



A XVIII-a Conferință internațională – multidisciplinară  
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”  
CLUJ NAPOCA, 2018

## **STUDII PRIVIND CAPTAREA ȘI STOCAREA CO<sub>2</sub> ÎN VEDEREA PREVENIRII FENOMENULUI DE ÎNCĂLZIRE GLOBALĂ**

Cristina Daniela DEAC HORJU, Ancuța Cristina ȚENTER

### **STUDIES ON COATING AND STORAGE OF CO<sub>2</sub> TO PREVENT GLOBAL HEATING PHENOMENON**

Carbon dioxide capture and storage in order to reduce greenhouse gas emissions. The work presents the necessity and technologies to capture and then to storage the CO<sub>2</sub> to stabilize the concentration of greenhouse gases. The most used technologies are post combustion, oxy-combustion, pre-combustion. Because storage of CO<sub>2</sub> in hydrosphere and biosphere is limited and over filled so that the only way for storage is geosphere which presents a low risk and high capacity storage.

Keywords: carbon dioxide, capture technologies, capture, storage

Cuvinte cheie: dioxid de carbon, tehnologii de captare, captare, stocare

### **1. Introducere**

Schimbările climatice reprezintă una dintre provocările majore ale secolului nostru – un domeniu complex în care cunoașterea și explicarea fenomenologică, cu luarea de măsuri imediate și corecte, reprezintă o preocupare a întregii societății științifice și tehnologice. Rolul nefast al emisiilor de CO<sub>2</sub> asupra mediului, generate de industrie și mijloacele de transport terestru, aerian și pe oceanul planetar, a alarmat omenirea începând cu a doua jumătate a secolului

al XX-lea. Astfel, oamenii de știință au început lupta cu CO<sub>2</sub> prin cercetare și prin înlocuirea combustibililor fosili care emit CO<sub>2</sub>. În paralel, cercetările au fost îndreptate spre metode tehnologice de captare a CO<sub>2</sub> din atmosfera terestră. Studiile de impact au pus în evidență modificările produse de schimbarea climei asupra sistemelor naturale și au analizat măsurile de adaptare pentru ca aceste modificări să fie minime, astfel încât să se asigure resursele de hrană și dezvoltarea pe termen lung a societății și economiei. Articolul 2 al Convenției Cadru al Națiunilor Unite pentru "Schimbări climatice" (1992) prevede în mod expres ca obiectiv ultim stabilizarea concentrației gazelor cu efect de seră în atmosferă, la un nivel care să nu aibă o influență periculoasă asupra climei la nivel global.. Gazele cu efect de seră – GES -, specificate în Protocolul de la Kyoto sunt: dioxidul de carbon, metanul, oxidul de azot, hidrofluorocarburi, perfluorocarburi, hexaflorura de sulf. Dintre sectoarele economiei, responsabile de producerea de emisii de gaze cu efect de seră sunt: industria energetică, industria minieră, industria chimică și petrochimică, industria siderurgică și industria materialelor de construcție. Folosirea cărbunelui fosil la producerea energiei conduce la apariția de emisii specifice de CO<sub>2</sub> ceea ce înseamnă o mai mare poluare a climatului. O evaluare a concentrației de dioxid de carbon a indicat o raportare de circa 70 % la industria energetică și în cadrul acesteia la utilizarea de combustibili fosili. Consiliul European și-a exprimat angajamentul ferm de a reduce până în 2020 emisiile totale de GES din Comunitate, cu cel puțin 20 % în raport cu nivelurile din 1990 și cu 30 % în cazul în care și alte țări dezvoltate se angajează să obțină reduceri comparabile ale emisiilor, iar țările în curs de dezvoltare mai avansate din punct de vedere economic aduc o contribuție adecvată, în funcție de responsabilitățile și capacitățile lor. Emisiile de dioxid de carbon (CO<sub>2</sub>) rezultate din întrebuințarea combustibililor fosili pentru producerea de energie, reprezintă în prezent sursa principală de încălzire globală. Pentru a întreține rolul important al combustibililor fosili în mixtul energetic, trebuie găsite soluții care să reducă impactul utilizării lor, la niveluri compatibile cu obiectivele legate de un climat durabil. Combustibilii fosili rămân o parte importantă a producției de energie electrică la nivelul UE și la nivel mondial, și în acest context, strategiile de abordare în domeniul schimbărilor climatice trebuie să cuprindă soluții de generare a energiei electrice din combustibili fosili, cu emisii reduse de CO<sub>2</sub>. În ceea ce privește România, emisiile de CO<sub>2</sub> generate din diferite sectoare de activitate evidențiază de asemenea contribuția majoră a sectorului energetic și a transporturilor, ceea ce înseamnă că

