°C.
27 În regimul LTO, oxigenul devine încorporat în moleculele organice, formând compuși polari
care stabilizează dăunătoarele emulsii apă-țiței și accelerează coroziunea datorată formării
29 acizilor carboxilici. În concluzie, utilizarea vitezelor de injecție a oxidantului relativ scăzute
nu este o metodă acceptabilă, pentru a împiedica combustia în gaura orizontală de sondă.

31 Procedeele THAI™ și Capri™ depind de două forțe, pentru a deplasa țițeiul, apa și
gazele de combustie în gaura orizontală de sondă, pentru transportul la suprafață. Acestea
33 sunt deplasarea gravitațională și presiunea. Lichidele, în principal, țițeiul, se scurg în gaura
de sondă, sub acțiunea gravității, deoarece gaura de sondă este amplasată într-o zonă mai
35 joasă a rezervorului. Atât lichidele, cât și gazele, se deplasează descendent în gaura orizon-
tală de sondă sub gradientul de presiune care se stabilește între rezervor și gaura de sondă.

37 În timpul fazei de preîncălzire a rezervorului sau a procedurii de începere, aburul este
circulat în sonda orizontală printr-un tub care se extinde către vârful sondei. Aburul curge
39 înapoi la suprafață prin spațiul circular al coloanei. Această procedură este imperativă în
rezervoarele de bitum, deoarece țițeiul rece care poate intra în sondă va fi foarte vâscos și
41 va curge greu, posibil obturând gaura de sondă. Aburul este de asemenea circulat prin
sonda de injecție și este de asemenea injectat în rezervor în zona dintre sondele de injecție
43 și vârful sondelor orizontale, pentru a încălzi țițeiul și a îi crește mobilitatea, înainte de a iniția
injecția gazului oxidant în rezervor.

45 Brevetele mai sus menționate arată că, în cazul injecției continue a gazului de
oxidare, se dezvoltă un front de combustie cvasi-vertical, care se deplasează lateral în
47 direcția dinspre vârful sondei orizontale către spate. Astfel, sunt dezvoltate două regiuni ale
rezervorului, în raport cu poziția zonei de combustie. Către direcția vârfului, se găsește zona

RO 123558 B1

sărăcită de țiței, care este umplută efectiv cu gaz oxidant, iar pe cealaltă parte, se găsește zona rezervorului conținând țiței rece sau bitum. La viteze mai ridicate ale injecției oxidante, presiunea în rezervor crește și viteza de depunere a combustibilului poate fi crescută, astfel că gazele conținând oxigen rezidual pot fi forțate în gaura orizontală a sondei în zona sărăcită de țiței. Consecința faptului că există țiței și oxigen împreună, într-o gaură de sondă, este combustia și posibilitatea unei explozii, cu atingerea unor temperaturi înalte, poate mai înalte de 1000°C. Aceasta poate determina deteriorarea ireparabilă a găurii de sondă, inclusiv, defectarea sitelor de reținere a nisipului. Prezența oxigenului și temperaturile de peste 425°C ale găurii de sondă trebuie evitate, pentru funcționarea sigură și continuă a operației de extracție a țițeiului.	1
Câteva metode pentru împiedicarea pătrunderii oxigenului în gaura sondei de extracție se bazează pe reducerea presiunii diferențiale dintre rezervor și gaura orizontală de sondă. Acestea sunt:	3
1. reducerea vitezei de injecție a gazului oxidant, pentru a reduce presiunea în rezervor, și	5
2. reducerea vitezei de scădere a nivelului fluidului, pentru a crește presiunea în gaura de sondă.	7
Ambele metode duc la reducerea nivelului țițeiului, care este în dezavantaj din punct de vedere economic. Gândind convențional, s-ar putea afirma că injecția fluidului direct în gaura de sondă ar duce la creșterea presiunii în gaura de sondă, însă ar fi foarte dezavantajate debitele sondei.	9
Problema tehnică pe care și-a propus să o rezolve invenția urmărește creșterea debitului de injecție a gazului oxidant, cu evitarea pătrunderii oxigenului în gaura orizontală a sondei.	11
În consecință, pentru a elimina dezavantajele din stadiul tehnicii, prezenta invenție cuprinzând următoarele etape:	13
a) furnizarea unei sonde de injecție pentru injecția unui gaz oxidant în porțiunea superioară a rezervorului subteran;	15
b) furnizarea unei sonde de extracție având un suport substanțial orizontal și o sondă efectiv verticală de extracție conectată la acesta, suportul orizontal având o porțiune de spate în vecinătatea conectării sale cu sonda de extracție verticală și o porțiune de vârf la capătul opus al suportului orizontal;	17
c) injectarea unui gaz oxidant prin sonda de injecție, pentru a realiza combustia <i>in situ</i> , astfel încât gazele de combustie sunt produse, încât să determine avansarea progresivă lateral, ca un front, a gazelor de combustie, într-o direcție și de-a lungul suportului orizontal, iar fluidele se scurg în suportul orizontal; cuprinde, în plus, etapele adiționale:	19
d) furnizarea unui tub de extracție în interiorul sondei de extracție în suportul vertical menționat și cel puțin o porțiune a respectivului suport orizontal, în scopul injecției aburului, apei sau gazului neoxidant în porțiunea suportului orizontal, menționat, al sondei de extracție, din apropierea unui front de combustie format la o distanță orizontală de-a lungul suportului orizontal, menționat, al sondei de extracție menționată;	21
e) injectarea unui agent selectat din grupul de agenți cuprinzând abur, apă sau gaz neoxidant, în tubul de extracție menționat, astfel ca agentul respectiv să fie deplasat în porțiunea suportului orizontal, menționat, prin respectivul tub de extracție;	23
f) presurizarea porțiunii de suport orizontal cu agentul menționat la o presiune suficientă pentru a reduce sau a preveni pătrunderea gazului oxidant menționat în suportul orizontal menționat; și	25
g) recuperarea hidrocarburilor în suportul orizontal al sondei de extracție din sonda de extracție menționată.	27

RO 123558 B1

1 Într-o altă formă de realizare, procedeul de combustie *in situ*, pentru extracția hidro-
2 carburilor lichide dintr-un rezervor subteran, conform invenției, cuprinde, în plus, etapele de:

3 d) adaptarea sondei de injecție menționată, pentru injectarea aburului, gazului
4 neoxidant sau a apei, care este încălzită ulterior la abur, într-o parte inferioară a rezervorului
5 subteran;

6 e) injecția unui agent, în care agentul respectiv este selectat din grupul de agenți
7 cuprinzând abur, apă sau un gaz neoxidant, în sonda de injecție menționată și în partea
8 inferioară a rezervorului subteran, și astfel în jos, în rezervorul subteran, în zona suportului
9 orizontal menționat, în timpul avansării frontului de combustie menționat, de-a lungul suport-
10 ului orizontal, astfel permițând pătrunderea agentului menționat în suportul orizontal.

