

Beneficiile tehnologiei de captare, utilizare și stocare a carbonului (CCUS)



Rezumat executiv	2
1. Introducere: Captarea, utilizarea și stocarea carbonului (CCUS)	3
1.1. Definiție	3
2. Cum funcționează tehnologia CCUS	4
2.1. Caracteristici tehnice ale CCUS	4
2.2. Principalele avantaje ale tehnologiei CCUS	8
2.3. Riscuri și provocări legate de implementarea tehnologiei	9
2.4. Contribuția la atingerea obiectivelor de net zero	11
3. Oportunități de introducere a tehnologiei CCUS în România	12
3.1. Stocare	12
3.1.1. Potențialul geologic al României (zăcăminte de hidrocarburi epuizate, acvifere saline)	12
3.1.2. Potențialul tehnologic al României	14
3.2. Utilizarea CO ₂	14
3.2.1. Cum se procedează	14
3.2.2. Exemple de utilizare a CO ₂ - proiecte românești și internaționale	15
3.3. Domenii de interes pentru punerea în aplicare a noii tehnologii	16
4. Exemple de proiecte pilot implementate cu succes la nivel european și internațional	17
4.1. Proiecte CCS pe uscat (onshore): Franța, Croația	17
4.2. Proiecte CCS în largul mării (offshore): Norvegia, Danemarca, Țările de Jos, Regatul Unit	18
5. Maparea reglementărilor	21
5.1. Cadrul UE pentru dezvoltarea pieței pentru emisiile de CO ₂	21
5.1.1. Regulamentul UE Net Zero Industry Act - obligația de a asigura capacitatea de injecție pentru producătorii de petrol și gaze naturale	21
5.1.2. Provocări legate de punerea în aplicare	23
5.2. Cadrul legislativ și non-legislativ național	24
5.2.1. Elemente lipsă și recomandări pentru actualizarea legislației pentru a reflecta cerințele tehnologiei CCUS	24
5.2.2. Necesitatea unei strategii naționale pentru implementarea cu succes a tehnologiei CCUS	24
5.2.3. Acceptarea socială a tehnologiei CCUS - potențial obstacol în calea implementării	25
Concluzii	26

Rezumat executiv

Tehnologia de captare, utilizare și stocare a carbonului (CCUS) poate juca un rol cheie în atingerea neutralității carbonului, pe lângă menținerea productivității și competitivității industriei românești, în special în sectoarele energo-intensive și greu de decarbonizat.

CCS contribuie la atenuarea schimbărilor climatice, permițând captarea emisiilor de CO₂ înainte ca acestea să ajungă în atmosferă sau eliminând emisiile istorice din aer. CCS permite sectorului industrial să își continue activitatea cu emisii reduse de CO₂, jucând astfel un rol esențial în atenuarea emisiilor antropice. CCS poate contribui, de asemenea, la dezvoltarea unei platforme pentru hidrogenul albastru, ca sursă de energie alternativă.

Acest document explorează diferitele metode de stocare a CO₂, analizând beneficiile, provocările și oportunitățile care decurg din acestea. De asemenea, sunt analizate proiectele actuale de CCS și cele mai bune practici din Europa și din întreaga lume, oferind o înțelegere cuprinzătoare a stadiului actual al evoluțiilor tehnologice din acest sector, precum și a diversității modelelor de afaceri adoptate în diferite state.

Structurile geologice adecvate pentru stocarea CO₂ pot fi prezente atât pe uscat, cât și în largul mării (offshore), fiecare tip de formațiune geologică prezentând oportunități și provocări diferite. Depozitarea geologică este definită ca fiind plasarea CO₂ într-o formațiune subterană, astfel încât să rămână depozitat în condiții de siguranță și în mod permanent.

Conform unor cercetări științifice recente legate de sectorul CCS, acviferele saline pot stoca între 1.000 și 10.000 de giga tone de CO₂. În același timp, capacitatea de stocare a structurilor geologice de petrol și gaze epuizate se ridică la 900 de Giga tone de CO₂ (Bourg et al, 2015¹). În mod concret, injectarea de CO₂ în rezervoarele de hidrocarburi poate asigura stocarea subterană permanentă și sigură a unei cantități semnificative de CO₂, îmbunătățind în același timp recuperarea hidrocarburilor (Enhanced Hydrocarbon Recovery), ceea ce permite reducerea costurilor de exploatare.

Depozitele de hidrocarburi epuizate, atât convenționale, cât și neconvenționale, ar putea servi ca depozite geologice de CO₂ după producerea hidrocarburilor dacă îndeplinesc criteriile tehnice specifice și conform analizei economice se demonstrează fezabilitatea proiectului. Este demn de remarcat faptul că recuperarea treptată a hidrocarburilor reziduale după injectarea de CO₂ ar putea reduce costurile legate de operațiunea de constituire a depozitului de stocare CO₂.

Este crucial să se acorde atenție întregului lanț valoric al proiectelor CCS, de la captare până la depozitare, având în vedere importanța și impactul lor în diverse sectoare precum petrolul și gazele naturale, cimentul, oțelul, sticla, hârtia, transporturile, agricultura și mediul înconjurător. Deoarece costurile inițiale pentru dezvoltarea acestor proiecte sunt semnificative, este esențial să se asigure fezabilitatea lor financiară și acceptarea lor de către toate părțile implicate.

În plus, așa cum au evidențiat numeroase analize și cercetări recente efectuate la nivel internațional, tehnologia CCS are potențialul de a genera noi locuri de muncă directe și indirecte, de înaltă calificare, în întregul lanț valoric industrial. Sectoare precum cel al petrolului și gazelor, având în vedere experiența lor îndelungată legată de geologie, rezervoare, în efectuarea operațiunilor de foraj și în operarea instalațiilor și infrastructurii de petrol și gaze, au o expertiză unică care poate fi ușor transferată și utilizată pentru implementarea proiectelor CCS, atât în România, cât și în întreaga lume.

România, ca țară cu o tradiție îndelungată în domeniul explorării și exploatării petrolului și gazelor naturale, are o oportunitate unică de a pune în aplicare și de a utiliza cele mai bune practici și know-how disponibile. Companiile românești din domeniul petrolului și gazelor naturale pot contribui în mod semnificativ la dezvoltarea și implementarea tehnologiei CCS, având în vedere expertiza și competențele lor în acest sector.

În ceea ce privește punerea în aplicare a cadrului legislativ necesar pentru a permite operatorilor să utilizeze tehnologia CCS în România, intrăm în detalii cu privire la directive, cum ar fi Directiva CCS și Ghidurile care o însoțesc, care prezintă liniile directoare pentru operațiuni sigure de stocare a CO₂, Sistemul de comercializare a Certificatelor de Emisii, Regulamentul UE Net Zero Industry Act și legislația națională. În același timp, nu uităm că acceptarea socială este crucială, necesitând strategii de comunicare eficiente, adaptate la comunitățile locale.

În timp ce cadrul UE oferă o bază pentru dezvoltarea CCUS, abordarea provocărilor legate de implementare este vitală pentru succesul României în acest domeniu. România are nevoie de ajustări suplimentare ale reglementărilor și de o strategie națională pentru implementarea CCUS, inclusiv identificarea potențialelor situri, implicarea părților interesate și asigurarea acceptării sociale.

Toate aspectele abordate în acest document sunt esențiale pentru implementarea cu succes a inițiativelor CCUS în România.

1 <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.5b03003>

1. Introducere: Captarea, utilizarea și stocarea carbonului (CCUS)

1.1. Definiție

Captarea și stocarea carbonului (sechestrarea dioxidului de carbon) reprezintă un set de tehnologii care vizează captarea, transportul și stocarea permanentă în condiții de siguranță a CO₂, care altfel ar fi eliberat în atmosferă. Tehnologiile de captare și utilizare a carbonului (CCU) permit reutilizarea carbonului captat, sporind circularitatea acestuia și reducând potențial emisiile sale în atmosferă.

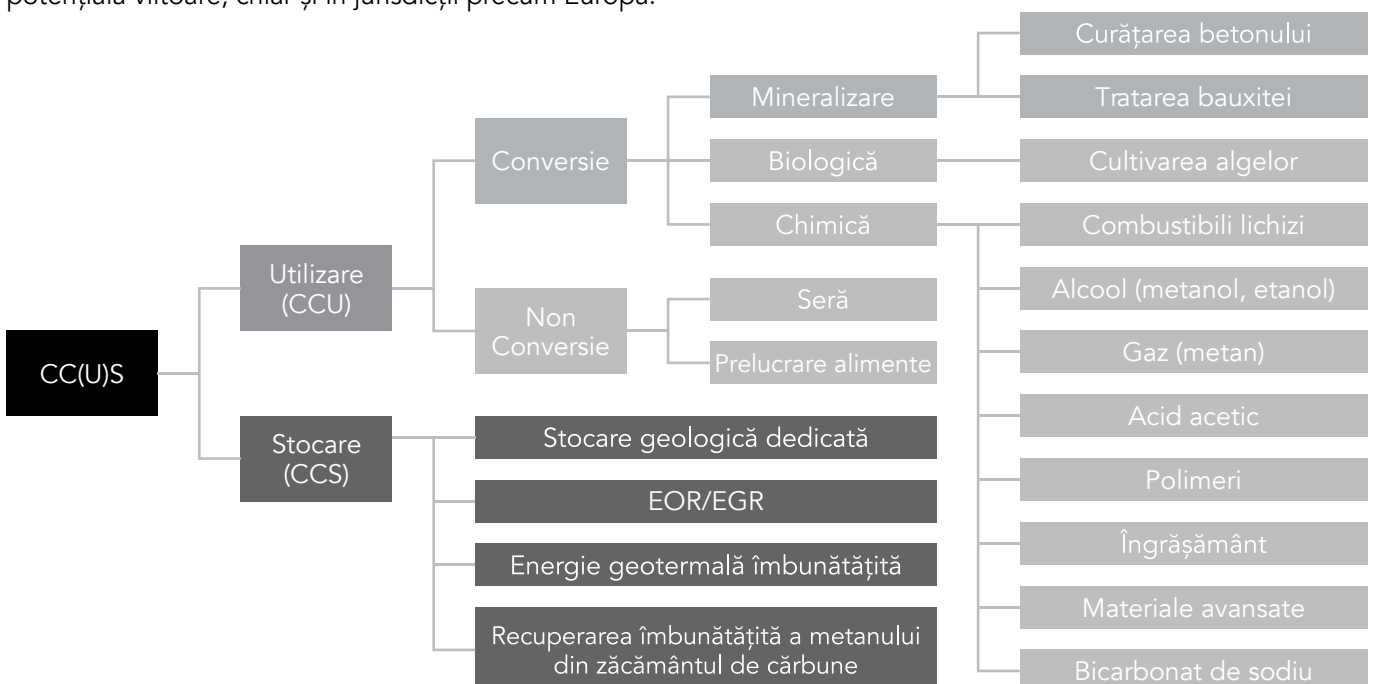
Sechestrarea geologică este o metodă dovedită de stocare subterană a CO₂ în care acesta este injectat în subteran în formațiuni adânci de roci pentru a fi stocat pe termen lung. Prin captarea CO₂ și stocarea acestuia la mare adâncime în subteran, operatorii pot preveni eliberarea de emisii de CO₂ în atmosferă, contribuind astfel la protejarea mediului și la combaterea activă a schimbărilor climatice pe termen lung prin sprijinirea decarbonizării industriilor energo-intensive.

Captarea și stocarea dioxidului de carbon (CCS) cuprinde tehnologiile care vizează captarea CO₂ și stocarea acestuia în condiții de siguranță în subteran. Astfel, CCS include atât captarea CO₂ de la surse mari de emisii (cunoscută și sub denumirea de captare din surse punctuale), cât și direct din atmosferă. Captarea la sursă punctuală are loc atunci când o sursă mare de emisii, cum ar fi o instalație industrială, este echipată cu o tehnologie care permite captarea și redirectionarea spre depozitare a CO₂. Este demn de remarcat faptul că captarea și stocarea directă în atmosferă (DACCS) și bioenergia cu captare și stocare (BECCS) fac posibilă eliminarea **emisiilor istorice de CO₂**.

Utilizarea carbonului cuprinde o varietate de aplicații în care dioxidul de carbon este captat și utilizat, fie în forma sa originală (fără modificări chimice), fie prin transformare, în diverse scopuri. În prezent, CO₂ este utilizat cu precădere în industria îngrășămintelor și pentru recuperarea îmbunătățită a petrolului. Cu toate acestea, printre aplicațiile emergente se numără producția de combustibili sintetici, de substanțe chimice și de agregate pentru construcții cu ajutorul CO₂, care câștigă din ce în ce mai mult teren.

Experții internaționali în domeniul climei sunt de acord că tehnologia **CCS este deosebit de importantă pentru sectoarele greu de eliminat, cum ar fi producția de ciment și oțel**, în care nu există în prezent nicio opțiune viabilă pentru decarbonizarea procesului de producție, și pentru eliminarea CO₂ care se află deja în atmosferă. Potrivit experților naționali și internaționali, CCS prezintă oportunități unice de a atinge **neutralitatea climatică**.

