



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00188

(22) Data de depozit: 12/04/2022

(30) Prioritate:  
13/04/2021 PL P.437575

(41) Data publicării cererii:  
28/10/2022 BOPI nr. 10/2022

(71) Solicitant:  
• OKONIEWSKI DARIUSZ PIOTR, UL.ADM,  
J.UNRUGA 108A/5, 81-153, GDYNIA, PL

(72) Inventatori:  
• OKONIEWSKI DARIUSZ PIOTR, UL.ADM,  
J.UNRUGA 108A/5, 81-153, GDYNIA, PL

(74) Mandatar:  
ROMINVENT S.A.,  
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,  
SECTOR 1, 011882, BUCUREȘTI

(54) O METODĂ DE STOCARE A CĂLDURII

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de stocare a căldurii, utilizând energia de conversie de fază. Metoda, conform invenției, utilizează ca substanță de stocare a căldurii dioxidul de carbon stocat într-un rezervor subteran, cu o presiune geologică naturală de cel mult 74 bari, care este extras pentru condensare la suprafață într-un schimbător de căldură, pentru a fi apoi pompat în stare lichidă într-un al doilea rezervor de stocare subteran, situat mai adânc, procesul de colectare a căldurii pentru stocare având loc în același mod dar în direcție opusă, astfel încât dioxidul de carbon lichid din schimbătorul de căldură absoarbe căldura evaporată înainte de a fi injectat în rezervorul de gaz subteran de dioxid de carbon.

Revendicări: 12

Figuri: 4

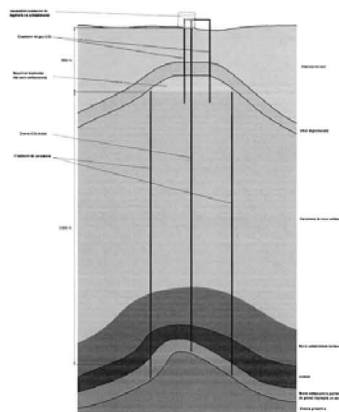


Fig. 1



## O METODA DE STOCARE A CĂLDURII

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. ....	a 2022 ep 188
Data depozit .....	12-04-2022

Prezenta invenție se referă la o metodă de stocare a cantităților mari de căldură prin utilizarea energiei de conversie de fază, în special în legătură cu captarea dioxidului de carbon, extracția gazelor naturale și țițeiului și extracția energiei geotermale.

Există trei sisteme de bază de stocare a energiei termice:

- prin utilizarea căldurii specifice,
- utilizarea energiei de schimbare de fază (PMC),
- utilizarea căldurii modificărilor chimice.

Materialul PMC este o substanță cu schimbare de fază care este capabilă să absoarbă, să acumuleze și să elibereze energie în intervalul temperaturii de tranziție de fază. În timpul schimbării de fază, cantități semnificative de căldură pot fi absorbite sau eliberate în timp ce temperatura patului este practic neschimbată. Toate metodele cunoscute în prezent se concentrează asupra materialelor care acumulează căldură ca urmare a transformării solid-lichid. Acestea sunt substanțe organice (parafine, acizi grași, lichide ionice) și anorganice (săruri hidratate).

Colectarea și depozitarea permanentă a unor cantități mari din aceste substanțe împreună cu sistemul de alimentare și îndepărtare a căldurii este asociată cu costuri ridicate. Doar o masă suficient de mare garantează obținerea unor cantități semnificative de căldură. Acest lucru face ca costul de 1 MJ să fie mult mai mare decât căldura de la producția curentă într-o manieră convențională.

Există metode cunoscute de stocare subterană a dioxidului de carbon după ce acesta este pompat în subteran. Un zăcământ de petrol, zăcământ de gaze, zăcăminte de cărbune neechilibrate pot fi folosite ca loc de depozitare. Capcanele fizice și geochimice împiedică CO<sub>2</sub> să scape la suprafață. Injectarea de CO<sub>2</sub> într-un câmp petrolier mărește producția. În Statele Unite, aproximativ 30 până la 50 de milioane de tone de gaz sunt injectate în roci sărace în petrol. CO<sub>2</sub> lichid este un solvent care scade vâscozitatea și densitatea uleiului.

Sunt cunoscute cercetările Universității Militare de Tehnologie care cercetează zăcămintele poloneze alge roșii care conțin gaze naturale. Acumularea în structura



zăcămintului a CO<sub>2</sub> determină eliberarea de metan adsorbit pe suprafața granulelor sale. Nu este însă rezolvată problema separării economice a amestecului de CO<sub>2</sub> și gaz natural extras la suprafață.

Sunt cunoscute cercetările Institutului de Petrol și Gaze - PIB privind obținerea de gaze naturale din afara bilanțului din niveluri saturate de saramură în procesele de sechestrare. Se estimează că în Polonia, în zona așa-numitul bazin Poznań, 120 de miliarde de Nm<sup>3</sup> de gaze naturale sunt dizolvate în vastele acvifere saline de adâncime.