11 Într-o altă formă de realizare, procedeul de combustie *in situ*, pentru extracția hidro-
12 carburilor lichide dintr-un rezervor subteran, conform invenției, cuprinde, în plus, etapele de:

13 d) furnizarea unei a doua sonde de injecție pentru injectarea aburului, gazului
14 neoxidant sau a apei, care este ulterior încălzită la abur, într-o parte inferioară a unui
15 rezervor subteran;

16 e) injectarea unui agent, în care acest agent este selectat din grupul de agenți
17 cuprinzând abur, apă sau gaz neoxidant, în partea inferioară a rezervorului subteran mențio-
18 nat, prin injectare într-o a doua sondă de injecție, în timpul avansării acestui front de com-
19 bustie de-a lungul suportului orizontal, și astfel injectând agentul menționat jos, în rezervorul
20 subteran, în zona suportului orizontal, astfel permițând pătrunderea agentului în suportul
21 orizontal.

22 Într-o altă formă de realizare, procedeul de combustie *in situ*, pentru extracția hidro-
23 carburilor lichide dintr-un rezervor subteran, conform invenției, cuprinde, în plus, etapele de:

24 d) adaptarea sondei de injecție menționată, pentru injectarea, de asemenea, a
25 aburului, gazului neoxidant sau a apei, care este ulterior încălzită la abur, în partea inferioară
26 a rezervorului subteran menționat;

27 e) asigurarea unui tub de extracție în interiorul sondei de extracție, în suportul vertical
28 menționat și cel puțin o porțiune a suportului orizontal menționat, în scopul injectării aburului,
29 apei sau a gazului neoxidant în suportul orizontal menționat, al sondei de extracție menționată;

30 f) injectarea unui agent, în care acest agent este selectat din grupul de agenți
31 cuprinzând abur, apă sau un gaz neoxidant, într-o porțiune inferioară a sondei de injecție
32 menționată și în tubul de extracție menționat;

33 g) agentului în suportul orizontal.

34 Într-o altă formă de realizare, procedeul de combustie *in situ*, pentru extracția hidro-
35 carburilor lichide dintr-un rezervor subteran, conform invenției, cuprinde, în plus, etapele de:

36 d) furnizarea unui tub de extracție în interiorul sondei de extracție în suportul vertical
37 și cel puțin o porțiune a suportului orizontal menționat în scopul injectării aburului, apei sau
38 a gazului neoxidant în porțiunea suportului orizontal menționat al sondei de extracție
39 menționate;

40 e) furnizarea unei a doua sonde de injecție pentru injectarea aburului, gazului
41 neoxidant sau a apei, care este ulterior încălzită la abur, într-o parte inferioară a rezervorului
42 subteran;

43 f) injectarea unui agent, unde acest agent este selectat dintr-un grup de agenți
44 cuprinzând abur, apă sau un gaz neoxidant, în a doua sondă de injecție menționată și în
45 tubul de extracție menționat.

46 Dacă agentul este abur, acesta este injectat în rezervor/zăcământ fie prin oricare sau
47 ambele dintre sonda de injecție sau sonda de extracție prin tubul de extracție, în această
situație, în mod tipic la o presiune de 7000 KpA.

RO 123558 B1

Alternativ, atunci când agentul injectat este apă, un asemenea procedeu are ca scop ca apa care se încălzește la momentul alimentării la rezervor să devină abur. Apa, când ajunge la zăcământ, fie prin oricare sau ambele dintre sonda de extracție și/sau tubul de extracție din sonda de extracție, poate fi încălzită la abur în timpul acestei treceri sau imediat după părăsirea sondei de injecție și/sau tubului de extracție din sonda de extracție și intrarea sa în zăcământ.

Procedeul conform invenției prezintă ca avantaje îmbunătățirea siguranței și productivității extracției hidrocarburilor dintr-un rezervor subteran.

Se dau, în continuare, exemple de realizare a invenției, în legătură și cu fig. 1 și 2, care reprezintă:

- fig. 1 este o schemă a procedurii de combustie *in situ* THAI™, cu indexarea după cum urmează:

- reperul A reprezintă nivelul superior al unui rezervor de țiței greu sau bitum, iar B reprezintă nivelul inferior al unui astfel de rezervor/zăcământ;

- C reprezintă sonda verticală, cu D indicând punctul general de injecție a unui gaz oxidant, cum ar fi aerul;

- E reprezintă o amplasare generală, pentru injecția aburului sau gazului neoxidant în rezervor. Aceasta face parte din prezenta invenție;

F reprezintă o coloană de sondă orizontală, parțial perforată. Fluidele intră în coloană și sunt de obicei transportate direct la suprafață, prin ridicarea gazului natural printr-un alt tub de extracție, amplasat la spatele sondei orizontale (nereprezentat);

- G reprezintă un tub de extracție, amplasat în interiorul suportului orizontal. Capătul deschis al tubului de extracție poate fi amplasat în apropierea capătului coloanei, așa cum este reprezentat, sau oriunde în altă parte. Tubul de extracție poate fi „tub spiralat”, care poate fi cu ușurință reamplasat în interiorul coloanei. Acesta face parte din prezenta invenție.

Elementele E și G fac parte din prezenta invenție, și aburul sau gazul neoxidant pot fi injectate la E și/sau la G. E poate face parte dintr-o sondă separată sau poate face parte din aceeași sondă utilizată pentru injecția gazelor oxidante. Aceste sonde de injecție pot fi sonde verticale, oblice sau orizontale sau altfel și fiecare poate servi diverse sonde orizontale.

De exemplu, utilizând un sistem de suporturi orizontale, paralele, așa cum au fost descrise în brevetele americane **US 5626191** și **US 6412557**, aburul, apa sau gazul neoxidant pot fi injectate în orice poziție între suporturile orizontale, în vecinătatea vârfurilor suporturilor orizontale.

Fig. 2 este o diagramă schematică a rezervorului Model. Schema nu este la scară. Este reprezentat numai un „element de simetrie”. Distanța întreaga dintre suporturile orizontale este 50 m, însă numai jumătatea de rezervor necesită a fi definită în programul de calculator STARS™. Aceasta economisește timpul de calcul. Dimensiunile totale ale Elementului de Simetrie sunt: lungimea A-E este de 250 m; lățimea A-F este de 25 m; înălțimea F-G este de 20 m.