Proiectele CCS au devenit ceva obișnuit în America de Nord și în Europa, fiind susținute de reglementări politice mai solide și de prețuri mai mari pentru carbon. Aceste jurisdicții elaborează, de asemenea, reglementări cuprinzătoare privind CCS. Cu toate acestea, nivelul de dezvoltare a resurselor de stocare geologică este depășit de cererea potențială viitoare, chiar și în jurisdicții precum Europa.



Sursa: Analiză bazată pe Kearney/Energy Transition Institute, 2021

2. Cum funcționează tehnologia CCUS

2.1. Caracteristici tehnice ale CCUS

Sechestrarea geologică este utilizată de zeci de ani. În contextul apariției unor politici și reglementări generale mai stricte în materie de climă, se observă o accelerare a dezvoltării de noi proiecte CCS. Trebuie avut în vedere faptul că dezvoltarea acestor proiecte durează în medie între șapte și zece ani. În prezent, observăm factori de politică mai puternici decât în deceniul precedent.

Cu toate acestea, este important să ne asigurăm că investițiile în proiecte de CCS și în inițiative de neutralitate climatică **au sens din punct de vedere economic**. În ceea ce privește stocarea, este esențial să se țină seama de faptul că investițiile trebuie să fie fezabile, având în vedere că tehnologia CCS prezintă oportunități semnificative pentru atingerea neutralității climatice. Mai important, investitorii trebuie să ia în considerare faptul că, înainte de a se angaja în dezvoltarea unui proiect CCS, trebuie elaborate și aprobate studii geologice (de subsol) și de laborator, studii de inginerie și de siguranță a instalațiilor, evaluări ale impactului asupra mediului și studii de fezabilitate. Toate acestea necesită resurse financiare și umane semnificative.

În timpul captării, CO₂ este separat de gazele de ardere produse în instalații industriale mari, cum ar fi oțelării, fabricile de ciment, instalațiile petrochimice sau din atmosferă. În prezent, **sunt utilizate mai multe metode de captare, toate fiind dovedite și eficiente**, cu metode diferite aplicate în funcție de sursa de emisii.

CO₂ poate fi captat din hidrocarburi înainte, în timpul sau după ardere. O analiză Kearney² evidențiază **patru tehnologii de captare a CO₂** în diferite etape ale lanțului valoric al combustiei. Printre acestea se numără:

- **Precombustia**, ce presupune ca o sursă de combustibili din hidrocarburi este transformată în gaz, prin separarea CO₂ de restul gazelor. H₂ este apoi utilizat pentru a alimenta centrala electrică sau pentru a produce alte substanțe chimice sau combustibili sintetici. Acest proces este mai eficient din punct de vedere energetic decât cel de postcombustie, dar necesită un tip de centrală electrică nouă și costisitoare, cum ar fi un ciclu combinat integrat de gazeificare.
- **Oxi-combustie**, în care combustibilul este ars în oxigen pur în loc de aer, producând astfel un flux concentrat de CO₂ în gazele de ardere. Oxi-combustia ar putea fi adăugată la instalațiile actuale, dar cu o reproiectare semnificativă.
- **Post-combustie**, în care CO₂ este separat de gazele de ardere după combustie cu aer și poate fi realizat în centralele electrice și în instalațiile industriale, cu costuri și pierderi de energie relativ mici.
- **Desulfurarea gazelor naturale**, în timpul căreia CO₂ este separat de gazele naturale brute într-o instalație de rafinare.

După ce CO₂ este separat, acesta va fi deshidratat și comprimat pentru **transport**. Conductele reprezintă cea mai comună modalitate de transport pentru cantități semnificative de CO₂. Transportul de CO₂ are loc zilnic în multe părți ale lumii. Cu toate acestea, sunt necesare investiții semnificative în infrastructura de transport pentru a permite o desfășurare la o scară decentă.

Alte mijloace de transport al CO₂, atât în stare gazoasă, cât și în stare lichidă, implică utilizarea de **cisterne și de nave**. CO₂ lichid, care ocupă un volum mai mic decât forma sa gazoasă, este de obicei comprimat înainte de transport. Operatorii de conducte de CO₂ au stabilit **specificații minime de compoziție** pentru a preveni coroziunea și alte efecte negative asupra infrastructurii de transport și a instalațiilor de depozitare. În cazul lipsei unei conducte de transport pe calea ferată sau cel naval reprezintă opțiuni de acces la depozite. Transporturile de CO₂ pe scară largă se aseamănă cu transportul de gaz lichefiat, având puncte comune cu această industrie globală.

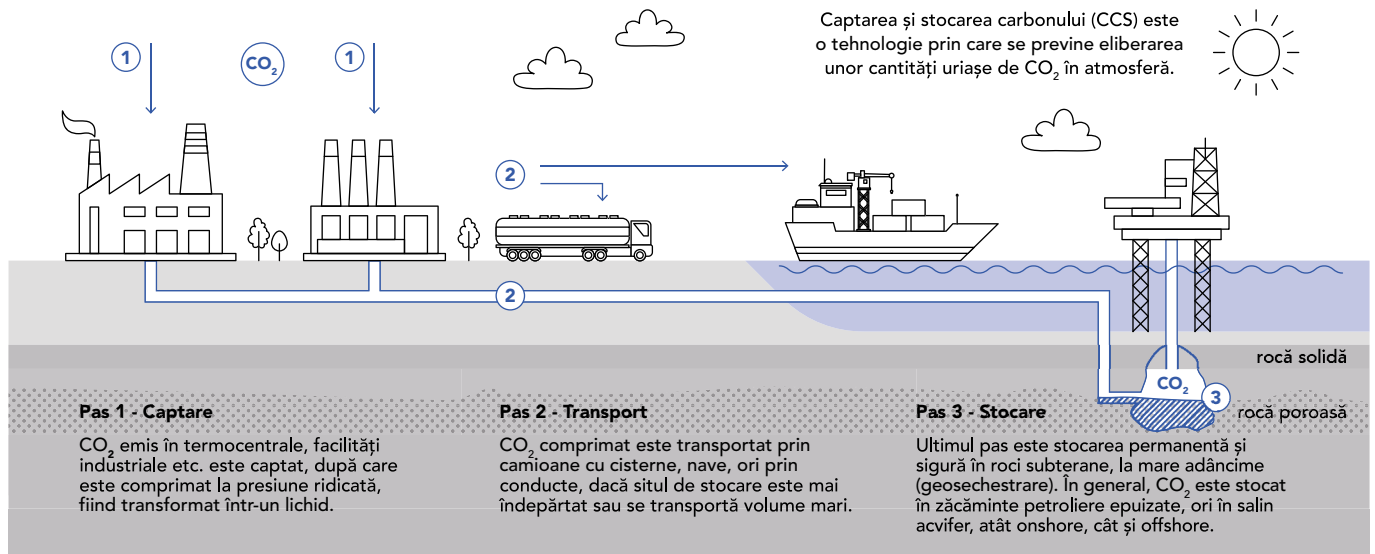
Dioxidul de carbon este mult mai sigur de transportat decât multe alte substanțe, deoarece nu formează combinații inflamabile sau explozive, așa cum fac petrolul sau gazele. Mai important, CO₂ nu este direct toxic pentru oameni sau pentru fauna sălbatică atunci când este eliberat în aer, cu excepția cazului extrem de improbabil în care eliberarea se produce foarte rapid și în cantități mari. Conductele de CO₂ și alte metode de transport sunt sigure și atent gestionate în conformitate cu standardele internaționale. În plus, există o experiență semnificativă în ceea ce privește dezvoltarea și exploatarea conductelor atât pe uscat, cât și sub mare. În prezent, în SUA funcționează aproximativ 50 de conducte de CO₂, pe o distanță de peste 8.000 de kilometri, care transportă în fiecare an aproximativ 70 de milioane de tone de CO₂.

² Captarea, utilizarea și stocarea carbonului - Kearney - <https://www.kenarney.com/documents/17779499/17781864/CCUS-2021+FactBook.pdf/718e94af-1536-b23e-1ac9-a4de74ffef25?t=1623398953000>

În același timp, infrastructura de conducte pentru susținerea proiectelor CCS va trebui să se extindă în mod semnificativ, pentru a permite atingerea obiectivelor climatice. Potrivit Global CCS Institute, vor fi necesare între 70 și 100 de instalații de captare construite în fiecare an. Aceste instalații vor trebui să fie susținute de 200.000 de kilometri de conducte până în 2050, cu o rată medie de construcție a conductelor de 5.200 – 7.200 km pe an.

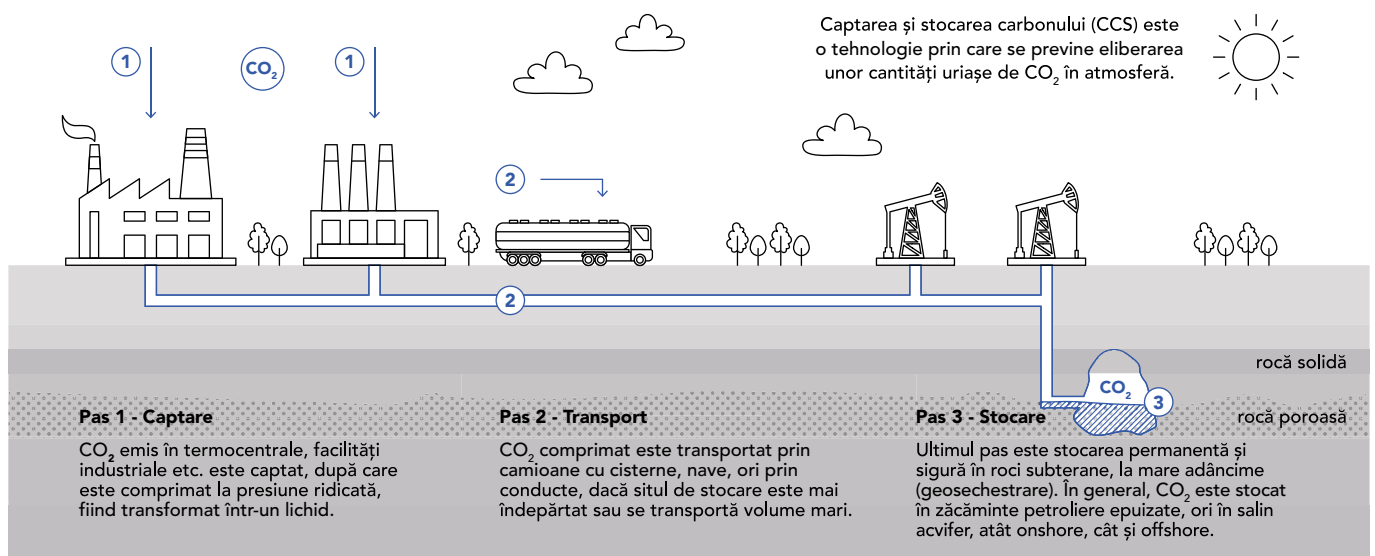
După transport, CO₂ este **injecat în formațiuni de roci subterane adânci (pe uscat sau în larg)**, adesea la adâncimi de un kilometru sau mai mult, unde este depozitat în condiții de siguranță. Formațiunile de roci utilizate pentru stocare sunt similare structurilor geologice care au păstrat petrolul și gazele în subteran timp de milioane de ani. Până în prezent, **aproape 300 de milioane de tone de CO₂** au fost deja injectate cu succes și în condiții de siguranță în subteran.

Imaginea de mai jos prezintă etapele de stocare a carbonului în depozitele epuizate din largul mării.



Sursa: FPPG, <https://ccs.fppg.ro/en/>

Imaginea de mai jos prezintă etapele de stocare a carbonului în depozitele epuizate de pe uscat.