Solubilitatea CO<sub>2</sub> în saramură este de aproximativ 10 ori mai mare decât cea a gazului natural. Saturarea saramurii cu CO<sub>2</sub> eliberează aproximativ 37% din gazul natural pe care îl conține. Când este eliberat, va migra apoi în sus și se va acumula sub stratul impermeabil sub formă de depozite lenticulare.

Sunt cunoscute implementările recente ale dioxidului de carbon în refrigerarea și aerul condiționat comercial și industrial. Mai ales cu utilizarea unui circuit de răcire, parțial în zona supercritică (Articol: Maurycy Szwajkajzer „Creșterea CP pentru recuperarea căldurii în final profitabilă” ENRECO 26 iunie 2017).

Bariera în calea implementării stocării căldurii pe bază de dioxid de carbon este necesitatea de a utiliza presiuni mari în rezervoarele de mare volum.

În metoda conform invenției, căldura este stocată prin intermediul dioxidului de carbon gazos conținut într-un rezervor subteran ca căldură latentă și tranziție de fază.

Avantajul stocării căldurii în acest mod este că CO<sub>2</sub> este un gaz inert răspândit în natură și neinflamabil. Spre deosebire de substanțele solide folosite pentru a acumula căldură latentă, este ușor să-și transfere masa la locul pregătit pentru schimbarea fazei. Proprietățile dioxidului de carbon sunt astfel încât depozitarea lui în stare gazoasă, la o temperatură pozitivă, necesită utilizarea unei presiuni care depășește 35 bar. Ca rezultat, instalația supraterană poate fi relativ mică. La o presiune de 50 bar în 1 m<sup>3</sup>, aproximativ 57 MJ de căldură pot fi stocate ca căldură de schimbare de fază.

În soluția conform invenției sunt utilizate proprietățile structurii geologice ale solului.

În special, existența unui strat impermeabil în direcția suprafeței pământului, împiedicând pătrunderea CO<sub>2</sub> la suprafață, și locuri care pot acționa ca capcane geologice. Rezervoarele de gaz natural sunt deosebit de utile. Este extrem de important ca presiunea la nivelul rezervorului, creată de suprasolicitarea sau acviferele aflate în contact de suprafață cu atmosfera, să fie în limite semnificativ mai mici decât parametri critici pentru dioxidul de carbon. Temperatura critică este de 31,1°C și presiunea critică este de 73,83 bari. Densitatea critică a CO<sub>2</sub> este de 468 kg/m<sup>3</sup>. Sub acești parametri, dioxidul de carbon gazos are căldura latentă a schimbării de fază.

O altă circumstanță foarte avantajoasă este atunci când rezervorul lenticular este căptușit cu un acvifer într-o structură cu permeabilitate bună. Cantități mari de CO<sub>2</sub> pot fi apoi injectate cu un mic con de presiune în jurul conductei de refulare. Este posibil să se mențină presiunea gazului care umple vasul în anumite limite relativ constante.

Apele adânci se mișcă apoi cu ușurință odată cu modificările presiunii gazului stocat. Evident, eficiența injectării CO<sub>2</sub> poate fi îmbunătățită făcând-o în mai multe locuri simultan. Deosebit de utile sunt depozitele epuizate de gaze naturale, formate sub tavanul acviferului. Astfel de rezervoare sunt în principiu gata să fie umplute cu CO<sub>2</sub>.

Utilizarea rezervoarelor de gaze naturale epuizate și mici recent descoperite permite creșterea semnificativă a profitabilității proiectului. Gazul natural prezent în CO<sub>2</sub> absorbit, ca aditiv, poate fi ușor separat, deoarece în procesul de condensare CO<sub>2</sub> rămâne în fază gazoasă. O trăsătură caracteristică a unor astfel de depozite este prezența metanului dizolvat și coloidal în apele rezervorului din jur. În perioada inițială de stocare a căldurii, cantități semnificative de CO<sub>2</sub> se vor dizolva în apa adâncă. Concentrația de CO<sub>2</sub> va scădea pe măsură ce se îndepărtează de interfața fazelor. Pe măsură ce trece timpul, acest fenomen va deveni din ce în ce mai slab până când ajunge la saturație.

Carbonarea apei din rezervor cu dioxid de carbon va fi însoțită de deplasarea metanului din acesta, ale cărui microbule vor migra în sus, alimentând rezervorul lenticular. Durata acestor fenomene depinde de permeabilitatea materialului de rocă și de mișcarea maselor de apă saturate cu metan. Sechestrarea dioxidului de carbon este asociată în mod inerent cu acest fenomen. CO<sub>2</sub> stocat în rezervor trebuie

completat din cauza pierderii prin dizolvare. Acesta este un alt avantaj al utilizării invenției până când apele din rezervorul din jur sunt complet saturate cu CO<sub>2</sub>.

Un avantaj incontestabil este, de asemenea, posibilitatea de a colecta căldură geotermală prin dioxidul de carbon stocat. Acesta va fi întotdeauna cazul când injectăm dioxid de carbon în rezervorul rezervorului la o temperatură mai mică decât temperatura naturală care predomină în zona rezervorului. După o anumită perioadă de depozitare, temperatura acestuia va fi egală cu temperatura depozitului. CO<sub>2</sub> adus la suprafață va avea o entalpie de 2 semnificativ mai mare decât CO<sub>2</sub> injectat.