Pozițiile sondelor sunt după cum urmează:

Sonda de injecție a gazului oxidant J este amplasată la B în prima rețea de bloc, la 50 m (A-B) de la colțul A. Vârful sondei orizontale K este în prima rețea a blocului între A și F, și are o decalare de 15 m (B-C) pe lungimea rezervorului de la sonda injectoare J. Spatele sondei orizontale K este în D și este la 50 m de colțul rezervorului, E. Segmentul orizontal al sondei orizontale K este de 135 m (C-D) în lungime și este amplasat la 2,5 m deasupra bazei rezervorului (A-E) în a treia rețea de bloc.

Sonda injectoare J este perforată în două (2) locuri. Perforațiile din H sunt puncte de injecție pentru gazul oxidant, în timp ce perforațiile din I sunt puncte de injecție pentru abur sau gaz neoxidant. Suportul orizontal (C-D) este perforat 50% și conține tubul de extracție deschis în apropierea vârfului (ne-reprezentat, vezi fig. 1).

RO 123558 B1

1 Funcționarea procedurii THAI™ a fost descrisă în brevetele **US 5626191** și **US**
2 **6412557**, și va fi descrisă pe scurt. Gazul oxidant, de obicei aerul, oxigenul sau aerul
3 îmbogățit cu oxigen, este injectat în partea superioară a rezervorului. Cocsul de petrol, aflat
4 inițial în partea inferioară, consumă oxigenul, astfel încât numai gazele libere de oxigen intră
5 în contact cu țițeiul din fața zonei cocsului de petrol. Temperaturile gazelor de combustie
6 sunt de obicei de 600°C și temperaturi de 1000°C, și sunt realizate prin oxidarea la
7 temperatură ridicată a combustibilului cocsului de petrol. În Zona Mobilă a Țițeiului (MOZ -
8 Mobile Oil Zone), aceste gaze fierbinți și abur încălzesc țițeiul la peste 400°C, ducând la
9 cracarea parțială a țițeiului, vaporizând unele componente și diminuând mult vâscozitatea
10 țițeiului. Cele mai grele componente ale țițeiului, cum ar fi asfaltenele, rămân pe rocă și vor
11 constitui cocsul de petrol combustibil de mai târziu, când frontul de ardere ajunge în acel loc.
12 În MOZ, gazele și țițeiul se scurg în jos în sonda orizontală, prin gravitație și prin adâncirea
13 sondei la presiune scăzută. Cocsul de petrol și zonele MOZ se deplasează lateral în direcția
14 dinspre vârf către spatele sondei orizontale. Secțiunea din spatele frontului de combustie
15 este marcată Regiunea de Ardere. Înaintea MOZ este țiței rece.

16 Cu avansarea frontului de combustie, Zona de Ardere a rezervorului este sărăcită de
17 lichide (țiței sau apă) și este umplută cu gaz de oxidare. Secțiunea sondei de extracție
18 orizontală, opusă acestei Zone de Ardere, este în pericol de a primi oxigen, care va arde
19 țițeiul prezent în interiorul sondei și creează temperaturi foarte ridicate în gaura de sondă,
20 care ar putea deteriora coloanele de tubaj din oțel și, mai ales, sitele pentru nisip, care sunt
21 utilizate pentru a permite intrarea fluidelor, însă exclud nisipul. Dacă sitele de nisip cedează,
22 nisipul neconsolidat din rezervor va pătrunde în gaura de sondă și va fi necesară închiderea
23 sondei pentru curățarea și remedierea cu dopuri de ciment. Această operație este foarte
24 dificilă și periculoasă, deoarece puțul de forare poate conține concentrații explozive de țiței
25 și oxigen.

26 Pentru a cuantifica efectul injecției fluidului în gaura orizontală de sondă, a fost
27 realizat un număr de simulări numerice computerizate ale procedurii. Aburul a fost injectat
28 la diverse debite în gaura orizontală de sondă prin două metode: 1) printr-un tub de extracție
29 amplasat în interiorul sondei orizontale, și 2) printr-o sondă separată care se extinde în
30 apropierea bazei rezervorului în vecinătatea vârfului sondei orizontale. Ambele metode de
31 mai sus au redus tendința oxigenului de a intra în gaura de sondă, însă au oferit beneficii
32 surprinzătoare și neașteptate: factorul de extracție al țițeiului a crescut și a scăzut formarea
33 cocsului de petrol în gaura de sondă. În consecință, debitele mai ridicate ale injecției gazului
34 oxidant pot fi utilizate, în timp ce este menținută siguranța operării.

35 S-a descoperit că ambele metode de adăugare a aburului în rezervor au oferit
36 avantaje în ceea ce privește siguranța Procedurii THAI™, prin reducerea tendinței
37 oxigenului de a pătrunde în gaura orizontală de sondă. Sunt de asemenea permise valori mai
38 ridicate ale debitelor de injecție a gazului oxidant în rezervor, și extracție mai bună a țițeiului.

39 Simularea computerizată extensivă a Procedurii THAI™ a fost întreprinsă, pentru
40 a evalua consecințele reducerii presiunii în gaura orizontală de sondă prin injecția aburului
41 sau gazului neoxidant. Programul folosit a fost STARS™ Simulator de Combustie *in situ*,
42 oferit de către Computer Modelling Group, Calgary, Alberta, Canada.