Sursa: FPPG, <https://ccs.fppg.ro/en/>

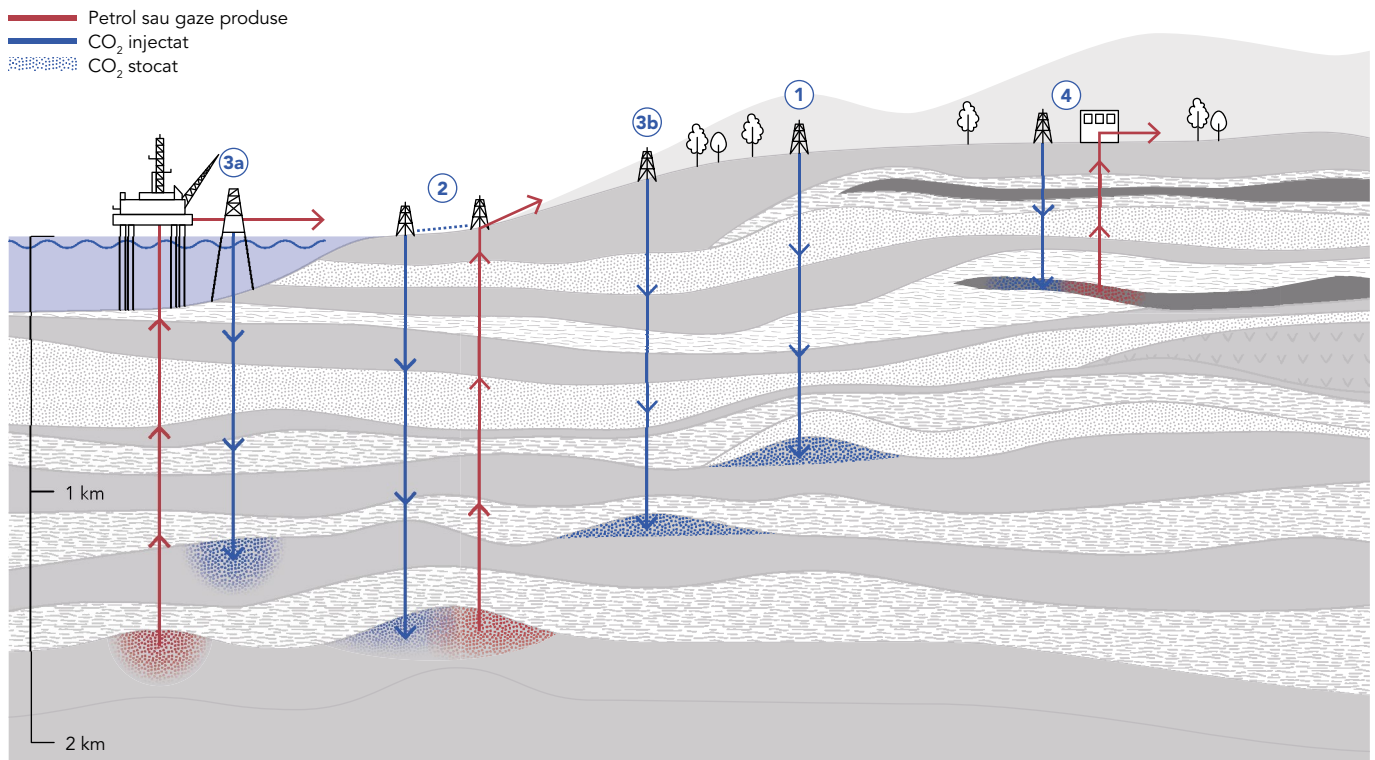
Injectarea și stocarea CO₂ reprezintă etapa finală a procesului CCS. Trebuie remarcat faptul că procesele aferente sunt complexe și costisitoare. În ceea ce privește condițiile geologice, există numeroase sisteme geologice în întreaga lume capabile să păstreze pe termen lung CO₂ captat din procesele industriale sau direct din aer.

Tipurile de stocare geologică includ formațiuni acvifere saline de mare adâncime, rezervoare de petrol și gaze epuizate, structuri de carbon care sunt dificil de exploatat și structuri de bazalt. În plus, următoarele structuri pot fi optimizate pentru a stoca CO₂:

- (1) zăcăminte de petrol și gaze epuizate;
- (2) structuri acvifere saline;
- (3) formațiuni de cărbune de mare adâncime;
- (4) Utilizare pentru recuperare secundară de hidrocarburi din zăcămintele de hidrocarburi;
- (5) Utilizare pentru recuperare secundară de metan din formațiunile de cărbune.

Metode de stocare a CO₂ în formațiuni geologice de mare adâncime

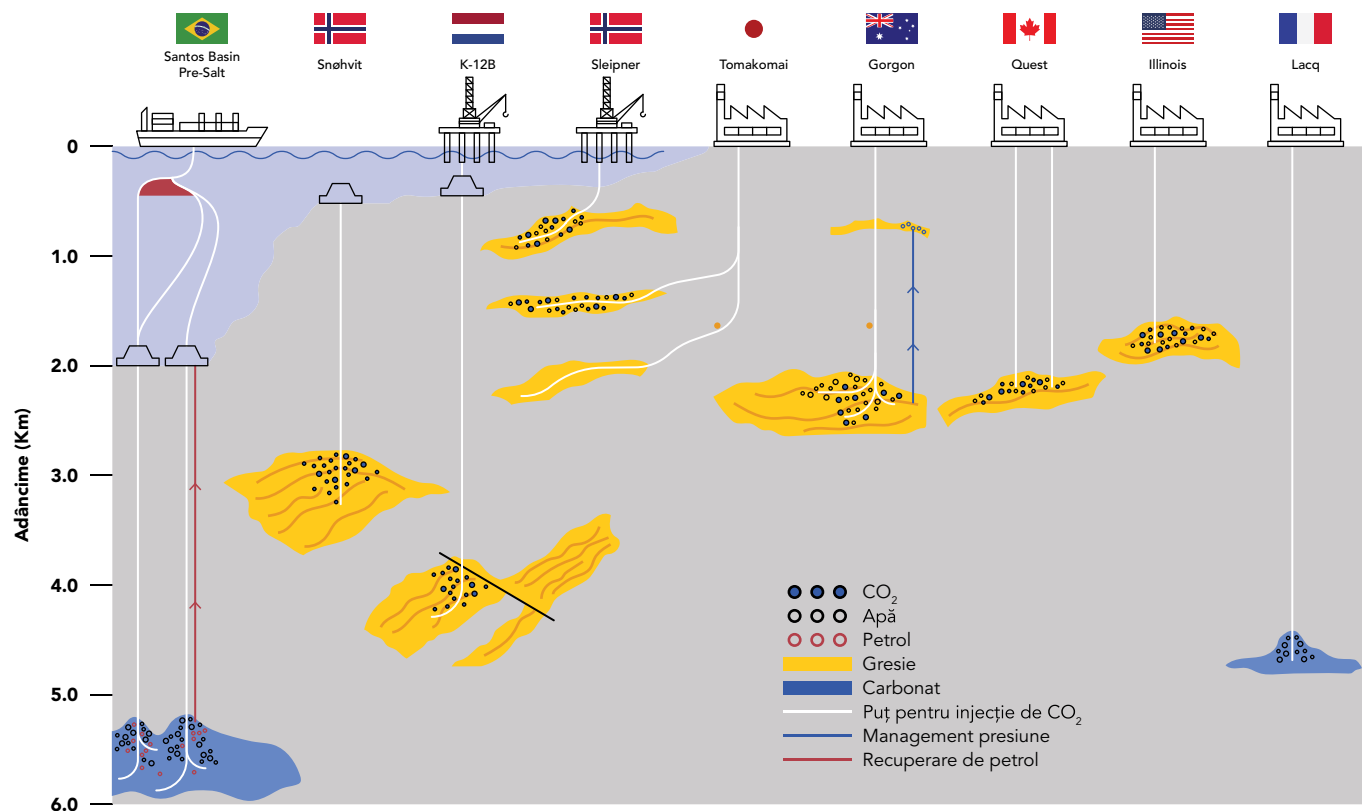
1. Rezervoare de petrol și gaze epuizate
2. Utilizarea CO₂ pentru recuperarea îmbunătățită de petrol și gaze
3. Formațiuni salină adânci - (a) offshore, (b) onshore
4. Utilizarea de CO₂ în recuperarea îmbunătățită a metanului din straturile de cărbune



Sursa: https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/_reports_carbon_dioxide_graphics.htm

Tehnologia CCS este deja prezentă în întreaga lume. În prezent, există 41 de instalații în funcțiune în întreaga lume, dar potențialul de implementare a tehnologiei CCS este mult mai mare. Conform studiului PWC - EPG **"Potențialul de captare și stocare a dioxidului de carbon în România"**³, CCUS este cel mai eficient din punct de vedere financiar atunci când este aplicat la surse mari de CO₂, cum ar fi centralele electrice și fabricile de oțel.

Cercetările efectuate de Global CCS Institute evidențiază faptul că CO₂ a fost injectat și stocat permanent într-o gamă largă de jurisdicții, medii și geologii, după cum se evidențiază în graficul de mai jos:



Sursa: Institutul Global CCS

2.2. Principalele avantaje ale tehnologiei CCUS

Lucrările științifice recente legate de punerea în aplicare a tehnologiei CCS prin injectarea de CO₂ în rezervoarele de hidrocarburi pot îmbunătăți factorul de recuperare a rezervelor. Zăcămintele de gaze naturale epuizate prezintă o capacitate de stocare mai mare pentru CO₂, în comparație cu rezervoarele de petrol, având în vedere factorul de recuperare primară ridicat în cazul primelor (>60%). Factorul de recuperare a gazelor naturale este aproape dublu în comparație cu cel de recuperare a petrolului (Kuhn și Munch, 2013⁴).

Deși piața CCS nu este încă pe deplin matură, multe studii subliniază impactul socio-economic al proiectelor CCS. Printre acestea se numără rolul major al CCS în reducerea emisiilor de CO₂ și **contribuția la obiectivul "zero net"**, precum și la realizarea unei **decarbonizări profunde a industriei grele** (în special a industriei cimentului, a fierului, a oțelului și a industriei chimice). În plus, sectorul CCS poate genera noi locuri de muncă, în special în timpul fazei de construcție a infrastructurii necesare pentru implementarea proiectelor CCS. Odată finalizată faza de construcție, generarea de noi locuri de muncă tinde să scadă, numărul de locuri de muncă create în lanțul valoric aferent fiind cuprins între 200 și 300, dintre care până la 100 ar fi în cadrul uzinei⁵.

În plus, sectorul CCS poate permite **producerea de hidrogen la scară largă cu emisii reduse de CO₂**. Hidrogenul poate juca un rol major în decarbonizarea sectoarelor greu de eliminat menționate mai sus, servind în același timp ca sursă importantă de energie pentru sectorul casnic și pentru producerea de energie electrică.

În același timp, sectorul CCS poate furniza energie centralizată cu emisii reduse de CO₂, deoarece decarbonizarea rapidă a producției de energie electrică este esențială pentru atingerea obiectivului net zero. Centralele electrice echipate cu tehnologie CCS joacă astfel un rol important. Tehnologia CCS poate, de asemenea, să sprijine eforturile de inovare suplimentare în întreaga economie națională, în special în statele cu experiență îndelungată în explorarea și exploatarea resurselor de petrol și gaze. Ca urmare a acestui context specific, acestea dispun de o forță de muncă și de cunoștințe profund calificate.

În plus, implementarea pe scară largă a tehnologiei CCS este posibil să genereze noi oportunități în ceea ce privește generarea de infrastructură și furnizarea de servicii și finanțarea de produse obținute cu emisii scăzute de CO₂. CCS poate permite, de asemenea, reutilizarea infrastructurii și amânarea costurilor de dezafectare în sectorul petrolului și al gazelor. Mai exact, în cazul zăcămintelor de petrol și gaze pe cale de a se epuiza, părți din infrastructura existentă utilizată în acest sector pot fi reutilizate pentru a transporta și stoca CO₂. Acest lucru ar contribui la o serie de beneficii, cum ar fi reducerea costurilor de construcție a infrastructurii de transport și stocare și, într-o anumită măsură, la reducerea perioadei de autorizare.

Investiția și impactul unui proiect CCS



Sursa: FPPG, <https://ccs.fppg.ro/en/>

4 Kuhn and Munch, 2013 - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920410520307518>

5 PwC - Studiu EPG, 2022

2.3. Riscuri și provocări legate de implementarea tehnologiei

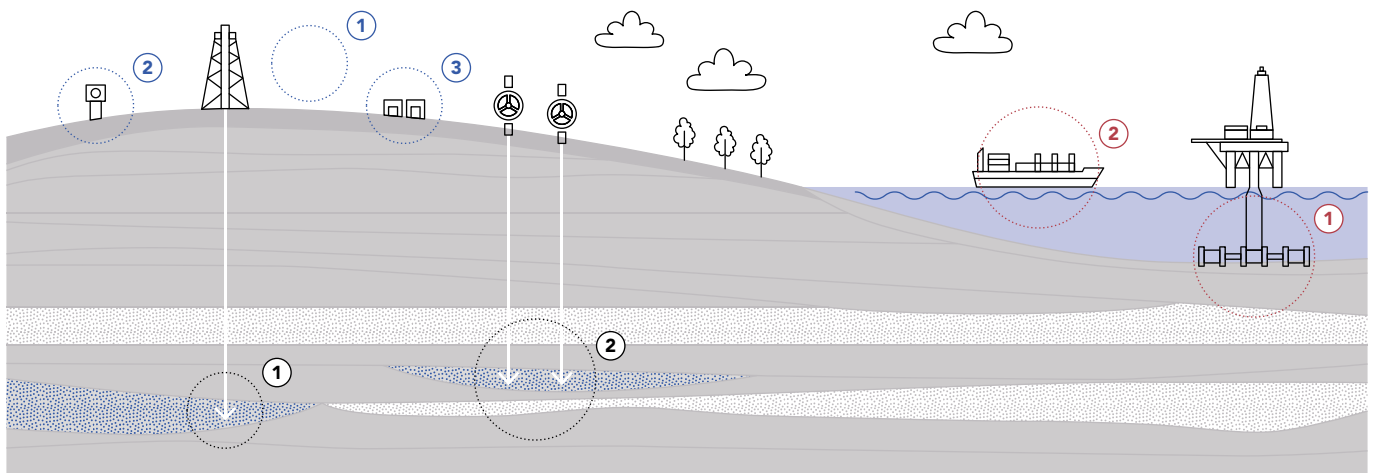
Proiectele de stocare a CO₂ presupun izolarea în siguranță a CO₂ în subsol (la adâncimi de minim 700 m), prevenind în același timp impactul negativ asupra mediului și a sănătății umane. Orice incertitudini legate de operațiunile din subteran pot fi gestionate prin măsuri și abordări specifice.