acestea sunt domeniile asupra cărora va trebui să acționăm astăzi în vederea reducerii emisiilor de CO<sub>2</sub>. Captarea și stocarea emisiilor de CO<sub>2</sub> (Carbon Capture and Storage – CCS), parte din portofoliul acțiunilor de reducere a acestora, poate fi utilizată pentru stabilizarea concentrațiilor de CO<sub>2</sub> din atmosferă. Aceasta constă în captarea CO<sub>2</sub> de la instalațiile industriale, transportul către un amplasament de stocare și injectarea în formațiuni geologice adecvate, în scopul stocării permanente sau pe termen nedefinit. Pentru introducerea pe piață a tehnologiei de captare și stocare sunt necesare stimulente care să aducă investiții substanțiale, necesare pentru această tehnologie suplimentară din partea centralelor electrice și a industriei. Utilizarea în viitor a cărbunelui la producerea energiei electrice va depinde de posibilitatea reducerii acestor emisii (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> și SO<sub>2</sub>), dar și de poziția competitivă a centralelor nucleare, hidro și a surselor regenerabile. Pe plan mondial, tendințele actuale sunt dezvoltarea și implementarea unor tehnologii moderne utilizate la captarea și sechestrarea dioxidului de carbon.

## 2. Etapele tehnologiilor de captare a dioxidului de carbon

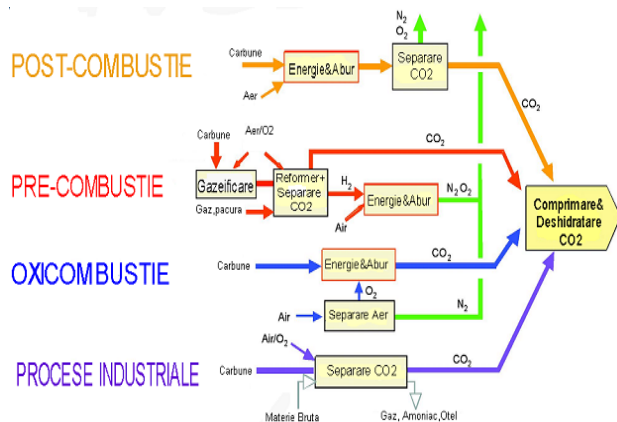


Fig. 1  
Reprezentarea schematică a sistemelor de captare a CO<sub>2</sub> [7]

Conceptul capturării este relativ nou și există trei direcții de abordare (figura 1):

- **capturare pre-combustie** – capturare înainte de combustia finală;
- **capturare post-combustie** – capturare din gazele de ardere;
- **capturare oxo-combustie** – ciclu închis (turbine cu gaze și combustie);
- **capturare din curenții de proces industriali.**

**a. Tehnologia pre-combustiei.** Aceasta constă în transformarea prin gazeificare a unui combustibil bogat în carbon (cărbune sau derivați petrolieri) într-un gaz sintetic constituit din

monoxid de carbon și hidrogen. Sunt necesare mai multe etape de transformare și purificare a gazului astfel obținut, îndepărtarea  $\text{CO}_2$  și obținerea unui flux de hidrogen pur ce poate fi ars într-o centrală cu ciclu combinat. Cu toate că gazeificarea este un proces industrial bine cunoscut, producerea energiei electrice din hidrogen la scară industrială și integrarea mai multor tehnologii complexe similare cu cele utilizate în industria petrochimică, acest procedeu necesită perfecționări. Tehnologia nu poate fi utilizată în centralele termoelectrice existente, are un cost investițional ridicat, este dificilă de pus în aplicare și prezintă un grad ridicat de risc.