43 Lista Parametrilor Tip

44 Simulator: STARS™ 2003.13, Computer Modelling Group Limited

47 *Dimensiuni tip:*

Lungime (L) 250 m, 100 rețele de blocuri

RO 123558 B1

Lățime (l) 25 m, 20 rețele de blocuri	1
Înălțime (h) 20 m, 20 rețele de blocuri	
Dimensiuni Rețele de Blocuri: 2,5 m x 2,5 m x 1,0 m (Llh).	3
<i>Sonda de Extracție orizontală:</i>	5
Un puț de extracție discontinuu cu secțiunea orizontală de 135 m care se extinde de la rețeaua de blocuri 26, 1, 3 la 80, 1, 3	7
Vârful este decalat cu 15 m față de injectorul vertical de aer.	9
<i>Sonda de Injecție verticală:</i>	
Puncte de injecție a gazului oxidant (aer): 20, 1, 1:4 (4 rețele de blocuri superioare)	11
Debite ale injecției gazului oxidant: 65.000 m ³ /d, 85.000 m ³ /d sau 100.000 m ³ /d	
Puncte de injecție a aburului: 20, 1, 19:20 (2 rețele de blocuri inferioare)	13
<i>Parametri rocă/fluid:</i>	15
Componente: apă, bitum, concentrat, metan, CO ₂ , CO/N ₂ , oxigen, cocs	
Heteromogenitate: Nisip omogen.	17
Permeabilitate: 6,7 D (h), 3,4 D (v)	
Porozitate: 33%	19
Saturații: Bitum 80%, apă 20%, fracția molară a gazului 0,114	
Vâscozitatea bitumului: 340.000 cP la 10°C.	21
Greutatea moleculară medie a bitumului: 550 AMU	
Vâscozitatea concentratului: 664 cP la 10°C	23
Greutatea moleculară medie a concentratului: 330 AMU	25
<i>Condiții Fizice:</i>	
Temperatura rezervorului: 20°C	27
Presiunea naturală a rezervorului: 2600 kPa	
Presiunea cavității inferioare: 4000 kPa	29
<i>Reacții:</i>	31
1. 1,0 Bitum → 0,42 Concentrat + 1,3375 CH ₄ + 20 Cocs	
2. 1,0 Bitum + 16 O ₂ ^{0,05} → 12,5 apă + 5,0 CH ₄ + 9,5 CO ₂ + 0,5 CO/N ₂ + 15 Cocs	33
3. 1,0 Cocs + 1,225 O ₂ → 0,5 apă + 0,95 CO ₂ + 0,05 CO/N ₂	35
Exemple	
Exemplul 1. Tabelul 1a prezintă simularea rezultatelor pentru un debit al aerului injectat de 65.000 m ³ /zi (temperatură și presiune standard) într-un injector vertical (E în Figura 1). Cazul aburului injectat nul la baza rezervorului în punctul I al puțului de extracție J nu este parte a prezentei invenții. La un debit al aerului de 65.000 m ³ /zi, nu există oxigen care să pătrundă în gaura orizontală de sondă chiar fără injecție de abur și temperatura maximă a găurii de sondă nu depășește niciodată referința de 425°C.	37
Totuși, așa cum se poate observa din datele de mai jos, injecția de abur ce debite scăzute la valori de 5 și 10 m ³ /zi (în echivalent apă) într-un punct de jos al rezervorului (E în fig. 1) oferă beneficii substanțiale prin factori mai ridicați de extracție a țigăiului, contrar așteptărilor intuitive. Dacă agentul injectat este aburul, datele de mai jos oferă volumul apei echivalente acestui abur, deoarece este dificilă determinarea în alt mod a volumului de abur furnizat întrucât acesta depinde de presiunea la care este supus aburul în zăcământ.	39
	41
	43
	45
	47

RO 123558 B1

1 Desigur, când apa este injectată în zăcământ, iar ulterior devine abur în timpul deplasării sale
către zăcământ, cantitatea de abur generată este pur și simplu apa echivalentă dată mai jos,
3 care în mod normal este de ordinul 1000x (depinzând de presiune) a volumului de apă
furnizat.

5
7 *Tabelul 1a*

7 *Debitul aerului 65.000 m³/zi - Aburul injectat la baza rezervorului*

Debitul aburului injectat m ³ /zi (echivalent apă)	Temperatură a maximă a sondei °C	Cocs de petrol maxim în gaura de sondă %	Oxigen maxim în gaura de sondă %	Factor de extracție a bitumului % OOIP	Debitul mediu al sondei de țitei m ³ /zi
*0	410	90	0	35,1	28,3
5	407	79	0	38,0	29,0
10	380	76	0	43,1	29,8

15 *Nu face parte din prezenta invenție

17 **Exemplul 2.** Tabelul 1b prezintă rezultatele injecției aburului în gaura orizontală de
sondă prin tubul de extracție interior, G, în apropierea vârfului în timp ce se injectează
19 simultan aer la 65.000 m³/zi (temperatură și presiune standard) în partea superioară a
rezervorului. Temperatura maximă în gaura de sondă scade direct proporțional cu cantitatea
21 de abur injectat și factorul de extracție a țiteiului este crescut în raport cu situația de bază,
în absența aburului injectat. În plus, procentul volumic maxim de cocs de petrol depozitat în
23 gaura de sondă scade cu creșterea cantităților de abur injectat. Acesta este benefic întrucât
coborârea presiunii în gaura de sondă va fi mai mică iar fluidele vor curge mai ușor la
25 aceeași coborâre a presiunii comparativ cu puțurile de extracție fără abur injectat la vârful
găurii orizontale de sondă.

27 *Tabelul 1b*

29 *Debitul aerului 65.000 m³/zi - Aburul injectat în tubul de extracție*

Debitul aburului injectat m ³ /zi (echivalent apă)	Temperatura maximă a sondei °C	Cocs de petrol maxim în gaura de sondă %	Oxigen maxim în gaura de sondă %	Factor de extracție a bitumului % OOIP	Debitul mediu al sondei de țitei m ³ /zi
*0	410	90	0	35,1	28,6
5	366	80	0	43,4	30,0
10	360	45	0	43,4	29,8

37 *Nu face parte din prezenta invenție

39 **Exemplul 3.** În acest exemplu, debitul aerului injectat a fost crescut la 85.000 m³/zi
(temperatură și presiune standard) și a avut ca rezultat pătrunderea oxigenului așa cum s-a
41 arătat în tabelul 2a. O concentrație de oxigen de 8,8% a fost indicată în gaura de sondă în
situația de bază în absența injecției de abur. Temperatura maximă atinsă în gaura de sondă
43 a fost de 1074°C iar cocsul a fost depozitat scăzându-se permeabilitatea găurii de sondă cu
97%. Funcționarea cu injecție simultană de abur la 12 m³/zi (echivalent apă) la baza
45 rezervorului prin sonda de injecție verticală C (vezi fig. 1) a oferit un rezultat excelent cu
absența pătrunderii de oxigen, cocs acceptabil și extracție bună a țiteiului.

Debitul aerului 85.000 m³/zi - Aburul injectat la baza rezervorului

Debitul aburului injectat m ³ /zi (echivalent apă)	Temperatura maximă a sondei °C	Cocs de petrol maxim în gaura de sondă %	Oxigen maxim în gaura de sondă %	Factor de extracție a bitumului % OOIP	Debitul mediu al sondei de țitei m ³ /zi
*0	1074	97	8,8		
5	518	80	0		
12	414	43	0	36,1	33,4

*Nu face parte din prezenta invenție

Exemplul 4. Tabelul 2b arată randamentul combustiei cu 85.000 m³/zi aer (temperatură și presiune standard) și injecție simultană de abur în gaura de sondă printr-un tub de extracție interior G (vezi fig. 1). Din nou abur 10 m³/zi (echivalent apă) a fost necesar pentru a preîntâmpina pătrunderea oxigenului și o temperatură maximă acceptabilă în gaura de sondă.