Liniile directe ale sistemului de gestionare a resurselor de stocare (SRMS) de CO₂⁶ oferă unele orientări cu privire la incertitudinile legate de evaluarea estimărilor privind resursele de stocare. Incertitudinile legate de un proiect de stocare geologică a carbonului includ caracterizarea sitului, operațiunile pe teren, monitorizarea post-stocare și activitățile de post închidere.

Un set de tehnici de monitorizare este în curs de implementare pentru a asigura supravegherea continuă a siturilor de stocare a CO₂. Acestea includ verificări cuprinzătoare la nivel de reglementare și de industrie, cu o probabilitate scăzută de scurgere în atmosferă, așa cum au evidențiat cercetările efectuate până în prezent. Gestionarea riscurilor îi ajută pe operatori să prioritizeze eforturile de monitorizare prin identificarea domeniilor și a tipurilor de operațiuni care prezintă cele mai mari riscuri, permițând organizațiilor să își concentreze activitatea de monitorizare pe atenuarea și gestionarea mai eficientă a acestor riscuri.

Potrivit unui raport recent publicat de Asociația Internațională a Producătorilor de Petrol și Gaze (IOGP)⁷, proiectele de stocare a carbonului sunt complexe și prezintă riscuri de subsol care necesită o evaluare cuprinzătoare a riscurilor și gestionarea incertitudinilor. **Evaluările de risc** sunt concepute pentru a oferi operatorilor informații valoroase cu privire la probabilitatea și consecințele potențiale ale diferitelor riscuri legate de stocarea geologică a CO₂, precum și pentru a-i ajuta să aloce resursele în mod eficient.

Gestionarea incertitudinii este strâns legată de gestionarea riscurilor. Procesul de gestionare a riscurilor include evaluarea riscurilor și o serie de etape de integrare analitică. **Măsurătorile și observațiile pe teren** sunt utilizate pentru a evalua dacă riscurile și rezultatele asociate sunt evaluate în mod adecvat. Măsurătorile pot fi efectuate în mai multe moduri. Printre exemple se numără măsurători electrometrice de zăcământ, monitorizarea continuă a temperaturii și a presiunii prin intermediul senzorilor instalați în puțurile de monitorizare și citirea exactă a modificărilor la suprafață. **Operațiunile de monitorizare** pot implica, de asemenea, compararea valorilor actuale ale activelor măsurate cu valorile anterioare, inclusiv cu un nivel de referință care a fost măsurat înainte de începerea operațiunilor de injecție. Unele dintre aceste tehnici sunt prezentate în graficul de mai jos.



1 Atmosferă
EM aerian
Spectral aerian
Interferometrie prin satelit

2 Suprafață
Covarianță turbionară
Flux de gaze de suprafață
Concentrații de gaze din sol
Chimia apelor subterane

3 Suprafață
Seismic de suprafață 2D/3D
Teren EM/TRE
Gravimetrie de suprafață
Inclinatoare

1 Subteran
Chimia fluidelor din gaura de scurgere
Presiunea în gaura de scurgere
Temperatura găurii
Jurnale geofizice

2 Subteran
Gaură transversală EM
Gaură transversală ERT
Gaură transversală seismică
Microseismic
Profilare seismică verticală
Puț gravimetrie

1 Offshore
Profilare Boomer/Sparker
Detectare flux de bule
Sondări multi-ecou
Sonar Sidecan

2 Offshore
Prelevare probe de gaze de pe fundul mării
Geochemia fundului mării
Seismic pe fundul mării
Fundul mării EM

EM Electromagnetic
TRE Tomografie rezistență electrică

6 Societatea Inginerilor Petroliști - <https://www.spe.org/en/industry/co2-storage-resources-management-system/>

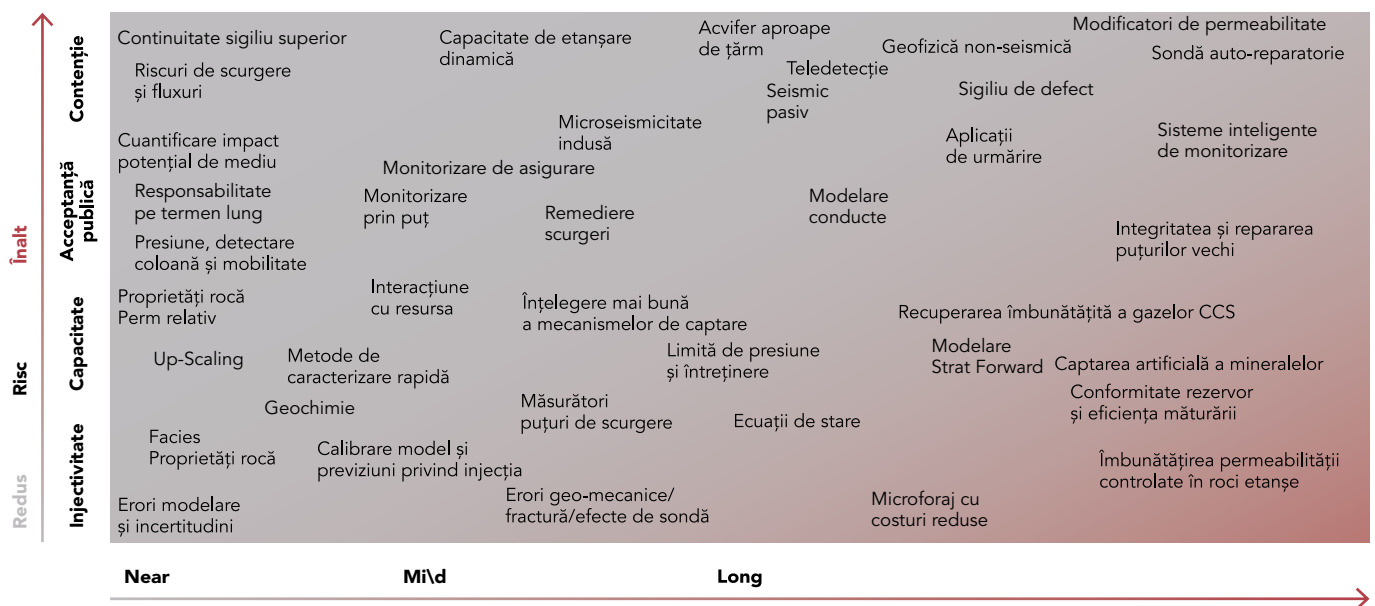
7 IOGP Report 670 "Risk and uncertainty assessments for geologic storage of CO₂", decembrie 2023.

Sursa: <https://www.petroraya.com/article/measurement-reporting-and-verification-in-carbon-capture-and-storage/>

Cercetările recente s-au axat pe **verificarea și optimizarea operațiunilor de injecție și depozitare**, în condițiile în care riscurile de seismicitate sunt scăzute. Datele de monitorizare contribuie la reevaluarea periodică a riscurilor asociate cu integritatea unei roci de acoperire. O altă parte implică modelarea și predicția coloanei de CO₂ în interiorul limitelor rezervorului. Validitatea modelelor utilizate poate fi confirmată prin monitorizarea presiunii de injecție, precum și prin măsurarea mișcării coloanei⁸ prin intermediul unor studii seismice frecvente și, eventual, prin analiza geochimică a probelor de fluid.

Presiunea de injecție (presiunea maximă la talpa sondei) trebuie să se mențină în limitele care permit menținerea integrității rocii de acoperire pentru etanșare⁹, obținute în urma analizelor carotei, a studiilor de integritate a rocii de acoperire și a studiilor geomecanice.

Riscurile tipice asociate cu stocarea geologică a CO₂, precum și studiile și pachetele de lucru aferente în cadrul unei dezvoltări CCS sunt ilustrate în graficul de mai jos.



Evaluările de risc ar trebui să fie efectuate în funcție de fiecare sit în parte și să analizeze impactul potențial legat de operațiunile din subsol. O astfel de evaluare a riscurilor la subsol ar trebui să aibă ca scop detectarea diferitelor riscuri, contribuind totodată la elaborarea unor planuri de atenuare și de monitorizare, măsurare și verificare pentru a le aborda. Este de remarcat faptul că profilul de risc al unui proiect de stocare a CO₂ este posibil să evolueze pe parcursul ciclului de viață al acestuia.

Prin urmare, practicile din industrie și cerințele de reglementare recomandă ca evaluările de risc să fie revizuite și actualizate în mod constant.

⁸ Un penaj reprezintă un corp vertical al unui fluid care se deplasează prin altul.

⁹ În industria petrolieră, roca de acoperire reprezintă orice formațiune nepermeabilă care poate reține petrol, gaze sau apă, împiedicând deplasarea acestora la suprafață.

2.4. Contribuția la atingerea obiectivelor de net zero

Schimbările climatice reprezintă cea mai presantă provocare cu care se confruntă omenirea în prezent. Experții internaționali sunt de acord că **tehnologia CCS va fi vitală pentru industriile energo-intensive, cum ar fi producția de ciment și oțel**, unde nu există în prezent soluții viabile pentru decarbonizarea procesului de producție, precum și pentru eliminarea CO₂ deja prezent în atmosferă. Toate analizele recente evidențiază urgența reducerii emisiilor la nivel mondial, pe lângă faptul că orice plan realist de acțiune privind clima va include CCS.

Aproape toate modelele de scenarii climatice impun implementarea CCS. În prezent, principalele organizații internaționale, cum ar fi Grupul interguvernamental de experți privind schimbările climatice (IPCC) și Agenția Internațională pentru Energie (AIE), au recunoscut că tehnologiile CCS sunt necesare pentru atenuarea schimbărilor climatice în diferite grade, într-o gamă largă de scenarii pentru a obține zero emisii nete. Conform modelului IPCC AR 6¹⁰ Scenario Pathway Model, ar trebui să se stocheze în medie 600 de miliarde de tone de CO₂ în acest secol.

Conform unui raport 2020¹¹, tehnologiile CCUS pot contribui la generarea de oportunități și, eventual, la prevenirea efectelor sociale negative ale tranziției către o economie neutră din punct de vedere climatic, de exemplu, prin oferirea de locuri de muncă lucrătorilor din sectorul petrolului și al gazelor naturale, din perspectiva similitudinilor de competențe necesare între acest sector și implementarea și gestionarea proiectelor CCUS.

CCS devine rapid un element proeminent al politicii publice, de la includerea în contribuțiile determinate la nivel național (NDC) ale unui număr tot mai mare de țări până la furnizarea de politici specifice pentru a încuraja implementarea și elaborarea de reglementări relevante. În prezent, se anunță un număr din ce în ce mai mare de proiecte CCS la scară largă, în timp ce dezbaterile privind rolul CCS în atenuarea schimbărilor climatice s-a mutat mai degrabă spre emisiile industriale decât spre emisiile legate de producerea de energie electrică pe bază de cărbune.

În plus, diversitatea industriilor în care se aplică CCS a crescut semnificativ în ultimii ani. Acest lucru susține rolul pe care îl are în promovarea obiectivelor net-zero în întreaga lume. CCS joacă un rol esențial în atingerea nivelului zero emisii nete până în 2050, alături de alte soluții, cum ar fi reîmpădurirea, eficiența energetică și energia regenerabilă.

CCS contribuie la atenuarea schimbărilor climatice prin captarea emisiilor de CO₂ înainte ca acestea să ajungă în atmosferă sau prin eliminarea emisiilor istorice din aer. CCS poate contribui, de asemenea, la dezvoltarea unei platforme pentru hidrogenul albastru, ca sursă de energie alternativă. CCS permite sectorului industrial să continue să funcționeze cu emisii scăzute de CO₂, devenind astfel un instrument important în atenuarea emisiilor antropice.

10 <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>, <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

11 Bell, Rebecca și Philippa Parmiter (2020), "The role of CCUS in a just transition. Al treilea raport al Grupului de lucru tematic privind politica, reglementarea și percepția publică", https://ccuszen.eu/sites/default/files/TG1_Briefing-Role-of-CCUS-in-Just-Transition_0.pdf.

3. Oportunități de introducere a tehnologiei CCUS în România

3.1. Stocare

Sistemele petroliere sunt prezente în nouă bazine din România, precum și în platforma continentală din Marea Neagră. Platforma Moesian se întinde pe o suprafață de peste 43.000 km², fiind descoperite peste 160 de zăcăminte de petrol și gaze în rocile rezervor ale acestei platforme. Bazinul Transilvaniei se întinde pe aproximativ 300 de kilometri lungime și aproximativ 200 km lățime. Platforma continentală românească din Marea Neagră este situată în prelungirea a două unități structurale principale pe uscat (onshore).