Acest fenomen se va produce pe toată durata de viață a stocării de căldură, datorită furnizării constante de căldură din adâncurile pământului. Diferența de entalpie va fi deosebit de mare, deoarece CO<sub>2</sub> lichid este injectat adânc în locuri cu temperatură mult mai ridicată.

Conform invenției, instalațiile de stocare a căldurii reprezintă o alternativă mai bună la exploatarea căldurii geotermale decât extragerea directă a apelor geotermale calde. În primul rând, se elimină fenomenul de pierdere treptată a permeabilității prin acvifer și nevoia de defrișare costisitoare a acestuia. Metoda conform invenției face posibilă obținerea de căldură geotermală din acvifere cu sechestrare intensivă simultană a CO<sub>2</sub>.

Pentru transformarea de fază, dioxidul de carbon este adus la suprafață și curge printr-o conductă către schimbătorul de căldură din sol. Există astfel de parametri de presiune și temperatură în care CO<sub>2</sub> este condensat și căldura de condensare este transferată în celălalt mediu. CO<sub>2</sub> lichefiat curge apoi prin conductă către un al doilea rezervor subteran situat mai adânc, care îl colectează în stare lichidă sau într-o stare supercritică, asemănătoare lichidului. Această soluție face posibilă utilizarea din nou a acestui dioxid de carbon pentru a extrage căldura pentru stocare. Acest lucru face posibilă repetarea acestui ciclu de mai multe ori. Căldura pentru stocare este furnizată de un alt mediu alimentat la schimbătorul de conversie de fază.

Este avantajos când proprietățile mediului care extrage căldură din dioxidul de carbon gazos stocat permit realizarea acestui proces la o temperatură care diferă ușor de temperatura de stocare.

Această soluție permite utilizarea compresiei într-o singură etapă înainte de condens, iar raportul de compresie necesar se încadrează în performanța compresoarelor cu turbină tipice.

O condiție necesară pentru întregul ciclu termodinamic al dioxidului de carbon este menținerea unor temperaturi pozitive. Mai există apă în CO<sub>2</sub> gazos și lichid.

Această soluție elimină nevoia de a usca CO<sub>2</sub> de fiecare dată. În caz contrar, temperaturile negative vor face ca suprafețele de transfer de căldură să se înghețe. În structura de rocă, apa înghețată va închide porii și o va face impermeabilă. La temperaturi pozitive, apa poate fi tratată ca un balast care însoțește procesul.

Condiția prealabilă pentru procesul de preluare a căldurii pentru stocare este menținerea parametrilor subcritici în schimbătorul de căldură, provocând fierberea CO<sub>2</sub> lichid.

Rezervorul subteran de dioxid de carbon lichefiat sau comprimat trebuie să permită o stocare mai îndelungată, prin urmare, pe lângă o etanșeitate suficientă, trebuie să asigure menținerea permanentă a parametrilor gazului lichefiat. În practică, trebuie să fie la o astfel de adâncime încât supraîncărcarea să producă în mod natural suficient de mare presiune. Acest rezervor este întotdeauna situat mai adânc.

Umplerea și golirea acestui rezervor este realizată după cum urmează. Vasul sigilat este poziționat astfel încât parametrii de stare lichidă să fie menținuți aproape de tranziția de fază. Conducta preia dioxidul de carbon din partea inferioară a acesteia, iar scăderea presiunii însoțitoare provoacă fierberea CO<sub>2</sub> și rezervorul este umplut cu gaz de sus. Pe de altă parte, la umplerea rezervorului cu CO<sub>2</sub> lichid, în interior trebuie să se creeze o presiune care să facă condensarea CO<sub>2</sub> gazos în partea superioară. Atât umplerea, cât și golirea rezervorului sunt însoțite de o schimbare termodinamică. Pe măsură ce gazul se condensează, căldura este eliberată și temperatura crește. Absorbția este însoțită de fierberea CO<sub>2</sub> lichid și de o scădere a temperaturii. În ambele cazuri, aceste fenomene pot afecta parametrii debitului de CO<sub>2</sub>, încetinind procesul. La adâncimi care depășesc 900 m, CO<sub>2</sub> va fi întotdeauna într-o stare supercritică, asemănătoare lichidului. La luarea CO<sub>2</sub> în astfel de condiții, va fi doar o scădere a presiunii, iar acesta se va stabiliza doar după atingerea parametrilor critici, de la care va începe fierbere și evoluția fază gazoasă. Modificările ciclice, mari ale presiunii pot duce la fisurarea structurii impermeabile a

rezervorului. Un fluid de deplasare este necesar pentru a menține parametrii de funcționare stabili. Poate fi apă saramură situată într-un acvifer mai puțin adânc. În astfel de circumstanțe, alimentarea și descărcarea de CO<sub>2</sub> lichid trebuie să aibă loc la marginea superioară a rezervorului, iar apa de formare este furnizată în partea de jos a rezervorului. Această soluție garantează menținerea unei presiuni hidrostatice constante adecvate pentru o adâncime dată. Va exista doar o creștere relativ mică a presiunii dinamice ca forță motrice necesară procesului de transfer de masă. Se pare că astfel de condiții vor fi dominante în realitățile geologice poloneze. Aranjarea stratificată dominantă a structurilor geologice, atunci când straturile impermeabile alternează cu acviferele, înseamnă că, potențial, fiecare ridicare a rocii primare poate fi un loc de capcane geologice utile la diferite adâncimi și este de dorit ca ambele rezervoare să fie apropiate unele de altele și de preferință ca acestea să fie separate doar printr-o diferență de niveluri.