Tabelul 2b

Debitul aerului 85.000 m³/zi - Aburul injectat în tubul de extracție

Debitul aburului injectat m ³ /zi (echivalent apă)	Temperatura maximă a sondei °C	Cocs de petrol maxim în gaura de sondă %	Oxigen maxim în gaura de sondă %	Factor de extracție a bitumului % OOIP	Debitul mediu al sondei de țitei m ³ /zi
*0	1074	100	8,8		
5	500	96	1,8		
10	407	45	0	37,3	33,2

*Nu face parte din prezenta invenție

Exemplul 5. Pentru a testa în continuare efectele debitelor ridicate de injecție a aerului, câteva încercări au fost efectuate cu aer injectat de 100.000 m³/zi. Rezultatele din Tabelul 3a indică faptul că injecția simultană de abur la baza rezervorului (și anume în poziția B-E în sonda verticală de extracție C din fig. 1), a fost necesar un debit de abur de 20 m³/zi (echivalent apă) pentru a opri pătrunderea oxigenului în suportul orizontal, în contrast cu doar 10 m³/zi abur (echivalent apă) la un debit al aerului injectat de 85.000 m³/zi.

Tabelul 3a

Debitul aerului 100.000 m³/zi - Aburul injectat la baza rezervorului

Debitul aburului injectat m ³ /zi (echivalent apă)	Temperatura maximă a sondei °C	Cocs de petrol maxim în gaura de sondă %	Oxigen maxim în gaura de sondă %	Factor de extracție a bitumului % OOIP	Debitul mediu al sondei de țitei m ³ /zi
*0	1398	100	10,4		
5	1151	100	7,2		
10	1071	100	6,0		
20	425	78	0	34,5	35,6

*Nu face parte din prezenta invenție

RO 123558 B1

1 **Exemplul 6.** Tabelul 3b arată consecința injectției aburului în tubul de extracție al
sondei G (fig. 1), în timp ce se injectează 100.000 m³/zi de aer în rezervor. Identic cu injectția
3 aburului la baza rezervorului, a fost necesar un debit al aburului injectat de 20 m³/zi
(echivalent apă), pentru a preîntâmpina pătrunderea oxigenului în suportul orizontal.

5 *Tabelul 3b*

7 *Valoarea aerului 100.000 m³/zi - Aburul injectat în tubul de extracție*

Debitul aburului injectat m ³ /zi (echivalent apă)	Temperatura maximă a sondei °C	Cocs de petrol maxim în gaura de sondă %	Oxigen maxim în gaura de sondă %	Factor de extracție a bitumului % OOIP	Debitul mediu al sondei de țiței m ³ /zi
*0	1398	100	10,4		
5	997	100	6,0		
10	745	100	3,8		
20	425	38	0	33,9	35,6

15 *Nu face parte din prezenta invenție

17 **SUMAR:**

19 Pentru o cantitate fixă a injectției de abur, debitul mediu zilnic de extracție a țițeiului
a crescut cu debitul aerului injectat. Acesta nu este neașteptat, deoarece volumul de fluid
21 împins scade. Totuși, este surprinzător faptul că extracția de țiței totală scade cu creșterea
debitului de aer. Aceasta are loc în timpul perioadei de injectție a aerului (timpul pentru ca
23 frontul de combustie să atingă spatele sondei orizontale).

25 Cu toată dezvăluirea descrisă și ilustrată a exemplelor de realizare preferate ale
invenției, trebuie înțeles că invenția nu este limitată la aceste exemple particulare. Multe
27 variații și modificări vor putea avea loc pentru persoanele de specialitate în domeniu. Pentru
definirea invenției se prezintă revendicările anexate.

RO 123558 B1

Revendicări

	1
1. Procedeu de combustie <i>in situ</i> , pentru extracția hidrocarburilor lichide dintr-un rezervor subteran în timpul avansării unui front de combustie în acest rezervor, care previne sau reduce avansarea gazului de oxidare într-un suport orizontal al unei sonde de extracție, folosită în acest procedeu, cuprinzând etapele de:	3
a. furnizarea unei sonde de injecție pentru injecția unui gaz oxidant în porțiunea superioară a rezervorului subteran;	5
b. furnizarea unei sonde de extracție având un suport substanțial orizontal și o sondă efectiv verticală de extracție, conectată la acesta, suportul orizontal având o porțiune de spate în vecinătatea conectării sale cu sonda de extracție verticală și o porțiune de vârf la capătul opus al suportului orizontal;	7
c. injectarea unui gaz oxidant prin sonda de injecție, pentru a realiza combustia <i>in situ</i> , astfel încât gazele de combustie sunt produse încât să determine avansarea progresivă, lateral, ca un front, al gazelor de combustie, într-o direcție și de-a lungul suportului orizontal, iar fluidele se scurg în suportul orizontal; caracterizat prin aceea că acest procedeu cuprinde etapele adiționale:	9
d. furnizarea unui tub de extracție în interiorul sondei de extracție în suportul vertical menționat și cel puțin o porțiune a respectivului suport orizontal în scopul injecției aburului, apei sau a gazului neoxidant în porțiunea suportului orizontal menționat al sondei de extracție din apropierea unui front de combustie, format la o distanță orizontală, de-a lungul suportului orizontal, menționat, al sondei de extracție menționate;	11
e. injectarea unui agent selectat din grupul de agenți cuprinzând abur, apă sau gaz neoxidant, în tubul de extracție menționat astfel ca agentul respectiv să fie deplasat în porțiunea suportului orizontal menționat prin respectivul tub de extracție;	13
f. presurizarea porțiunii de suport orizontal cu agentul menționat la o presiune suficientă pentru a reduce sau a preveni pătrunderea gazului oxidant menționat în suportul orizontal menționat; și	15
g. recuperarea hidrocarburilor în suportul orizontal al sondei de extracție din sonda de extracție menționată.	17
2. Procedeu de combustie <i>in situ</i> , conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că agentul injectat menționat din etapa e) cuprinde abur sau apă, care este încălzită la abur după injecție, și agentul injectat menționat răcește, în apropierea suportului orizontal, locul în care frontul de combustie menționat s-a format la o distanță orizontală de-a lungul suportului orizontal menționat.	19
3. Procedeu de combustie <i>in situ</i> , conform revendicării 1 sau 2, caracterizat prin aceea că agentul menționat este apă și apa este încălzită în timpul alimentării în rezervor, pentru a se transforma în abur.	21
4. Procedeu de combustie <i>in situ</i> , conform revendicării 1, 2 sau 3, caracterizat prin aceea că sonda de injecție este o sondă verticală, oblică sau orizontală.	23
5. Procedeu de combustie <i>in situ</i> , conform oricăreia dintre revendicările precedente, caracterizat prin aceea că etapa menționată e) de injecție a agentului respectiv cuprinde în plus etapa de presurizare a suportului orizontal menționat, la o presiune suficientă, care să permită injecția agentului respectiv în rezervorul subteran.	25
6. Procedeu de combustie <i>in situ</i> , conform oricăreia dintre revendicările precedente, caracterizat prin aceea că agentul de injecție în etapa e) cuprinde un gaz neoxidant, gazul neoxidant menționat este injectat în tubul menționat, singur sau în combinație cu abur sau apă.	27