Toate aceste depozite ar putea servi drept potențiale rezervoare de stocare a CO₂, conform unui raport al Asociației Europene a Geoștiințelor și Inginerilor¹² (a se remarca faptul că trebuie efectuate studii tehnice de fezabilitate extinse pentru a confirma care dintre rezervoare pot fi considerate în cele din urmă adecvate pentru stocarea CO₂).

Având în vedere situația actuală, este esențial să se sublinieze faptul că toate inițiativele privind captarea și stocarea CO₂ necesită o investigație cuprinzătoare. Asigurarea respectării protocoalelor de siguranță și a standardelor legislative privind stocarea, în special în ceea ce privește rezervoarele epuizate, este de o importanță majoră.

Principalii emițători sunt localizați în zonele Gorj, Galați, Ploiești, Constanța, Târgu Mureș și București. România dispune de o importantă capacitate de stocare geologică a CO₂, estimările privind potențialul teoretic de stocare ridicându-se la 22,6 gigatone¹³. Cu toate acestea, sunt necesare studii suplimentare pentru a rafina aceste estimări, precum și pentru a evalua potențialul tehnic și economic de stocare. Cele mai cuprinzătoare estimări se referă la depozitele de hidrocarburi epuizate, în timp ce **cea mai mare parte a potențialului de stocare al României este legată de acviferele saline**, care sunt mai puțin documentate.

În prezent, doar două mari companii de petrol și gaze au propus captarea și stocarea CO₂, cu obiective de aproximativ 1,5 - 2 milioane de tone pe an, în timp ce **capacitatea de stocare a României este estimată la aproximativ 22.600 de milioane de tone de CO₂, potențialul teoretic de stocare care include și acviferele saline care reprezintă cea mai mare parte a acestui potențial de stocare.**

România s-a clasat în 2016 în primele șase state membre care au generat 56% din emisiile UE, alături de Cehia, Germania, Franța, Italia, Polonia și Republica Cehă.

3.1.1. Potențialul geologic al României (zăcăminte de hidrocarburi epuizate, acvifere saline)

Există trei tipuri de potențiale depozite de stocare CO₂, în funcție de roca în care acestea vor fi depozitate:

- Zăcăminte de hidrocarburi depletate;
- Acvifere saline;
- Mine de sare.

Există mai multe avantaje pentru **câmpurile de gaze și petrol epuizate**. Aceste câmpuri au stocat gaze și lichide timp de milioane de ani, caracteristicile lor geologice sunt bine cunoscute și există o capacitate de stocare semnificativă. De fapt, numeroase zăcăminte de petrol și gaze se apropie de sfârșitul duratei lor de viață economică.

Structurile acviferelor saline necesită activități de explorare extinse înainte de a se putea dezvolta concepte de stocare a CO₂ și de a se maturiza proiecte.

¹² Zăcămintele de petrol din România, posibile rezervoare naturale pentru stocarea CO₂ | Earthdoc.

¹³ Foaia de parcurs EPG 2022

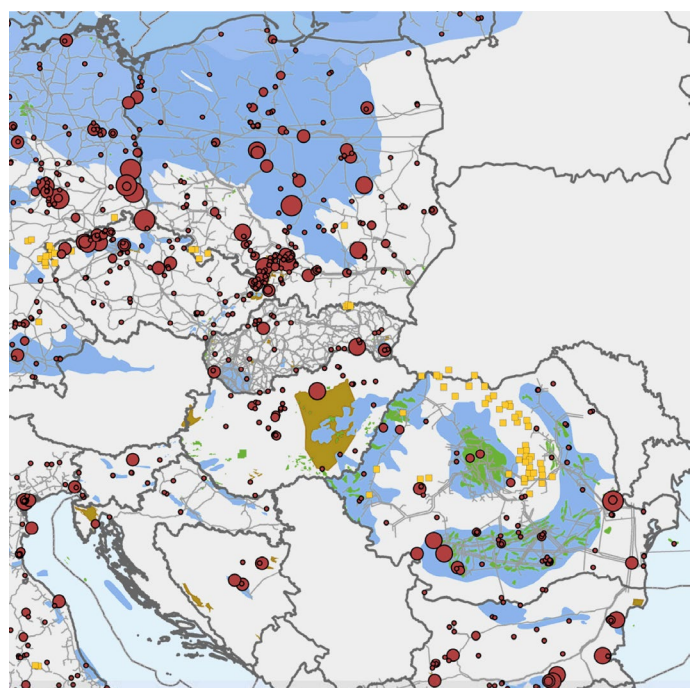
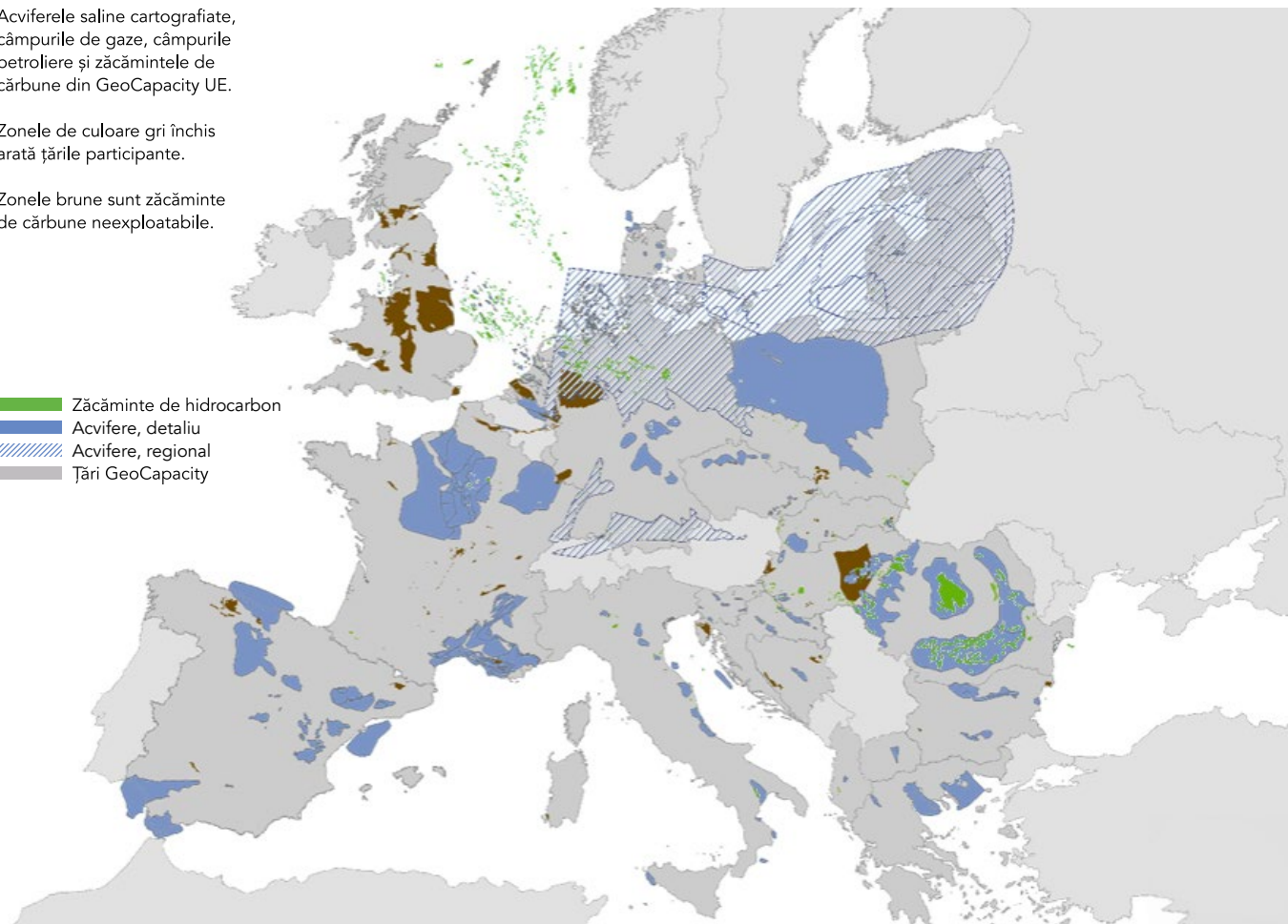
Imaginea de mai jos prezintă capacitățile de stocare ale UE¹⁴.

Acviferele saline cartografiate, câmpurile de gaze, câmpurile petroliere și zăcămintele de cărbune din GeoCapacity UE.

Zonele de culoare gri închis arată țările participante.

Zonele brune sunt zăcăminte de cărbune neexploatabile.

- Zăcăminte de hidrocarbon
- Acvifere, detaliu
- Acvifere, regional
- Țări GeoCapacity



Hărți GeoCapacity ale surselor și bazinelor

Harta emisiilor de CO₂, a infrastructurii și a capacității de stocare în Europa Centrală și de Est

surse CO₂ Mt/an

- 0.001 - 1.000
- 1.001 - 2.000
- 2.001 - 5.000
- 5.001 - 10.000
- 10.001 - 32.000

- Surse naturale de CO₂
- Conducte
- Granițe naționale
- Acvifere
- Zăcăminte de hidrocarbon
- Zăcăminte de cărbune

Sursa: https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/geocapacity_en.pdf

Experiența dovedită¹⁵ a **minelor de sare și a minelor abandonate** pentru stocarea gazelor indică faptul că acestea ar putea oferi soluții alternative pentru stocarea geologică a CO₂, în special în cazul în care opțiunile de stocare convenționale sunt limitate sau nu sunt disponibile în apropierea unei surse de CO₂. Minele de sare, împreună cu depozitele de gaz epuizate și acviferele saline, au fost utilizate pentru a stoca gaze naturale pentru a satisface creșterea sezonieră ciclică sau zilnică a cererii timp de mai multe decenii. Sarea acționează ca un etanșator natural, prinzând gazul natural în interiorul minei.

3.1.2. Potențialul tehnologic al României

Tehnologia de captare a carbonului poate fi aplicată la instalații industriale, cum ar fi fabricile de ciment sau de oțel, precum și în centralele electrice. De asemenea, poate fi utilizată pentru a produce hidrogen albastru în prima etapă de punere în aplicare a Strategiei UE privind hidrogenul. CCS poate genera emisii negative dacă este combinată cu surse biogene de CO₂, cum ar fi biomasa. Emisiile biogene sunt emisii care provin din surse naturale.

Tehnologia CCS poate fi implementată în sectoare vitale pentru economie, inclusiv în sectoarele cimentului, oțelului și îngrășămintelor.

România are o experiență și un know-how extins în domeniul proiectelor și tehnologiilor CCS, din perspectiva tradiției sale îndelungate în domeniul explorării și exploatării petrolului și gazelor. În plus, cercetarea în sectorul CCS a continuat în universitățile și instituțiile de cercetare din România. După epuizarea depozitelor de hidrocarburi, România poate folosi depozitele offshore pentru a deveni un actor important în dezvoltarea acestei tehnologii-cheie de decarbonizare dacă acestea vor îndeplini criteriile tehnico-economice specifice.

3.2. Utilizarea CO₂

3.2.1. Cum se procedează

Captarea și utilizarea CO₂ presupune ca operatorii să realizeze investiții semnificative. Toate operațiunile pe care le implică proiectele CSS necesită resurse financiare considerabile.

CO₂ este utilizat în industrie în diverse scopuri, cum ar fi:

- gaz inert în sudură și în stingătoare de incendiu;
- fluid pentru recuperarea îmbunătățită a petrolului;
- solvent fluid critic în procesele de decafeinizare a cafelei și de uscare;
- materie primă pentru fabricarea ureei și a îngrășămintelor.

Potrivit Agenției Internaționale pentru Energie¹⁶, noile direcții de utilizare a CO₂ în producția de combustibili, substanțe chimice și materiale de construcții generează un interes crescut la nivel mondial. Potențialul de piață pe termen scurt pentru principalele categorii de produse și servicii derivate din CO₂ include **combustibili, produse chimice, materiale de construcție din minerale, materiale de construcție din deșeuri** și utilizarea CO₂ pentru **a spori randamentul proceselor biologice**. Toate cele cinci categorii ar putea fi extinse individual până la o dimensiune de piață de cel puțin 10 megatone de CO₂ pe an.

Utilizarea CO₂ poate sprijini obiectivele climatice în cazul în care aplicația este scalabilă, utilizează energie cu emisii reduse de carbon și înlocuiește un produs cu emisii mai mari pe durata ciclului de viață. Unele produse derivate din CO₂ necesită, de asemenea, reținerea permanentă a carbonului, în special materialele de construcție.

Este probabil ca piața pentru utilizarea CO₂ să rămână relativ redusă pe termen scurt. Cu toate acestea, achizițiile publice de produse cu emisii reduse de dioxid de carbon pot contribui la crearea unor piețe timpurii pentru produsele derivate din CO₂ cu beneficii verificabile pentru climă. Pe termen lung, CO₂ provenit din biomasă sau din aer ar putea juca un rol important într-o economie cu emisii zero nete de CO₂, în special ca sursă de carbon pentru combustibilii pentru aviație și produsele chimice.