b. **Tehnologia ox-combustiei.** Metoda ox-combustie se referă la arderea combustibililor solizi în oxigen în loc de aer, produsele rezultate fiind  $\text{H}_2\text{O}$  și  $\text{CO}_2$ , ușor de captat la sfârșitul procesului. O limitare – care va fi înlăturată prin cercetare – constă în faptul că se consumă cantități mari de oxigen, care în prezent se realizează cu costuri importante. Această metodă poate fi adaptată. Tehnologia ox-combustie folosește oxigen pur în loc de aer, rezultând un gaz format în principal din  $\text{CO}_2$  și  $\text{H}_2\text{O}$ . În locul arderii clasice cu aer, combustibilul este ars într-o atmosferă de oxigen aproape pur și gaze de ardere recirculate. O mare parte din dioxidul de carbon produs din ardere este recirculat înapoi în cazan cu scopul de a înlocui azotul, astfel încât să se păstreze pe cât posibil procesele de transfer de căldură desfășurate într-un cazan clasic. În continuare fluxul de gaze de ardere rămas, care este concentrat în  $\text{CO}_2$ , trece prin mai multe trepte de tratare pentru eliminarea pulberilor în suspensie, a dioxidului de sulf și a vaporilor de apă, rezultând un flux de gaze cu o concentrație de 98 %.

c. **Tehnologia post-combustie.** Post-combustia este astăzi cea mai avansată tehnologie și poate fi adaptată cu ușurință la capacitățile mari instalate în centralele electrice pe bază de cărbune. Aceasta constă în separarea  $\text{CO}_2$  din gazele de ardere utilizând un solvent (amina sau amoniac răcit). Ultimele rezultate ale cercetărilor arată că metoda de captare cu amoniac răcit poate îndepărta până la 90 % din  $\text{CO}_2$  reținut în gazele de ardere. Tehnologie poate fi aplicată atât la centralele pe cărbune cât și la centralele pe gaze combustibile sau la alte instalații staționare de mare capacitate. Îmbogățirea în oxigen a aerului de combustie poate conduce la ameliorarea acestei tehnologii.

Deși există unele tehnologii adecvate, captarea  $\text{CO}_2$  nu a fost încă optimizată pentru aplicarea pe scară largă la centralele termoelectrice. În multe țări se realizează cercetări intense pentru

studiul unor noi concepte și pentru îmbunătățirea tehnologiilor existente.

### 3. Stocarea dioxidului de carbon

**Captarea CO<sub>2</sub>.** Captarea CO<sub>2</sub> este viabilă atât din punct de vedere tehnic cât și economic pentru fabrici ce emit mai mult de 100.000 de tone de CO<sub>2</sub> anual, iar la nivel global există în jur de 8000 instalații industriale care emit peste acest nivel și în total, aceste surse emit în jur de jumătate din totalul emisiilor provocate de om la nivel mondial. Captarea carbonului din punctele de emisii reprezintă de fapt procedeul prin care dioxidul de carbon emis de instalații industriale fixe este separat de celelalte gaze rezultate în urma arderii combustibililor fosili. În momentul de față, au fost dezvoltate mai multe tehnologii de captare a CO<sub>2</sub> precum post-combustia, pre-combustia sau ox-combustia. Potrivit specialiștilor, ratele de captare ale fiecăreia dintre aceste tehnici sunt cuprinse între 85 % și 95 % în cazul precombustiei și postcombustiei și de 98 % în cazul oxicombustiei. Cea mai bine pusă la punct dintre aceste trei tehnici este postcombustia, aceasta adaptându-se cu ușurință la centralele electrice funcționând pe cărbune, gaze naturale sau cu ciclul combinat. Metoda constă în separarea CO<sub>2</sub> din gazele de ardere utilizând un solvent precum Rectisol, Purisol sau Selexol. Pentru a testa și îmbunătăți această tehnologie, a fost construit un proiect pilot în 2006, la termocentrala din Esbjerg, Danemarca, în cadrul proiectului european Castor. În cazul oxicombustiei, combustibilul se arde în oxigen pur și nu în aer ca în cazul postcombustiei, produsele rezultate fiind H<sub>2</sub>O și CO<sub>2</sub>, ușor de captat la sfârșitul procesului. Înainte ca această tehnică să devină viabilă, chestiuni precum controlul combustiei – mai intensă, deci mai dificil de stăpânit în aer – sau costul producerii de oxigen trebuie să fie cercetate în amănunt. În septembrie 2008, Vattenfall a pus în funcțiune prima centrală electrică demonstrativă de 30 MW, în cadrul căreia este folosită oxicombustia.

Cea de-a treia tehnică, precombustia, constă în captarea dioxidului de carbon înainte de ardere prin gazeificarea combustibilului într-un gaz sintetic format din monoxid de carbon și hidrogen. Faptul că acest proces se realizează în mai multe etape de transformare și purificare pentru a se obține un gaz care să poată fi transformat într-un ciclu combinat face ca investiții importante să fie obligatorii.