RO 123558 B1

1 7. Procedeu de combustie *in situ*, conform oricăreia dintre revendicările precedente,
2 **caracterizat prin aceea că** un capăt deschis al tubului este în vecinătatea vârfului secțiunii
3 de suport orizontal, astfel încât să permită furnizarea de abur sau gaz neoxidant la
4 respectivul vârf.

5 8. Procedeu de combustie *in situ*, conform oricăreia dintre revendicările precedente,
6 **caracterizat prin aceea că** tubul de extracție este parțial tras înapoi sau altfel re poziționat,
7 în scopul de a schimba punctul de injecție a aburului, apei sau a gazului neoxidant de-a
8 lungul suportului orizontal.

9 9. Procedeu de combustie *in situ*, conform oricăreia dintre revendicările precedente,
10 **caracterizat prin aceea că** agentul de injecție, cuprinzând abur, apă sau gazul ori gazele
11 neoxidante, este injectat continuu sau periodic.

12 10. Procedeu de combustie *in situ*, conform oricăreia dintre revendicările precedente,
13 **caracterizat prin aceea că** agentul de injecție de la etapa e) este apă și apa este ulterior
14 încălzită, pentru a se transforma în abur, și de asemenea asigurat la partea inferioară a
15 rezervorului printr- un capăt distal al sondei de injecție menționate.

16 11. Procedeu de combustie *in situ*, conform oricăreia dintre revendicările precedente,
17 **caracterizat prin aceea că** sonda de injecție este în plus adaptată la injecția gazului
18 oxidant într-o porțiune superioară a rezervorului și adaptată în plus pentru aburul de
19 injecție, un gaz neoxidant sau apă, care este ulterior încălzită la abur, într-o parte inferioară
20 a rezervorului subteran menționat, cuprinzând în plus etapele de injecție a gazului oxidant
21 menționat în partea superioară a rezervorului și injecția aburului menționat, gaz neoxidant
22 sau apă, nu numai în tubul de extracție, dar de asemenea în partea inferioară a rezervorului
23 subteran prin partea inferioară a sondei de injecție menționate.

24 12. Procedeu de combustie *in situ*, conform oricăreia dintre revendicările precedente,
25 **caracterizat prin aceea că** acest procedeu cuprinde în plus etapele:

26 (i) furnizarea unei a doua sonde de injecție, pentru injecția aburului, a gazului
27 neoxidant sau a apei, care este ulterior încălzită la abur, într-o parte inferioară a rezervorului
28 subteran menționat; și

29 (ii) injecția aburului, a gazului neoxidant sau apei într-o a doua sondă de injecție
30 menționată și în tubul de extracție menționat.

31 13. Procedeu de combustie *in situ*, pentru extracția hidrocarburilor lichide dintr-un
32 rezervor subteran, cuprinzând etapele de:

33 a. furnizarea unei sonde de injecție, pentru injecția unui gaz oxidant la partea
34 superioară a rezervorului subteran menționat;

35 b. furnizarea unei sonde de extracție, având un suport substanțial orizontal și o sondă
36 de extracție substanțial verticală, conectată la acesta, în care suportul orizontal având o
37 porțiune de spate în vecinătatea conectării sale cu sonda de extracție verticală și o porțiune
38 de vârf la capătul opus al suportului orizontal;

39 c. injecția unui gaz oxidant prin sonda de injecție pentru combustie *in situ*, astfel
40 că se produc gaze de combustie, în care gazele de combustie avansează progresiv lateral,
41 ca un front, substanțial perpendicular pe suportul orizontal, în direcția dinspre și de-a lungul
42 suportului orizontal menționat, iar fluidele se scurg în suportul orizontal;
43 cuprinzând în plus etapele de:

44 d. adaptarea sondei de injecție menționată pentru injecția aburului, gazului
45 neoxidant sau a apei, care este încălzită ulterior la abur, într-o parte inferioară a rezervorului
46 subteran;

47 e. injecția unui agent, în care agentul respectiv este selectat din grupul de agenți
48 cuprinzând abur, apă sau un gaz neoxidant, în sonda de injecție menționată și în partea
49 inferioară a rezervorului subteran și astfel în jos în rezervorul subteran în zona suportului