Utilizarea CO₂ în materialele de construcție reprezintă o oportunitate importantă, dar ar putea necesita teste suplimentare și actualizarea standardelor pentru anumite produse. De asemenea, CO₂ poate fi **o materie primă importantă pentru produsele care necesită carbon**. Anumite substanțe chimice au nevoie de carbon pentru a-și asigura structura și proprietățile, în timp ce combustibilii pe bază de carbon pot continua să fie necesari acolo unde

15 Știința și tehnologia petrolului și gazelor, https://ogst.ifpenergiesnouvelles.fr/articles/ogst/pdf/2005/03/shi2_vol60n3.pdf

16 **Utilizarea CO₂ - Analiză - AIE.**

utilizarea directă a electricității sau a hidrogenului este dificilă, cum ar fi în aviație. La nivel mondial, în fiecare an se utilizează aproximativ 230 de milioane de tone de dioxid de carbon. **Cel mai mare consumator este industria îngreșămintelor**, unde 130 Mt de CO₂ sunt utilizate în producția de uree, urmată de sectorul petrolului și al gazelor, cu un consum de 70-80 Mt de CO₂ pentru recuperarea îmbunătățită a petrolului. Alte aplicații comerciale includ fabricarea metalelor, răcirea, stingerea incendiilor și stimularea creșterii plantelor în sere.

Producția de combustibili și produse chimice pe bază de CO₂ este intensivă din punct de vedere energetic și implică cantități semnificative de hidrogen. Carbonul din CO₂ permite transformarea hidrogenului într-un combustibil mai ușor de gestionat și de utilizat, de exemplu ca și combustibil pentru aviație. De asemenea, CO₂ poate înlocui combustibilii fosili ca materie primă pentru produse chimice și polimeri.

În tranziția către o economie net zero, emisiile de CO₂ vor trebui să provină din ce în ce mai mult din biomasă sau din aer. Cu toate acestea, potențialul viitor al pieței pentru produsele și serviciile derivate din CO₂ este dificil de evaluat. Teoretic, unele aplicații ale CO₂, cum ar fi combustibilii și produsele chimice, ar putea ajunge la o scară de utilizare de mai multe miliarde de tone de CO₂ pe an. Cu toate acestea, în practică, acestea ar intra în concurență cu utilizarea directă a hidrogenului sau a electricității cu emisii reduse de dioxid de carbon, care ar fi mai rentabile în majoritatea aplicațiilor.

Prin urmare, **limitările în ceea ce privește extinderea pe termen scurt a utilizării CO₂** sunt mai degrabă **de natură comercială și de reglementare** decât tehnologică.

Până în prezent, în România, Agenția Națională pentru Resurse Minerale (ANRM) a sprijinit proiecte precum Strategia CCUS, ECO-BASE (Stabilirea avantajelor comerciale în domeniul recuperării îmbunătățite a petrolului cu CO₂ în Europa de Sud-Est), ALIGN-CCUS (Accelerarea creșterii industriale cu emisii reduse de carbon prin CCUS). Agenția este, de asemenea, parte interesată în proiectul REX-CO₂ (Reutilizarea puțurilor de foraj pentru operațiunile de stocare a CO₂)¹⁷.

3.2.2. Exemple de utilizare a CO₂ - proiecte românești și internaționale

De exemplu, în România, **Azomureș a dezvoltat deja instalații de captare și utilizare a emisiilor de carbon**. Până în septembrie 2021, compania a prezentat¹⁸ mai multe soluții pentru captarea carbonului. Printre acestea se numără o propunere de stocare a emisiilor de CO₂ în depozite subterane în care se extrag gaze naturale de ani de zile și care pot servi acum drept rezervoare pentru cantități semnificative de emisii. Această soluție a necesitat investiții, inclusiv din partea statului, în special în infrastructura logistică. Potrivit companiei, "există suficient spațiu subteran, foste zăcăminte de gaze naturale și petrol, care pot fi acum reutilizate pentru stocarea CO₂", adăugând că astfel de proceduri se desfășoară deja în Europa de Vest. În plus, **Azomureș implementează CCU în unitatea sa de carbonat de calciu**, ca exemplu de economie circulară.

O altă soluție propusă de Azomureș este de a restabili un sistem centralizat de încălzire pentru gospodăriile din orașele care au în apropiere platforme industriale. Târgu Mureș este un astfel de exemplu, unde aburul rezultat în urma proceselor tehnologice ale companiei poate servi ca sursă de încălzire pentru locuințe.

În **Israel, Shahar Solutions** a dezvoltat un dispozitiv prototip capabil să capteze 100% din emisiile de dioxid de carbon provenite de la motoarele cu combustie internă înainte de a-l transforma în gaz natural sintetic pentru stocarea energiei pe termen lung. Potrivit companiei israeliene, prototipul, care este un tip special de balon care poate fi dimensionat pentru a se potrivi cu un anumit motor, colectează emisiile eliberate de motoarele cu combustie ale autoturismelor private, camioane și chiar centrale electrice. Diferitele substanțe eliberate în procesul de combustie, cum ar fi dioxidul de carbon, azotul și vaporii de apă, sunt colectate în interiorul balonului, unde sunt supuse la diverse procese chimice care separă dioxidul de carbon de restul particulelor. În ultima etapă a procesului, dioxidul de carbon este transformat în metan.

Tehnologia de producere a dioxidului de carbon - metan utilizată de această companie se bazează pe reacția Sabatier¹⁹, un principiu științific descoperit în 1897 de către Paul Sabatier, chimist francez laureat al Premiului Nobel. Conform acestui principiu, atât metanul, cât și apa pot fi produse prin combinarea hidrogenului și a dioxidului de carbon la 400°C și prin aplicarea unei presiuni semnificative în prezența nichelului.

17 [Green Deal: România are capacități de stocare a gazelor de seră de 11.000 de ori mai mari decât stochează în realitate - CursDeGuvernare.ro.](#)

18 <https://www.azomures.com/en/press-release-co2-storage-solutions/>

19 [Un start-up israelian își propune să transforme emisiile de carbon în gaz natural - Zavit.](#)

Instalația de captare și utilizare a CO₂ de la Petra Nova din Texas, SUA, este un caz elocvent al eșecului inițial al unui proiect fezabil din punct de vedere tehnologic din cauza condițiilor financiare externe nefavorabile. Instalația a fost închisă în 2020 din cauza prețurilor foarte scăzute ale petrolului, după patru ani de funcționare. Proiectul de captare, utilizare și stocare a carbonului, în valoare de 1 miliard de dolari, și-a reluat activitatea în septembrie 2023, după o oprire de trei ani. Proiectul CCS Petra Nova, deținut de o filială a companiei de explorare JX Nippon Oil and Gas, vizează captarea a 1,4 milioane de tone de dioxid de carbon pe an, fiind una dintre cele mai mari inițiative CCUS din lume.

Proiectul a început să funcționeze în 2016 la o centrală electrică pe bază de cărbune din Texas, captând CO₂ și stocându-l permanent în subteran. Petra Nova a fost "citată ca un exemplu viabil de tehnologie atunci când Agenția pentru Protecția Mediului din SUA a propus noi standarde de emisii pentru centralele electrice"²⁰ în 2023. Proiectul primise o subvenție de 190 de milioane de dolari din partea Departamentului de Energie al SUA. Înainte de a se închide în 2020, acesta a captat aproximativ 3,8 milioane de tone de CO₂ pe o perioadă de trei ani.

În cadrul proiectului Petra Nova, CO₂ a fost transportat prin conducte pe o distanță de aproximativ 130 km, unde a fost pompat într-un câmp petrolifer învechit pentru a spori producția, o tehnică cunoscută sub numele **de recuperare îmbunătățită a petrolului**.

3.3. Domenii de interes pentru punerea în aplicare a noii tehnologii

Tehnologia CCS are potențialul de a fi pusă în aplicare pe întregul lanț valoric al pieței, nu doar în sectorul energo-intensiv sau în cel al petrolului și gazelor. Tehnologia prezintă avantaje atât pentru emițatori (captare), cât și pentru entitățile implicate în procesele de utilizare, transport și stocare a carbonului.

Este demn de remarcat faptul că, în 2011, România a dezvoltat un proiect pilot de stocare a carbonului, cunoscut sub numele de Getica. La acel moment, discuțiile legate de proiectul pilot au avut loc într-un context caracterizat de un nivel ridicat de încredere între diferitele părți, ceea ce a dus la o strânsă coordonare între diferitele autorități în vederea transpunerii Directivei CCS a UE.

În contextul evoluțiilor legislative care se conturau în UE în 2011 în ceea ce privește necesitatea de a dezvolta un cadru legislativ capabil să răspundă cerințelor și specificității tehnologiei CCS, merită menționat proiectul Getica ca fiind primul proiect CCS integrat la nivel național. Proiectul a fost conceput pentru a acoperi întregul lanț valoric CCS, și anume captarea, transportul și stocarea CO₂. Printre entitățile implicate în proiect s-au numărat Complexul Energetic Turceni SA, responsabilă de procesul de captare a CO₂, SNTGN Transgaz, în calitate de operator de transport, și SNGN Romgaz, însărcinată cu operațiunile de stocare. Regiunea selectată pentru implementare a fost Oltenia, care este o regiune puternic industrializată.

Capacitatea de captare preconizată pentru acest proiect se ridică la 1,5 milioane de tone de CO₂ pe an, la unitatea 6 a complexului Turceni, prin modernizarea unei instalații de captare a carbonului la unitatea de 330 MW pe bază de lignit. În ceea ce privește partea de transport a proiectului, CO₂ urma să fie transportat pe o distanță de 50 km de la locul de captare, pentru a fi depozitat la o adâncime de aproximativ 800 m în acvifere saline pe uscat.

Pentru România, tehnologia CCS a ajuns în prim-plan, având în vedere angajamentele ambițioase asumate de UE în domeniul climei, impuse prin regulamentul NZIA. Conform prevederilor NZIA începând cu anul 2023 din cele 50 de milioane de tone de CO₂ asumate de UE / an, a fi captate și stocate, **România are obligația de a asigura stocarea a aproximativ 9 Mtpa**. În ceea ce privește această obligație de stocare, numai industria cimentului are nevoie de o capacitate de stocare de aproximativ opt milioane de tone de CO₂ / an.

Tehnologia CCS are potențialul de a sprijini tranziția echitabilă, generând oportunități și putând preveni un impact social negativ al tranziției asupra economiei naționale. Acest lucru poate fi facilitat prin generarea de noi locuri de muncă pentru lucrătorii din sectorul petrolului și al gazelor naturale, având în vedere similitudinea competențelor și expertizei necesare între acest sector și dezvoltarea, implementarea și gestionarea proiectelor CCUS.

²⁰ **Proiectul de captare a dioxidului de carbon a revenit la centrala de cărbune din Texas după 3 ani de închidere | Reuters.**

4. Exemple de proiecte pilot implementate cu succes la nivel european și internațional

Potrivit Global CCS Institute, captarea și stocarea carbonului încep să se extindă, iar proiectele de captare și stocare a carbonului au atins o capacitate fără precedent. La data de 31 iulie 2023, **capacitatea totală de captare a CO₂ a inițiativelor comerciale de CCS aflate în curs de dezvoltare, construcție și exploatare, în sectorul public, se ridică la 361 de milioane de tone pe an (Mtpa)**, ceea ce reprezintă o creștere de aproape 50 % în comparație cu cea raportată în raportul "2022 Global Status of CCS"²¹. Începând cu iulie 2023, există 392 de proiecte în curs de dezvoltare la nivel mondial, dintre care 41 sunt operaționale. Capacitatea totală de captare a acestora se ridică la 361 de milioane de tone pe an.

Așa cum sunt concepute în prezent modelele de afaceri internaționale pentru CCS, o etapă importantă a fost primul transport transfrontalier de CO₂ cu o navă din Belgia în Danemarca pentru stocare geologică în 2023. Este demn de remarcat faptul că **majoritatea proiectelor CCUS operaționale²² din întreaga lume sunt asociate cu industria petrolului și a gazelor naturale.**

Sunt în curs de dezvoltare situri de captare și rețele de transport pentru a furniza servicii pentru sursele regionale de CO₂. Aceste surse sunt, de obicei, situate la mai puțin de 1.000 de kilometri de sursa de stocare. Cu toate acestea, sursele pot fi mult mai îndepărtate în cazurile în care dimensiunea și economia proiectului permit acest lucru, în special atunci când principalul mod de transport este cel naval. Aceste situri și rețele stabilesc o infrastructură comună de stocare a CO₂ pentru stocarea permanentă a CO₂.

Rețelele CCS devin modul dominant de derulare a proiectelor CCS. Rețelele CCS presupun instalații de captare care utilizează o infrastructură comună de transport și stocare. Deși multe instalații de transport și stocare a CO₂ nu sunt legate de o sursă specifică de captare a CO₂, aceleași instalații de transport și stocare a CO₂ au totuși o capacitate proiectată. De exemplu, un sit de stocare își anunță debitul maxim anual de injecție, care va fi raportată ca fiind capacitatea sa.