De asemenea, este posibilă realizarea unui rezervor adânc într-o rocă rezervor care conține un gaz închis atunci când se fracturează o sondă orizontală. Mai ales când fântâna va fi în practică oblică. Apoi, o gaură suplimentară trebuie făcută la marginea forajului fracturat pentru a permite un flux liber de saramură din partea mai adâncă. Această soluție poate face rentabilă fracturarea sondelor efectuate în căutarea gazelor naturale, nefinalizate cu producție suficient de mare.

Presiunea apei de adâncime generată în interiorul rezervorului de CO<sub>2</sub> lichid va fi mult mai mare decât presiunea coloanei de CO<sub>2</sub> lichid din conducta de alimentare. Acest lucru se datorează densității mult mai scăzute a CO<sub>2</sub> lichid. Prin urmare, injectarea de CO<sub>2</sub> lichid în rezervor necesită depășirea acestei diferențe de presiune. Totuși, această diferență va fi redusă de presiunea CO<sub>2</sub> preluată din rezervorul de gaz, crescută prin compresie suplimentară pentru condensare. Pe de altă parte, scurgerea de CO<sub>2</sub> lichid va avea loc spontan.

Procesul de colectare a căldurii pentru stocare este asociat cu o creștere a volumului rezervorului de gaz CO<sub>2</sub> și deplasarea apei din depozit în adâncime în pământ. Acest lucru determină o anumită creștere a presiunii în rezervorul de gaz. Luarea apei de formare din vecinătatea rezervorului de gaz pentru a umple fundul rezervorului cu CO<sub>2</sub> lichid reduce acest fenomen. Într-o oarecare măsură, corpul de apă al formării se mișcă în mod constant numai în rezervoare. Acest lucru are ca rezultat o reducere a pierderii de CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> lichid din rezervor se va dizolva mult mai

puțin la interfața dintre cele două lichide, datorită saturației semnificative a apei care curge cu acesta. Dacă rezervorul adânc a fost creat în zona unui rezervor de țiței epuizat, fluxul de CO<sub>2</sub> lichid prin porii rocii rezervor își va spăla reziduurile. Mai ales când va fi depozitat în locuri cu țiței.

Structura poroasă a rocii rezervor elimină convecția și face ca dizolvarea CO<sub>2</sub> să aibă loc numai în zona frontului în mișcare a separării celor două lichide. Efectul invers este, de asemenea, benefic atunci când apa adâncă, deplasată din rezervorul de CO<sub>2</sub> lichid, curge pe frontul de limită gazos de CO<sub>2</sub>. Această soluție nu crește pierderile de CO<sub>2</sub>. O parte din dioxidul de carbon dizolvat în apă va intra în fază gazoasă din cauza scăderii solubilității la presiune mai mică. Acest CO<sub>2</sub> va alimenta rezervorul de benzină.

Avantajoasă este compensarea pierderilor de CO<sub>2</sub> prin forțarea gazului lichid printr-o conductă în rezervorul adânc. Stratul de CO<sub>2</sub> lichid bogat în apă este apoi împins spre rezervorul de gaz. Spațiul rezervorului de lichid este mai bine utilizat.

Reumplerea pierderilor de CO<sub>2</sub> este, de asemenea, un proces de sechestrare. De adăugat că, chiar dacă etanșeitatea straturilor geologice nu este de 100% și un anumit procent din aceasta ajunge în atmosferă la o scară de zeci de ani, în cazul unei astfel de sechestrare continue, va fi un fenomen identic cu carbonul natural. schimb valutar. În natură, pe de o parte, fenomenele de fotosinteză și, pe de altă parte, de oxidare a materiei organice, mențin o anumită stare de echilibru între carbon sub formă de CO<sub>2</sub>, atmosferice și cele legate de mediul biologic, de la suprafața pământului. În termeni simpli, sechestrarea înlocuiește o anumită zonă a pădurii.

Dioxidul de carbon care circulă ca substanță de stocare a căldurii în structurile subterane este complet exclus de la impactul asupra atmosferei pământului.

Metoda de stocare a căldurii este prezentată schematic în figurile de mai jos:

Fig. 1 Diagrama stocării căldurii în structura geologică subterană.

Fig. 2 Diagrama funcționării ansamblului conductei de conectare în timpul extragerii căldurii pentru stocare.

Fig. 3 Diagrama de funcționare a ansamblului conductei de racordare în timpul evacuării căldurii acumulate.