RO 123558 B1

orizontal menționat, în timpul avansării frontului de combustie menționat de-a lungul suportului orizontal, astfel permițând pătrunderea agentului menționat în suportul orizontal; și	1 3
f. recuperarea hidrocarburilor în suportul orizontal al sondei de extracție din sonda de extracție menționată.	5
14. Combustie <i>in situ</i> , conform revendicării 13, caracterizată prin aceea că agentul injectat menționat la etapa (e) este apă și apa este ulterior încălzită până devine abur, și asigurată la partea inferioară a rezervorului printr-un capăt distal al sondei de injecție menționate.	7 9
15. Procedeu de combustie <i>in situ</i> , pentru extracția hidrocarburilor lichide dintr-un rezervor subteran, cuprinzând etapele de:	11
a. furnizarea unei prime sonde de injecție pentru injectarea unui gaz oxidant într-o parte superioară a unui rezervor subteran;	13
b. furnizarea unei sonde de extracție, având un suport substanțial orizontal și o sondă de extracție substanțial verticală, conectată la acesta, suportul orizontal având o porțiune de spate în vecinătatea conectării sale cu sonda de extracție verticală și o porțiune de vârf la capătul opus al suportului orizontal;	15 17
c. injecția unui gaz oxidant prin sonda de injecție de oxidare, pentru combustia <i>in situ</i> , astfel că se produc gaze de combustie, în care gazele de combustie avansează progresiv lateral, ca un front, substanțial perpendicular pe suportul orizontal, într-o direcție a și de-a lungul suportului orizontal și fluidele se scurg în suportul orizontal; caracterizat prin aceea că asemenea procedeu cuprinde în plus etapele:	19 21
d. furnizarea unei a doua sonde de injecție pentru injectarea aburului, gazului neoxidant sau a apei, care este ulterior încălzită la abur, într-o parte inferioară a unui rezervor subteran;	23 25
e. injecția unui agent, în care acest agent este selectat din grupul de agenți cuprinzând abur, apă sau gaz neoxidant, în partea inferioară a rezervorului subteran menționat prin injecție într-o a doua sondă de injecție, în timpul avansării acestui front de combustie de-a lungul suportului orizontal și astfel injectând agentul menționat jos în rezervorul subteran în zona suportului orizontal, astfel permițând pătrunderea agentului în suportul orizontal; și	27 29 31
f. recuperarea hidrocarburilor în suportul orizontal al sondei de extracție din sonda de extracție menționată.	33
16. Procedeu de combustie <i>in situ</i> , conform revendicării 15, caracterizat prin aceea că agentul menționat din etapa (d) este apă, iar apa respectivă este ulterior încălzită, pentru a deveni abur, și este alimentat la partea inferioară menționată a zăcămintului printr-un capăt distal al sondei secundare de injecție menționate.	35 37
17. Metodă de extracție a hidrocarburilor lichide dintr-un rezervor subteran, cuprinzând etapele de:	39
a. furnizarea unei sonde de injecție adaptată pentru injectarea unui gaz oxidant într-o parte superioară a rezervorului subteran menționat;	41
b. furnizarea unei sonde de extracție, având un suport substanțial orizontal și o sondă de extracție substanțial verticală, conectată la acesta, suportul orizontal având o porțiune de spate în vecinătatea conectării sale cu sonda de extracție verticală și o porțiune de vârf la capătul opus al suportului orizontal;	43 45
în care porțiunea de vârf este mai aproape de sonda de injecție decât porțiunea de spate;	
c. injecția unui gaz oxidant prin sonda de injecție pentru combustia <i>in situ</i> , astfel că se produc gaze de combustie, în care gazele de combustie avansează progresiv lateral,	47

RO 123558 B1

1 ca un front, substanțial perpendicular pe suportul orizontal, în direcția spre porțiunea din
spate și de-a lungul suportului orizontal și fluidele se scurg în suportul orizontal; **caracterizat**
3 **prin aceea că** această metodă cuprinde în plus etapele:

5 d. adaptarea sondei de injecție menționate pentru injectarea de asemenea a aburului,
gazului neoxidant sau a apei, care este ulterior încălzită la abur, în partea inferioară a rezervo-
rului subteran menționat;

7 e. furnizarea unui tub de extracție în interiorul sondei de extracție în suportul vertical
menționat și cel puțin o porțiune a suportului orizontal menționat, în scopul injectării aburului,
9 apei sau gazului neoxidant în suportul orizontal menționat al sondei de extracție menționate;

11 f. injectarea unui agent, în care acest agent este selectat din grupul de agenți
cuprinzând abur, apă sau un gaz neoxidant, într-o porțiune inferioară a sondei de injecție
menționată și în tubul de extracție menționat; și

13 g. recuperarea hidrocarburilor în suportul orizontal al sondei de extracție din sonda
de extracție menționată.

15 18. Metodă conform revendicării 17, **caracterizată prin aceea că** agentul injectat
menționat este apă, și apa respectivă este încălzită la momentul alimentării sale la rezervor,
17 pentru a deveni abur, și furnizată la partea inferioară menționată a rezervorului printr-un
capăt distal al sondei de injecție menționate.

19 19. Metodă conform revendicării 17, **caracterizată prin aceea că** sonda de injecție
este o sondă verticală, oblică sau orizontală.

21 20. Metodă pentru extracția hidrocarburilor lichide dintr-un rezervor subteran,
cuprinzând etapele de:

23 a. furnizarea unei prime sonde de injecție pentru injectarea unui gaz oxidant într-o
parte superioară a rezervorului subteran;

25 b. furnizarea unei sonde de extracție, având un suport substanțial orizontal și o sondă
de extracție substanțial verticală, conectată la acesta, suportul orizontal având o porțiune de
27 spate în apropierea conectării sale la sonda de extracție verticală și o porțiune de vârf la
capătul opus al suportului orizontal;

29 c. injectarea unui gaz oxidant prin sonda de injecție, pentru combustia *in situ*, astfel
că se produc gaze de combustie, în care gazele de combustie avansează progresiv lateral,
31 ca un front, substanțial perpendicular pe suportul orizontal, într-o direcție a sau de-a lungul
suportului orizontal și fluidele se scurg în suportul orizontal; **caracterizată prin aceea că**

33 d. furnizarea unui tub de extracție în interiorul sondei de extracție în suportul vertical
și cel puțin o porțiune a suportului orizontal menționat, în scopul injectării aburului, apei sau
35 gazului neoxidant în porțiunea suportului orizontal menționat al sondei de extracție
menționate;

37 e. furnizarea unei a doua sonde de injecție pentru injectarea aburului, gazului neoxi-
dant sau apei care este ulterior încălzită la abur, într-o parte inferioară a rezervorului
39 subteran;

41 f. injectarea unui agent, unde acest agent este selectat dintr-un grup de agenți cuprin-
zând abur, apă sau un gaz neoxidant, în a doua sondă de injecție menționată și în tubul de
extracție menționat; și

43 g. recuperarea hidrocarburilor în suportul orizontal al sondei de extracție din sonda
de extracție menționată.

45 21. Metodă conform revendicării 20, **caracterizată prin aceea că** agentul injectat
menționat de la etapa (f) este apă, și apa respectivă este încălzită în timpul alimentării sale
47 la rezervor pentru a deveni abur.

49 22. Metodă conform revendicării 20, **caracterizată prin aceea că** prima sau a doua
sondă de injecție este o sondă verticală, oblică sau orizontală.