Rețelele de CCS au proliferat în 2023, 101 instalații de transport și stocare a CO₂ fiind identificate de Global CCS Institute la nivel mondial. Această categorie distinctă de instalații reprezintă un nou model de industrie CCS. În ceea ce le privește, merită menționat faptul că printre exemplele de astfel de instalații de transport și stocare a CO₂ multi-utilizator și multi-industriale se numără: Wolf's Alberta Carbon Trunk Line CO₂ de compresie și conductă de CO₂, care funcționează în Canada din 2020; CarbFix CO₂ de transport și stocare a CO₂, care expediază CO₂ din Europa înainte de a stoca carbonul prin carbonat minerală, și rețeaua de transport și stocare de tip open-source Northern Lights din Norvegia.

Proiectul Northern Lights, care ar trebui să fie operațional în acest an (2024), va stoca la mare adâncime, în Marea Nordului, 0,8 milioane de tone pe an de CO₂ eliberat de o fabrică de ciment din Brevik și de o fabrică de deșeuri din Oslo. Începând cu mai 2023, proiectul include un alt acord transfrontalier cu orașul Ørsted pentru transportul și depozitarea a încă 430.000 de tone pe an de la două centrale electrice din Danemarca.

4.1. Proiecte CCS pe uscat (onshore): Franța, Croația

Studiu de caz Franța

În Franța, strategia guvernamentală CCUS implică lansarea unei cereri de oferte prin intermediul unui sistem de contracte pentru diferență, pentru a sprijini dezvoltatorii de proiecte și pentru a intensifica implementarea CCS. În cadrul acestei strategii, va fi elaborat un cadru pentru transportul CO₂, iar diverse situri de stocare geologică vor face obiectul unor teste pilot începând cu 2024 - 2025.

Programul **Pycasso CCS** onshore, dezvoltat de compania de gaze naturale **Teréga**, are ca scop exploatarea resurselor geologice semnificative de stocare identificate încă din 2010 - 2013 în cadrul proiectului de succes Lacq. Inițiativa Pycasso urmărește să colecteze CO₂ din sud-vestul Franței și să facă legătura cu Spania, fie pe cale maritimă până în portul Bayonne, fie prin conducte care traversează munții. Conform Institutului Global CCS²³, câmpurile de gaze epuizate din sud-vestul Franței oferă o capacitate de stocare pe uscat de aproximativ 500 de milioane de tone.

21 Raportul Global CCS Institute "2022 Global Status of CCS".

22 Studiu PwC, 2022.

23 <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2023/11/CCS-in-Europe-Regional-Overview-Global-CCS-Institute-pdf.pdf>

Regiunea a furnizat gaz Franței timp de 60 de ani și beneficiază de o infrastructură industrială extinsă, care a fost construită în jurul instalațiilor de gaz. Se preconizează că proiectul va permite stocarea a 15 milioane de tone de CO₂ pe an de la emițătorii din Franța și din nordul Spaniei.

Proiectul Pycasso²⁴ implică, în afară de Teréga, alți treizeci de parteneri instituționali și industriali. De asemenea, se vor stabili parteneriate cu industria hidrogenului din bazinul Lacq pentru a utiliza o parte din CO₂ stocat sub formă de metan sau metanol. Proiectul urmărește, de asemenea, să contribuie la atingerea neutralității carbonului în regiunea Pirinei până în 2040, prin captarea, transportul și stocarea CO₂ în condiții de siguranță a acestuia în câmpurile de petrol și gaze naturale epuizate din această zonă.

Pycasso este o inițiativă transfrontalieră care acoperă întregul lanț CCUS, urmând să genereze valoare atât la nivel național, cât și la nivel regional. După mai multe etape de studiu, prima utilizare și injecție este planificată pentru 2030, urmând ca în fiecare an să fie stocate între una și trei milioane de tone de CO₂. Faza a doua a acestui proiect ar trebui să fie lansată în 2035, cu cinci milioane de tone de CO₂ stocate în fiecare an.

Un proiect onshore implementat pe teritoriul francez a fost proiectul pilot Lacq (lângă Pau, în sudul Franței), finalizat în prezent, care a implementat întregul lanț de captare, transport și stocare a carbonului și a injectat aproximativ 50 kt de CO₂ în decurs de 3 ani într-un depozit de gaz epuizat la mare adâncime (Rousse, la 4,5 km adâncime).

Un fapt interesant este că cea de-a patra ediție a Forumului CCUS al Uniunii Europene va avea loc la Pau, Franța, în perioada 10-11 octombrie 2024 și va fi co-organizată de Ministerul francez pentru Tranziția Energetică. Acest lucru ar putea însemna că este de așteptat o dezvoltare ulterioară a CCUS în zona Pau.

Studiu de caz Croația

În Croația, două proiecte-pilot vizează reducerea emisiilor de CO₂ la o fabrică de amoniac și la o rafinărie de etanol. Una dintre inițiativele pilot se desfășoară la uzina de producție **de amoniac Petrokemija Kutina**. Aceasta presupune captarea CO₂ și transportarea acestuia printr-o conductă de gaz existentă către câmpurile de petrol și gaze epuizate. Proiectul vizează captarea a 190.000 de tone de CO₂ pe an, în timp ce o altă investiție vizează finanțarea unei instalații CCS care va face parte dintr-un proiect de rafinărie de etanol. Această inițiativă este concepută pentru a capta 55.000 de tone de CO₂ pe an, care vor fi transportate către câmpuri de gaze epuizate la aproximativ 40 de kilometri de sit. CO₂ este transportat prin intermediul conductelor de gaz existente, în timp ce acestea din urmă trebuie încă să fie renovate înainte de a fi date în folosință.

În plus, **compania petrolieră croată INA a implementat** un proiect de recuperare îmbunătățită a petrolului (EOR), cu o investiție totală de aproximativ 69 de milioane de euro. O metodă aplicată pe scară largă în cazul rezervoarelor de petrol epuizate este injectarea de dioxid de carbon. În ultimele decenii ale secolului 20 a fost realizată o evaluare a posibilității de a utiliza CO₂ în câmpurile petroliere. Cercetări detaliate de laborator au determinat interacțiunea termodinamică a CO₂ injectat și a fluidului din rezervor și au confirmat eficacitatea procesului de deplasare a petrolului. Cea mai bună creștere a recuperării petrolului a fost obținută prin alternanța dintre injecția de apă și gaz.

În perioada 2001 - 2006, a fost realizat un proiect pilot de injecție alternantă de apă și CO₂. Injectarea de carbon în câmpul petrolifer Ivanić a început la sfârșitul anului 2014, iar în partea de nord a câmpurilor petroliere Zutica la sfârșitul anului 2015. Proiectul EOR ia în considerare deshidratarea, comprimarea și transportul a 600.000 m³/zi de CO₂ prin gazoduct. Rezultatul proiectului a fost o recuperare îmbunătățită cu 6% față de petrolul stocat, înainte de producție, o producție suplimentară de 360,4 tone de petrol și 55 120 m³ de gaz și o reducere a emisiilor de CO₂ eliminarea permanentă a 2,9 miliarde de tone m³ de CO₂. Planul este de a efectua 6 cicluri WAG în următorii 25 de ani.

4.2. Proiecte CCS în largul mării (offshore):

Norvegia, Danemarca, Țările de Jos, Regatul Unit

Studiu de caz Norvegia

Proiectul norvegian la scară largă Longship rămâne cea mai mare inițiativă integrată a CCS, cu două instalații de captare, Hafslund Oslo Celsio, care transformă deșeurile în energie și Brevik, precum și transportul și depozitarea cu acces liber pe navă, furnizate de Northern Lights. Proiectul are o capacitate potențială de captare și stocare de 5 milioane de tone de CO₂ pe an, în timp ce guvernul oferă un sprijin de 2,3 miliarde de dolari SUA.

²⁴ <https://www.terega.fr/en/lab/does-terega-practise-co2-capture>

Northern Lights a finalizat forarea puțului și a început producția navelor sale. Se așteaptă ca instalațiile de captare ale proiectului Longship să fie operaționale începând cu 2024, cel puțin la uzina Heidelberg Materials Brevik. Această inițiativă este pe cale să devină prima fabrică de ciment din lume dotată cu o instalație de captare a CO₂. Cu toate acestea, având în vedere o estimare actualizată a costurilor care indică cheltuieli mai mari decât cele planificate inițial, Celsio Oslo ia în prezent în considerare posibilitatea de a întrerupe operațiunile de instalare a instalației CCS la uzina sa de producere a energiei din deșeuri Klemetsrud²⁵.

În plus, Northern Lights a semnat un alt acord internațional, cu Ørsted, pentru transportul și depozitarea comercială a 430.000 de tone de CO₂ biogenic pe an, timp de un deceniu. Capacitatea Northern Lights este rezervată în totalitate pentru acest proiect.

În plus, **Norvegia a început deja să acorde alte licențe de explorare și stocare pentru a-și extinde capacitatea de stocare a CO₂. Alte inițiative de stocare în curs de pregătire** includ Poseidon (în etapa licenței de explorare), Luna, Smeaheia și Havstjerne (în etapa licenței de stocare). Equinor conduce procesul de planificare din spatele unui proiect mai amplu care acoperă întregul lanț valoric al CCS, cunoscut sub numele de proiectul EU2NSEA. Această inițiativă vizează conectarea prin conducte a emițătorilor de CO₂ din Europa cu siturile de stocare din Marea Nordului, cu o capacitate preconizată de transport și stocare de până la 40 de milioane de tone de CO₂ pe an. Este demn de remarcat faptul că **guvernul norvegian s-a angajat să utilizeze măsuri financiare pentru a sprijini inițiativele CCS printr-o combinație de ajutoare de stat și o taxă națională pe carbon**. Se preconizează că această taxă va crește de la 952 NOK (84 EUR) pe tonă în prezent la 2.000 NOK (176 EUR) pe tonă de CO₂ în 2030.

Compania norvegiană **Removr**, care elimină CO₂ direct din atmosferă, a primit 36,3 milioane de coroane norvegiene din partea guvernului pentru un proiect pilot la scară industrială. Acesta reprezintă primul proiect pilot de captare directă în aer dezvoltat în Norvegia, la Centrul tehnologic Mongstad, cel mai important centru de testare a tehnologiilor de captare a carbonului din lume.

Studiu de caz Danemarca

Ministerul danez al climei, energiei și utilităților a acordat primele trei licențe exclusive de explorare pentru dezvoltarea unor **proiecte de stocare la scară largă a CO₂ în Marea Nordului**. Guvernul sprijină dezvoltarea stocării și captării CO₂ prin subvenții. Se preconizează că vor fi distribuite 5 miliarde de euro pentru stocarea a aproximativ 3,2 milioane de tone de CO₂ pe an începând din 2030 prin proiecte de CCS în Danemarca, 500 de milioane de euro fiind alocate numai în 2023.

Guvernul danez a acordat trei permise de explorare la scară largă pentru stocarea offshore în februarie 2023. Capacitatea de stocare preconizată este de două până la trei milioane de tone pe an în 2029 și de 10 - 15 milioane de tone pe an în 2030 - 2032. Un consorțiu INEOS, care include Maersk drilling, GEUS și Wintershall DEA, a primit atât un permis de stocare pilot, cât și un permis de explorare la scară completă. Capacitatea de stocare preconizată se ridică la 1,5 milioane de tone pe an în 2025 și la 8 milioane de tone pe an până în 2030.

De asemenea, se ia în considerare stocarea pe uscat, cel puțin într-o formă temporară, înainte ca CO₂ să fie transportat pentru stocare permanentă în Marea Nordului daneză. Pentru a pregăti acest lucru, un studiu geologic din Danemarca și Groenlanda a adus în discuții studii seismice preliminare privind posibilele structuri de stocare pe uscat și în apropierea coastei. În același timp, Autoritatea daneză pentru energie a demarat o evaluare a impactului asupra mediului.

Gas Storage Denmark și Fidelis New Energy colaborează pentru a dezvolta **Norne Carbon Storage Hub**, o mare instalație de stocare a carbonului pe uscat în Danemarca. Această inițiativă va include două situri de recepție a instalațiilor portuare de CO₂, conducte și puțuri concepute pentru a stoca CO₂ în rezervoarele naturale existente, cu o capacitate de stocare preconizată de 2,3 milioane de tone pe an în 2026 și de 18,7 milioane de tone pe an până la sfârșitul acestui deceniu.

Se așteaptă ca schema daneză să stimuleze investițiile în sectorul CCS, să reducă costurile pentru aplicații viitoare și să faciliteze dezvoltarea unei piețe comerciale a CCS în Danemarca. Comisia Europeană a aprobat deja 1,1 miliarde de euro pentru o schemă daneză dedicată tehnologiilor de captare și stocare a carbonului în întreaga țară.