**Transportul CO<sub>2</sub>.** În general, sursele de emisii de CO<sub>2</sub> și amplasamentele de stocare sunt localizate departe unele de celelalte,

astfel încât prin transport se face legătura între sursa de emisie și amplasamentul de stocare. Anterior transportului – prin conducte sau pe nave – dioxidul de carbon este lichefiat, având în vedere faptul că în stare lichidă ocupă un spațiu de aproape o mie de ori mai mic decât în stare gazoasă.

Când situl de stocare este localizat pe uscat CO<sub>2</sub> este transportat prin conducte, iar în cazul în care acesta este în larg, CO<sub>2</sub> poate fi transportat pe nave sau prin conducte pe fundul mării.

Transportul naval este de preferat atunci când există distanțe lungi și este o opțiune bună în cazul în care cantitatea de CO<sub>2</sub> este mică sau când flexibilitatea este foarte importantă. Transportul prin conducte este preferat în cazul în care distanța până la situl de stocare este mai scurtă, sau în cazul în care volumul de CO<sub>2</sub> este mare. Din considerente legate de cost și de proximitatea față de corpuri de apă, conductele reprezintă principala metodă de transport utilizată în cadrul operațiunilor CCS.

**Stocarea CO<sub>2</sub>.** Cel de-al treilea proces din cadrul tehnologiei CCS, stocarea, implică și măsurătorile, monitorizarea și verificarea. CO<sub>2</sub> poate fi stocat în siguranță în puțuri de petrol sau gaze (lucru ce a fost făcut timp de multe decenii), dar cele mai mari situri potențiale sunt formațiunile geologice precum straturile acvifere saline. În orice caz, un strat geologic care să acționeze ca un strat impermeabil de blocare trebuie să existe deasupra sitului, iar stocarea trebuie să fie permisă doar în situri bine alese și care să fie însoțite de o monitorizare strictă și de obligația de a remedia orice scurgere.

Sechestrarea dioxidului de carbon în pământ nu este o invenție umană. În multe țări, dioxidul de carbon a existat în mod natural, în formațiuni geologice, de milioane de ani.

Cel mai important lucru este procesul de selecție a siturilor și apoi gestionarea acestora. Tabelul 1 prezintă capacitatea globală de stocare a dioxidului de carbon [1].

Cerințele privind alegerea sitului sunt concepute astfel încât să fie alese doar acele situri care prezintă riscuri minime de scurgeri.

Dacă, în pofida măsurilor de precauție luate la alegerea sitului, apare o scurgere, având în vedere monitorizarea care trebuie efectuată în mod obligatoriu, măsuri corective vor fi aplicate în cel mai scurt timp posibil în scopul restabilirii securității sitului.

Siturile bine alese și exploatate, au un risc scăzut, cu mai puțin de 1 % CO<sub>2</sub> injectat ce ar putea să scape din rezervoarele de stocare, de-a lungul unei perioade de peste o mie de ani.

Tabelul 1

	Cantitatea la nivel mondial	
	Giga tone	% din totalul emisiilor în perioada 2000 +2050
Zăcăminte de petrol și gaze epuizate	920	45 %
Formațiuni saline de adâncime	400 +10 000	20 + 500 %
Strate de cărbune ne-exploatate	> 15	> 1%

Cel mai scăzut nivel estimat al capacitații de stocare este de aproximativ 1.700 gigatone (emisiile anuale globale sunt de aproximativ 30 gigatone).