Fig. 4 Diagrama operațiunii de stocare a căldurii prezentată în diagrama Entalpie-Presiune.

Izotermele sunt marcate cu roșu.

### **Exemplu de implementare.**

O instalație exemplu de stocare a căldurii este situată într-o mină de petrol și gaze epuizate (Fig. 1). La o adâncime de 1.500 - 1.600 m, într-o rocă rezervor de gresie, se afla un zăcământ de petrol și gaze (lac de acumulare adânc) căptușit cu ape saramurate. Rezervele rezervorului s-au ridicat la 30 de milioane Nm<sup>3</sup> de gaze și 20 de milioane de tone de petrol. Zăcământul este închis de rocă de bază de șist, deasupra căreia se află un strat de gresie impermeabilă. Deasupra, există un strat de gresie permeabilă umplut cu saramură. Acolo, sub tavan, la adâncimea de 200-300 m, se afla un zăcământ de gaze naturale (zăcământ de mică adâncime) cu o capacitate de 100 milioane Nm<sup>3</sup>. Deasupra stratului de saramură, saturat cu gaz natural, se află un strat de argile impermeabile. Din exploatarea zăcământului de adâncime rămân două puțuri. Câmpul de producție de gaz se înclină bine și pe partea de producție de petrol. Un foraj pentru producția de gaz a fost forat în zăcământul de mică adâncime din partea sa superioară. Rezervorul de mică adâncime a fost adaptat pentru stocarea dioxidului de carbon gazos, iar rezervorul adânc la stocarea dioxidului de carbon lichid. Toate cele trei foraje au fost folosite pentru stocarea căldurii. Conducta de foraj lateral a fost perforată la înălțimea stratului superior de gresie și astupată de sus după ce saramura a fost aspirată. Conducta de extracție a gazelor în pat adânc a fost utilizată ca conductă de evacuare și extracție pentru CO<sub>2</sub> lichid. Țeava de câmp de mică adâncime este utilizată pentru injectarea și extracția CO<sub>2</sub> gazos. În plus, au fost făcute două foraje suplimentare pentru a îmbunătăți eficiența pompării CO<sub>2</sub>. Unul include o conductă pentru injectarea suplimentară și extracția CO<sub>2</sub>. A doua conductă suplimentară de saramură la zăcământul adânc. La suprafața pământului, conducta de CO<sub>2</sub> lichid și conductele de CO<sub>2</sub> gazos sunt conectate printr-o conductă orizontală la schimbătorul de căldură. Conducta orizontală cu schimbător formează un ansamblu de dispozitive utilizate diferit în funcție de faza procesului de stocare (direcția curgerii CO<sub>2</sub>). Setul de dispozitive cu conducte orizontale are un schimbător de căldură, utilizat atât pentru extragerea căldurii și pentru disiparea căldurii. Este un schimbător de carcasă și tuburi. Designul său include un set de țevi verticale prin care curge CO<sub>2</sub>

gazos sau lichid. Propanul gazos sau lichid curge prin spațiile interconductelor ca un mediu care furnizează sau primește căldură.

Instalație de extracție a căldurii (Fig. 2). Conducta de CO<sub>2</sub> lichid, din rezervorul adânc, este conectată printr-o conductă orizontală cu unitatea de colectare a căldurii. Conducta orizontală este condusă prin supapa de expansiune către capul inferior de distribuție a CO<sub>2</sub> sub setul de țevi de schimbător vertical. Tuburile verticale din capul superior se extind deasupra foii tubulare. Spațiul superior, între setul de duze astfel creat, este un loc de acumulare a fracției lichide (ulei și apă) care a rămas după evaporarea CO<sub>2</sub>. Direct deasupra plăcii de sită superioară, în cilindrul schimbătorului, se află o țevă laterală de evacuare a fracțiunii lichide. Conducta de evacuare din capul superior este conectată la un divizor de gaz CO<sub>2</sub> și o fracțiune lichidă care nu a fost separată înainte. Leșirea de CO<sub>2</sub> din distribuitor este conectată la o altă supapă de expansiune și apoi la o conductă care pătrunde adânc în pământ până la un rezervor de mică adâncime. Această țevă este perforată pe toată înălțimea rezervorului de mică adâncime. În spațiul superior între ansamblul de țevi verticale trece o conductă cu gaz propan presurizat. O conductă de refulare a propanului lichid este direcționată din spațiul inferior din cilindrul schimbătorului. Debitul este reglat de supapă.

Instalație de disipare a căldurii (Fig. 3). O conductă de gaz CO<sub>2</sub>, condusă de la rezervorul de mică adâncime, este conectată la un ansamblu de conducte de legătură care conține un compresor conectat la capul de refulare al schimbătorului. Camera capului inferior al schimbătorului are un flux de CO<sub>2</sub> lichid cu apă condensată în partea de jos. Capul are, de asemenea, o conexiune laterală cu o supapă plutitoare pentru evacuarea metanului. Conducta de evacuare a CO<sub>2</sub> lichid este conectată la un senzor de nivel controlat de o pompă, care este conectat în continuare la conducta de refulare cu o conductă adânc în pământ, la un rezervor adânc. Prin cilindrul lateral al schimbătorului, o linie cu propan lichid este condusă în spațiul inferior inter-țevi, iar o linie de gaz propan din cel superior. Mod de funcționare (Fig. 4). Stocarea de căldură funcționează în așa fel încât să colecteze excesul de căldură care apare vara și să o restituie iarna. Căldura este colectată și degajată de propan ca mediu de transmisie într-o rețea separată. 200.000 de tone de dioxid de carbon participă la ciclul complet de stocare. Un ciclu complet de

depozitare durează 12 luni. Din punct de vedere termodinamic, ciclul anual complet este descris în diagrama p - h.