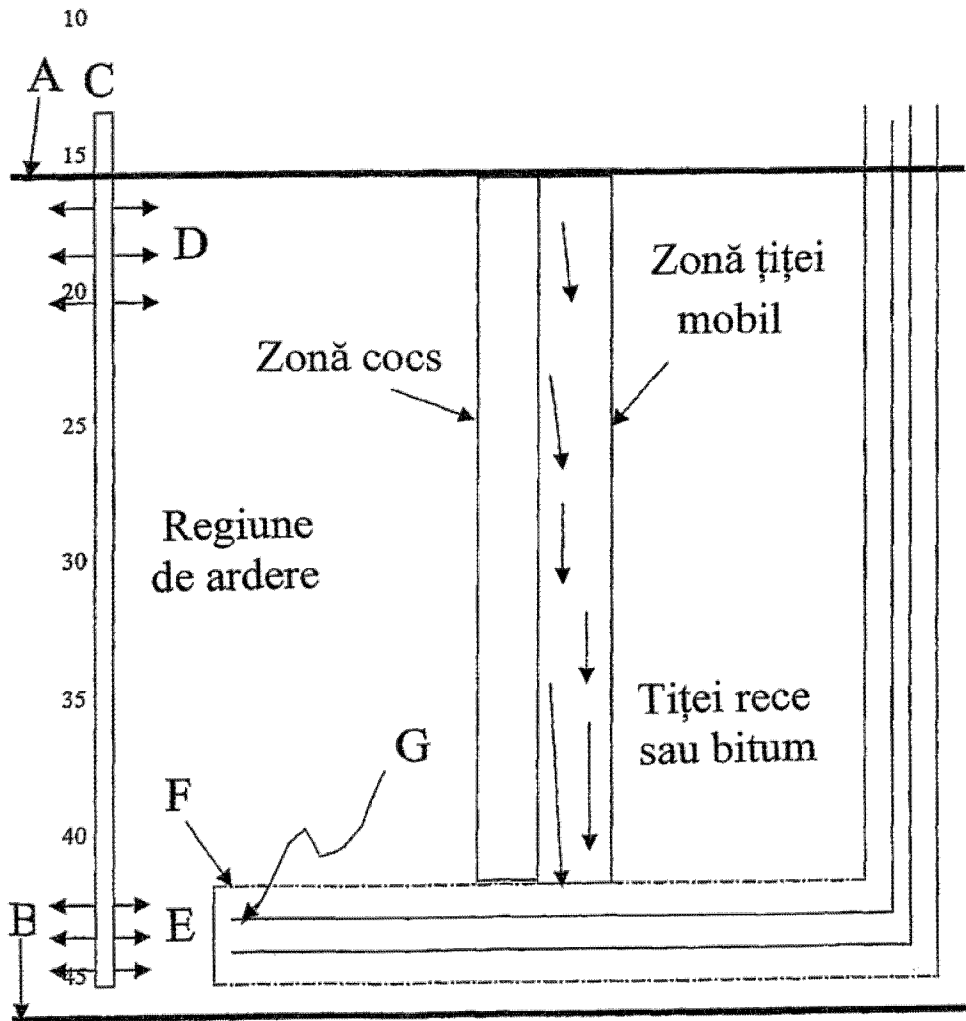


Fig. 1

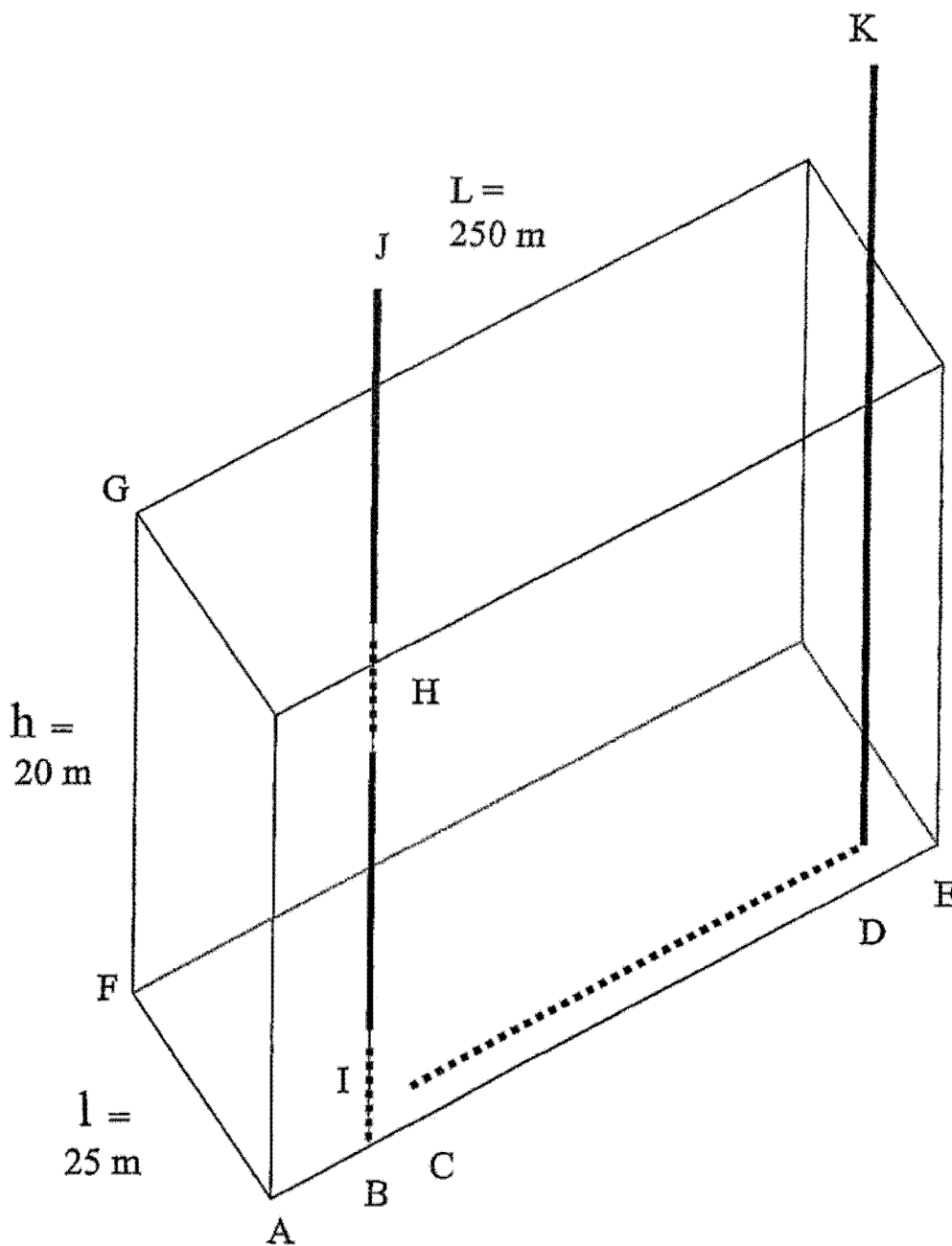


Fig. 2



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 757/2013