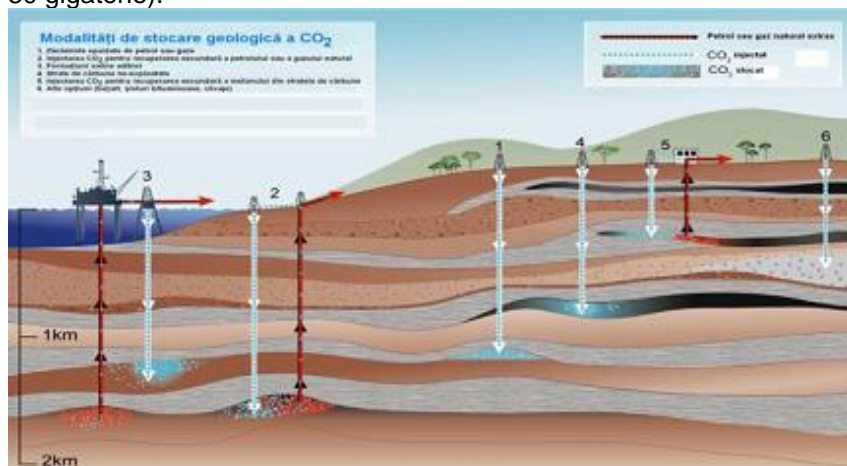


Fig. 2 Opțiuni de stocare geologică a CO<sub>2</sub> în procesul integrat CCS  
 1-zacaminte epuizate de petrol sau gaze, 2-injectarea CO<sub>2</sub> pentru extracția petrolului sau gazului, 3- acvifere saline, 4- straturi de cărbune neexploatabile, 5- injectarea CO<sub>2</sub> pentru producerea metanului din straturi de cărbune, 6- alte opțiuni (strat bazaltic, cavități)

#### 4. Concluzii

■ Studiile recente apreciază că mărirea eficienței energetice și dezvoltarea utilizării resurselor regenerabile de energie nu sunt măsuri suficiente pentru stabilizarea concentrației de CO<sub>2</sub> în atmosferă și stoparea încălzirii globale. Din acest motiv devine necesară captarea și stocarea CO<sub>2</sub>.

■ În prezent se dezvoltă trei metode de captare a CO<sub>2</sub> generat din procesele de ardere: postcombustia, oxi-combustia și pre-combustia. Deși post-combustia reprezintă tehnologia de captare cea mai dezvoltată, sunt necesare încă cercetări pentru perfecționarea acestei metode.

■ Se apreciază că stocarea în structuri geologice a CO<sub>2</sub> se remarcă prin capacitate mare și risc scăzut, spre deosebire de stocarea în oceane, iar costurile de stabilizare a concentrației de gaze cu efect de seră ar fi mai reduse.

■ România dispune de capacități importante de stocare geologice a CO<sub>2</sub> în zăcămintele subterane de țiței și gaze naturale aflate într-un grad avansat de epuizare. Sunt necesare studii urgente de evaluare a condițiilor de eligibilitate a siturilor potențiale, în vederea implementării unor proiecte demonstrative cu sprijin U.E.

## BIBLIOGRAFIE

[1] Constantin, C., Tomescu, C., Mircea, I., *Captarea și stocarea CO<sub>2</sub>. Obligații legislative în perspectivă imediată*. Forumul regional al energiei – FOREN 2008, Neptun.

[2] Curry, T., Reiner, D.M., Ansolabehere, S., and Herzog, H., *How aware is the public of carbon capture and storage?* Paper presented at the 7 International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, 5-9 September, Vancouver, Canada, 2004.

[3] Deac, Cristina, Biris, I., *Controlul arderii combustibililor în instalații industriale*. În Știință și Inginerie. Vol.9, Editura AGIR, Bucuresti, 2006, pag. 369-374.

[4] Gaus, I., Azaroual, M., Czernichowski-Lauriol, I., *Reactive transport modelling of the impact of CO<sub>2</sub> injection on the clayey cap rock at Sleipner (North Sea)*. Chemical Geology (in press) 2005.

[5] \* \* \* *DIRECTIVE C.E. privind stocarea geologica a dioxidului de carbon: 85/337/CEE; 96/61/CE; 2000/60/EC; 2001/80/CE; 2004/35/CE; 2006/12/CE si Regulamentul(CE) nr. 1013/2006.*

[6] \* \* \* [http://www.co2captureproject.com/overview/co2\\_cp\\_brochure\\_files/CCP1\\_summary.pdf](http://www.co2captureproject.com/overview/co2_cp_brochure_files/CCP1_summary.pdf)

[7] \* \* \* [http://www.creeaza.com/legislatie/administratie/ecologie-mediu/Capta\\_rea-si-stocarea-CO315.php](http://www.creeaza.com/legislatie/administratie/ecologie-mediu/Capta_rea-si-stocarea-CO315.php).

Șef lucr.Dr.Ing. Cristina Daniela HORJU-DEAC

Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca, Facultatea de Știința și Ingineria  
Materialelor - crisdd19@yahoo.com

Dr. Ancuța Cristina ȚENTER

Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca, Facultatea de Știința și Ingineria  
Mediului – E-mail: ancuta.radutenter@gmail.com