Descrierea punctelor caracteristice ale diagramei de transformare CO<sub>2</sub>.

1 - 2 Prelevarea de probe de gaz dintr-un rezervor de mică adâncime stocat la o presiune de 30 bari și o temperatură de 15°C și comprimarea rezultată la o presiune de 50 bari și o temperatură de 50°C.

2 - 3 Răcire izobară în schimbătorul de căldură până la temp. de 12°C. CO<sub>2</sub> este condensat. Propanul care curge prin schimbător este evaporat și cu căldura colectată curge în rețea.

3 - 4 Pompa de CO<sub>2</sub> lichid se comprimă la o presiune de 76 bari la intrarea conductei în rezervorul adânc.

4 - 5 CO<sub>2</sub> lichid curge în rezervorul adânc, înlocuind saramura. Presiunea la intrarea în rezervor este de 170 bar și 15°C.

5 - 6 CO<sub>2</sub> stocat ajunge la un echilibru termodinamic. Presiune de 166 bari și temperatură de 50°C.

6 - 7 Debitul de CO<sub>2</sub> preluat în supapa de expansiune. Presiune 100 bari și temperatură 50°C.

7 - 8 Expansiune izobară. La o presiune de 36 bari și o temperatură de 10°C, are loc evaporarea și colectarea căldurii pentru depozitare.

8 - 9 Pomparea CO<sub>2</sub> gazos într-un rezervor de mică adâncime și depresurizare la o presiune de 33 bari și o temperatură de 2°C.

9 - 1 Colectarea căldurii geotermale de către gaz și atingerea stării de echilibru termodinamic la o presiune de 30 bari și o temperatură de 15°C.

În timpul lunilor de vară, CO<sub>2</sub> lichid care curge din rezervorul adânc absoarbe 26.000 GJ căldură din gaz propan furnizat din rețea (peste 73.000 t propan). În perioada iarnă, CO<sub>2</sub> gazos prelevat din rezervorul de mică adâncime, după tensionare, a furnizat 51.000 GJ de căldură. Din această cantitate de căldură, 44% se obține căldură geotermală.

CO<sub>2</sub> asemănător lichidului prelevat din rezervorul adânc conținea în medie 4,8% țiței.

Ca urmare a evaporării CO<sub>2</sub> s-au obținut 10.000 de tone de ulei.

CO<sub>2</sub> gazos preluat din rezervorul de mică adâncime conținea în medie 5% gaz natural. După separare s-au obținut 8.200.000 Nm<sup>3</sup> de gaz prin condensarea CO<sub>2</sub>.

În perioada de vară au fost livrate 2.000 de tone de CO<sub>2</sub> solid, care a fost lichefiat într-un siloz sub presiune și pompat într-un rezervor adânc.

## REVEDICARI

1. Metodă de stocare a căldurii cu utilizarea energiei de tranziție de fază, **caracterizată prin aceea că**, substanța de stocare a căldurii este gaz dioxid de carbon, stocat într-un rezervor subteran, cu o presiune geologică naturală nu mai mare de 74 bar, cu un flux constant de ape adânci, care este extras pentru condensare la suprafață la schimbătorul de căldură, pentru a fi apoi pompat în stare lichidă în al doilea rezervor de stocare subteran de dioxid de carbon lichid, situat mai adânc, iar procesul de colectare a căldurii pentru stocare are loc în același mod dar în direcția opusă, astfel încât dioxidul de carbon lichid din schimbătorul de căldură absoarbe evaporarea căldurii înainte de a fi injectat într-un rezervor de gaz subteran de dioxid de carbon.
2. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea**, că dioxidul de carbon lichid este stocat în locul zăcămintului de petrol epuizat.
3. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea**, că dioxidul de carbon lichid este stocat într-o rocă rezervor fracturată.
4. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea**, că presiunea din rezervorul subteran de dioxid de carbon lichid este egală cu conversia de fază.
5. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea**, că există o presiune în rezervorul subteran de dioxid de carbon lichid mai mare decât presiunea tranziției de fază.
6. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea**, că în rezervorul de dioxid de carbon lichid în mod constant curg ape de adâncime.
7. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea**, că apele de adâncime din interiorul rezervorului de dioxid de carbon lichid curg aproape de apele de adâncime de lângă rezervorul dioxidului de carbon gazos.
8. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea**, că în rezervorul de dioxid de carbon lichid este introdus dioxidul de carbon lichid din exteriorul schimbătorului de căldură de conversie de fază.

9. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea, că** în schimbătorul de căldură a conversiei de fază temperatura este la un nivel care nu permite înghețarea apei.

10. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea, că** dioxidul de carbon gazos, atunci când este expandat în rezervorul de gaz de dioxid de carbon, are o temperatură care împiedică înghețarea apei.

11. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea, că** din dioxidul de carbon lichid care curge din schimbătorul de conversie de fază este separată faza gazoasă necondensată.

12. Metodă conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea, că** din dioxidul de carbon după evaporare, în procesul de preluare a căldurii, se eliberează o fracție lichidă neevaporată.

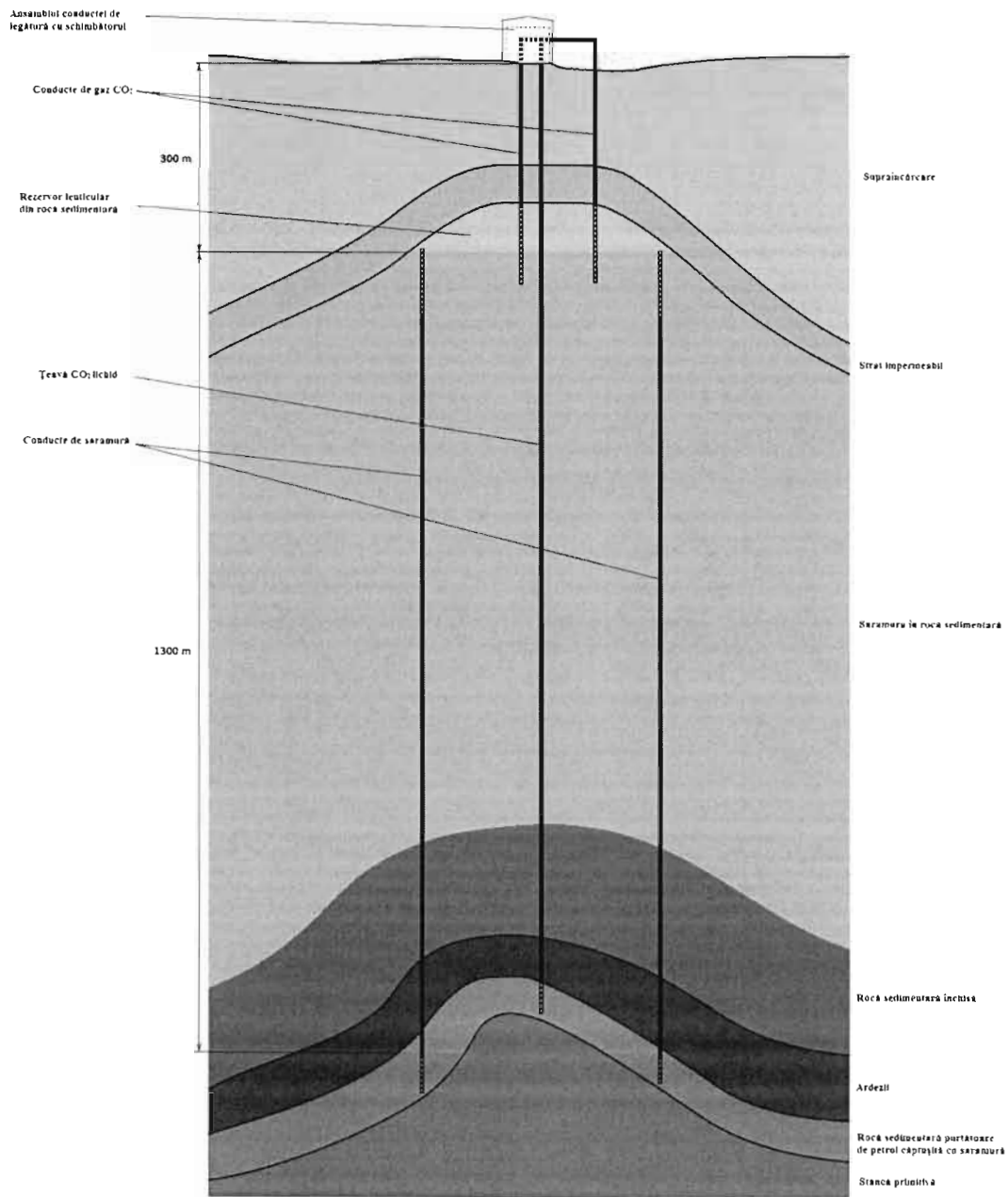
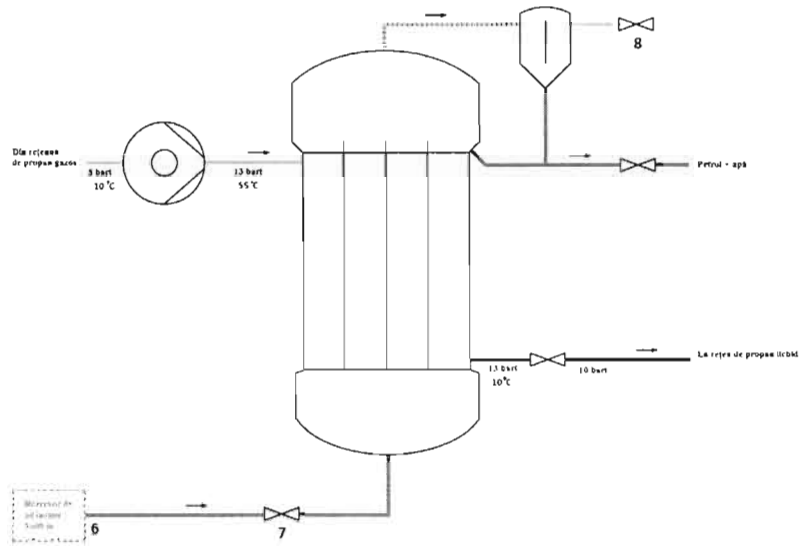


Fig. 1



- Propaan gaz
- Propaan lichid
- CO<sub>2</sub> gaz
- CO<sub>2</sub> lichid
- CO<sub>2</sub> gaz + petrol
- CO<sub>2</sub> lichid + petrol

Fig.2



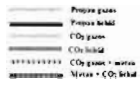
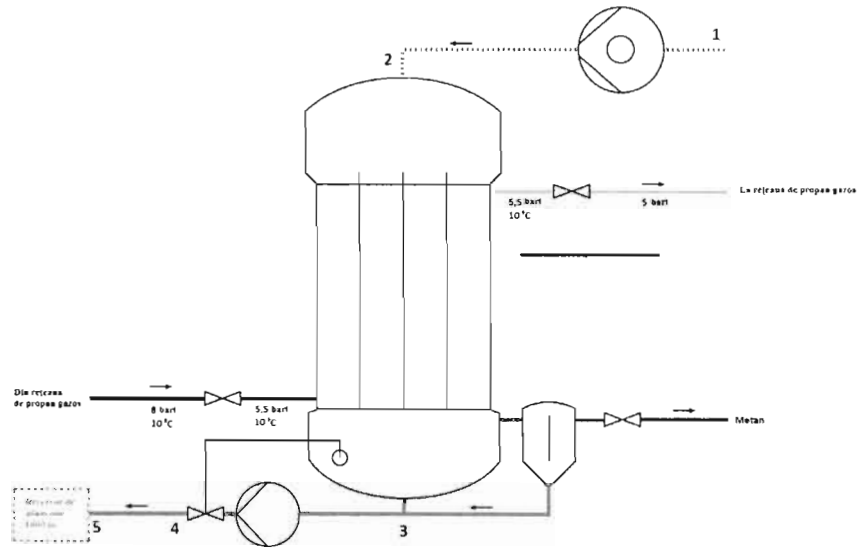


Fig. 3

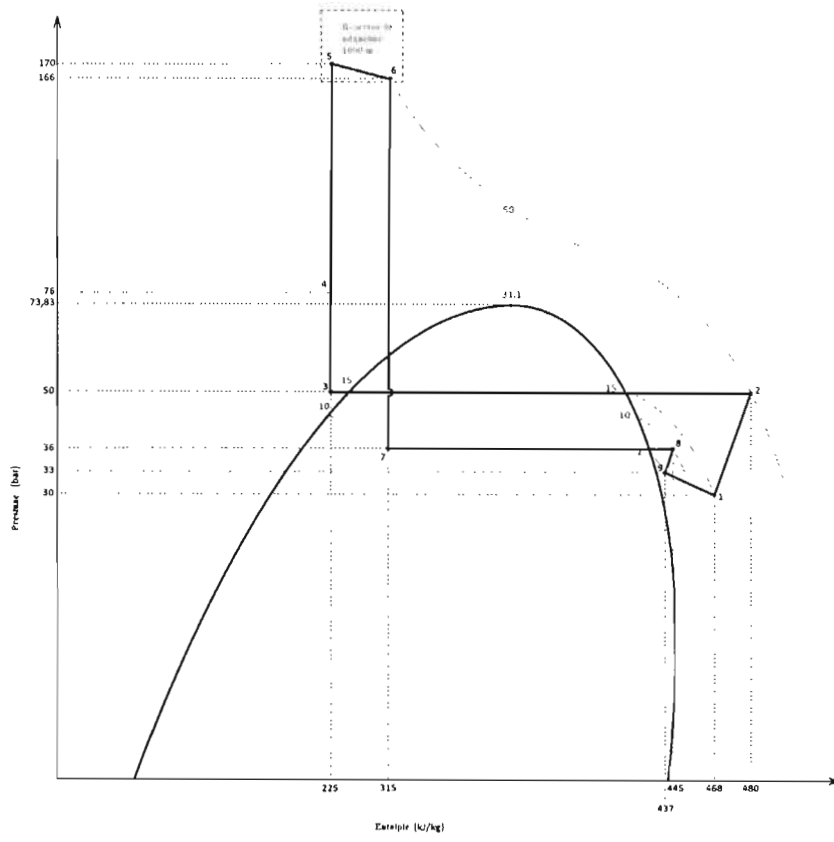


Fig. 4