²⁵ NTB (2023) Hafslund Olso Celsio: Proiectul de captare a dioxidului de carbon de la Klemetsrud se află într-o fază de reducere a costurilor, 26 aprilie 2023. Disponibil la: https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/karbonfangstprosjektet-pa-klemetsrud-gjennomforer-en-kostnadsreducerende-fase?publisherId=17848166&releaseId=179643_54&lang=no

Studiu de caz Țările de Jos

Cea mai înaltă instanță administrativă a țării a decis că emisiile de oxizi de azot în timpul construcției **proiectului Porthos²⁶** nu vor avea un impact semnificativ asupra zonelor naturale din apropiere. Proiectul include transportul de CO₂ de la siturile industriale din portul Rotterdam și depozitarea în câmpurile de gaze epuizate din subsolul Mării Nordului. Entitățile care captează dioxidul de carbon îl vor furniza ulterior către o conductă colectivă care traversează zona portului Rotterdam. CO₂ va fi apoi presurizat într-o stație de comprimare și va fi transportat printr-o conductă offshore către o platformă din Marea Nordului, la aproximativ 20 km de coastă. De acolo, carbonul va fi pompat într-un câmp gazeifer epuizat. Porthos va stoca aproximativ 37 de milioane de tone de CO₂, aproximativ 2,5 milioane de tone de CO₂ pe an, timp de 15 ani.

Construcția infrastructurii proiectului va începe în acest an (2024), urmând ca sistemul să fie operațional începând cu 2026.

Separat, **proiectul Aramis²⁷** va furniza o infrastructură de transport de CO₂ de la Rotterdam la diverse câmpuri de stocare din Marea Nordului. Se preconizează că proiectul va asigura o capacitate de 22 de milioane de tone pe an pentru transportul de CO₂ și pentru stocarea în largul mării, contribuind la reducerea emisiilor de CO₂ pentru industriile greu de eliminat. CO₂ va fi stocat în câmpuri de gaze offshore epuizate, sub fundul Mării Nordului. Amplasarea proiectului face ca serviciile de transport și stocare a CO₂ să fie accesibile pentru diverse grupuri industriale. Proiectul ar trebui să fie operațional în 2028, iar extinderea ulterioară va începe în 2030.

Studiu de caz Regatul Unit

În martie 2023, guvernul britanic a anunțat că intenționează să investească 20 de miliarde de lire sterline pentru dezvoltarea timpurie a tehnologiei CCUS, ca parte a obiectivului său mai larg de a ajunge la un nivel net zero până în 2050, care a fost promulgat în 2019. Obiectivul este de a capta 20 - 30 de milioane de tone de CO₂ pe an. În 2022, Regatul Unit a lansat prima sa rundă de acordare de licențe pentru stocarea carbonului, finalizată cu primirea a 26 de oferte pentru 13 zone. În mai 2023, oferta de atribuire pentru 20 de licențe de stocare a carbonului a fost făcută pentru 12 companii diferite. Dacă vor fi acceptate, aceste noi zone de stocare a carbonului, ar putea sprijini în mod semnificativ obiectivul de stocare a 20 - 30 de milioane de tone de CO₂ pe an până în 2030.

Printre proiectele-pilot se numără **Oxycoal²⁸**, situat în Renfrew, Scoția, care vizează testarea unei instalații pentru oxicombustia cărbunelui pulverizat. Programul inițial de testare a fost finalizat în 2011, cu un cost estimat de 8,2 milioane de lire sterline, din care 1,6 milioane de lire sterline de la guvern. Un alt proiect pilot este în curs de desfășurare la Edinburgh, reprezentând un parteneriat de cercetare între British Geological Survey și mai multe universități din Regatul Unit. Proiectul are ca scop sprijinirea dezvoltării și comercializării tehnologiei CCS ca mijloc de atenuare a schimbărilor climatice.

Danemarca, Norvegia, Regatul Unit și Țările de Jos sunt liderii în sectorul CCS. Danemarca și Regatul Unit au lansat recent primele licitații pentru licențe de stocare a CO₂ în Marea Nordului, inclusiv în formațiuni saline și în câmpuri de petrol și gaze epuizate. Aceste țări sunt, de asemenea, lideri în ceea ce privește elaborarea și punerea în aplicare **a normelor privind licențele de stocare și transport al CO₂.**

26 <https://www.porthosco2.nl/en/project/>

27 <https://www.aramis-ccs.com/project/>

28 <https://www.geos.ed.ac.uk/sccs/project-info/99>

5. Maparea reglementărilor

5.1. Cadrul UE pentru dezvoltarea pieței pentru emisiile de CO₂

În 2009, UE a adoptat Directiva de reglementare a stocării geologice sigure și ecologice a CO₂ - **Directiva CCS**. Directiva 2009/31/CE prevede un cadru de reglementare pentru autorizarea explorării potențialelor situri de stocare a CO₂ și a operațiunilor de stocare. Aceasta acoperă cerințele legale pentru exploatare, închidere și obligațiile ulterioare închiderii. Documentul prevede, de asemenea, că Statele Membre trebuie să raporteze Comisiei orice actualizare referitoare la punerea în aplicare a Directivei la fiecare patru ani.

Directiva este însoțită de patru **Ghiduri (Guidance Documents - GD)** fără caracter obligatoriu, care au fost publicate în 2011 și care fac în prezent obiectul unor actualizări:

- GD1 - Cadrul de gestionare a riscurilor pe durata ciclului de viață al depozitării CO₂;
- GD2 - Caracterizarea complexului de stocare, compoziția fluxului de CO₂, monitorizare și măsuri corective;
- GD3 - Criterii pentru transferul de responsabilitate către autoritatea competentă; și
- GD4 - Securitatea financiară și mecanismul financiar.

Operatorii sunt incluși în **sistemul de comercializare a certificatelor de emisii (Emissions Trading System)**, ceea ce garantează că, în caz de scurgeri, aceștia trebuie să restituie cote de emisii pentru orice emisii rezultate. Emisiile captate, transportate și stocate în conformitate cu prezenta Directivă vor fi considerate ca neemise. În contextul CCS, **Directiva privind răspunderea pentru mediul înconjurător (Environmental Liability Directive)** completează aceste norme. Operatorii siturilor de stocare CCS sunt obligați să prevină și să remedieze daunele aduse mediului asociate acestor situri (articolele 5 și 6). Statele Membre au obligația de a lua măsuri pentru a dezvolta instrumente și piețe de securitate financiară care să le permită operatorilor să utilizeze garanții financiare pentru a-și acoperi responsabilitățile legate de răspunderea de mediu (articolul 14).

Tehnologia CCU este reglementată în **Directiva (UE) 2018/2001²⁹** privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile, care promovează combustibilii regenerabili de origine nebiologică și, printre altele, combustibilii produși din CO₂. În decembrie 2021, Comisia a adoptat o Comunicare privind ciclurile durabile de carbon³⁰, care vizează stabilirea unor cicluri de carbon durabile și rezistente la schimbările climatice. Documentul menționează acțiuni-cheie de sprijinire a captării, utilizării și stocării industriale a CO₂, inclusiv evaluarea nevoilor de desfășurare a infrastructurii transfrontaliere de CO₂ la nivel european, regional și național până în 2030 și ulterior.

La 16 martie 2023, Comisia a prezentat o propunere de lege privind **"industria cu emisii zero" (Net Zero Industry Act - NZIA)**, care vizează extinderea capacității de producție a tehnologiilor cu emisii zero în UE. Conceptul de "tehnologii net-zero" include tehnologiile de captare, transport și stocare a dioxidului de carbon. Întrucât stimularea stocării geologice a dioxidului de carbon este considerată un element esențial în procesul de tranziție energetică a economiilor europene și românească, Regulamentul NZIA stabilește, de asemenea, un obiectiv la nivelul UE pentru capacitatea de injecție de CO₂: UE ar trebui să atingă o capacitate anuală de injecție de cel puțin 50 de milioane de tone de CO₂ până în 2030. Titularii de licențe de producție de petrol și gaze din întreaga UE sunt obligați să contribuie la acest obiectiv în mod proporțional cu producția lor de petrol și gaze înregistrată de aceștia în perioada 2020 - 2023. Statutul de proiect strategic net zero va fi stabilit de Statele Membre la cererea promotorilor de proiecte, fiind disponibile proceduri rapide de autorizare. De exemplu, autorizațiile pentru exploatarea unui sit de stocare vor fi acordate în termen de 18 luni, în conformitate cu Directiva 2009/31/CE.

5.1.1. Regulamentul UE Net Zero Industry Act - obligația de a asigura capacitatea de injecție pentru producătorii de petrol și gaze naturale

Recent, Consiliul UE și Parlamentul European au ajuns la un acord politic cu privire la Net Zero Industry Act. COREPER a aprobat acordul la 16 februarie 2024, iar Comisia ITRE din cadrul Parlamentului European a aprobat acordul la 22 februarie. A fost promulgată o intervenție substanțială pe piață prin introducerea unor obligații privind capacitatea de injecție pentru producătorii de petrol și gaze distribuite pro-rata pe baza volumelor de producție de țiței și gaze naturale în perioada 1 ianuarie 2020 - 31 decembrie 2023, entitățile aflate sub un anumit prag de producție fiind excluse (urmează să fie definite într-un Act Delegat separat). Dispozițiile lasă loc pentru o interpretare dezechilibrată a modului în care cota este alocată Statelor Membre. Astfel, modul în care este concepută și aplicată această cotă

²⁹ https://energy.ec.europa.eu/topics/oil-gas-and-coal/carbon-capture-storage-and-utilisation_en

³⁰ https://ec.europa.eu/clima/system/files/2021-12/com_2021_800_en_0.pdf

prezintă mai multe dezavantaje semnificative pentru noile State Membre, care sunt mari producători de gaze. Pe baza estimărilor provizorii ale Comisiei Europene, acest lucru se va traduce în aproximativ 9 Mtpa pentru România, a doua cea mai mare cotă din UE, după Olanda.

În conformitate cu documentul, Statele Membre sunt responsabile pentru identificarea și transmiterea către Comisia Europeană a entităților relevante, precum și a volumelor de producție de țiței și gaze naturale ale acestora de la 1 ianuarie 2020 până la 31 decembrie 2023. După primirea acestor rapoarte, Comisia va consulta Statele Membre și părțile relevante și va alocă cotele.

De asemenea, în conformitate cu dispozițiile, în termen de un an de la intrarea în vigoare a Regulamentului, entitățile menționate mai sus trebuie să prezinte Comisiei un plan care să prezinte modul în care intenționează să își îndeplinească cerința de contribuție. Se așteaptă ca aceste planuri să: (1) să confirme contribuția entității, exprimată în termeni de volum vizat de noi capacități de stocare și injecție a CO₂ puse în funcțiune până în 2030; (2) să detalieze mijloacele și etapele pentru atingerea volumului vizat.

Pentru a satisface volumele preconizate de capacitate de injecție disponibilă, entitățile relevante ar trebui să:

- Dezvolte sau să investească în inițiative de stocare CCS;
- Încheie acorduri cu alte entități;
- Încheie acorduri cu dezvoltatorii de proiecte de stocare sau cu investitorii terți pentru a se asigura că aceștia își îndeplinesc contribuția.

La doi ani de la intrarea în vigoare a Regulamentului, entitățile menționate ar trebui să raporteze Comisiei progresele înregistrate.

Propunerea menționează că ar trebui încurajată o abordare bazată pe lanțul valoric, atât prin măsuri la nivelul UE, cât și la nivel național. Textul subliniază, de asemenea, că ar trebui să se facă investiții, acordând totodată atenție dezvoltării unor "modele de afaceri viabile pentru întregul lanț valoric al dioxidului de carbon".

Conform propunerii, în cazurile în care asocierile au fost încheiate înainte de intrarea în vigoare a prezentului Regulament, întreaga capacitate de injecție a proiectelor comune relevante de stocare a CO₂ poate fi utilizată pentru a îndeplini cerințele părților care trebuie să realizeze această obligație. De asemenea, pentru a se asigura că siturile de stocare sunt dezvoltate în condiții de piață robuste, Comisia Europeană va efectua o evaluare care să analizeze relația dintre cererea concretă de capacitate de injecție a proiectelor de captare a CO₂ și principalele infrastructuri necesare pentru transportul de CO₂ în curs de dezvoltare sau planificate să fie operaționale până în 2030. Cu toate acestea, trebuie subliniat faptul că termenul limită de 2028 pentru exercițiul de evaluare riscă să submineze însăși sfera de aplicare a acestuia, deoarece va avea loc prea aproape de termenul de conformitate din 2030. Detaliile și condițiile privind aceste derogări vor fi furnizate într-un Act Delegat.

În plus, sunt necesare măsuri politice suplimentare pentru a asigura desfășurarea planificării infrastructurii transfrontaliere, în cazul proiectelor care implică colaborarea între entități situate în State Membre diferite. Accesibilitatea și conectivitatea în întregul spectru de aranjamente pentru transport al CO₂ "joacă un rol critic" pentru desfășurarea inițiativelor CCS și CCUS.

Aceste aranjamente includ nave, șleपुरi, trenuri și camioane, precum și instalații fixe de conectare, lichefiere, depozitare tampon și convertizoare de CO₂, având în vedere transportul lor ulterior prin conducte.

În plus, pe baza progreselor înregistrate în ceea ce privește evoluția pieței CO₂ evaluate de Comisia Europeană, cel târziu până la 31 decembrie 2028, poate fi prezentată o nouă propunere legislativă care să definească noi obiective de capacitate de injecție. Deși textul actual nu clarifică dacă aceasta s-ar baza și pe obligațiile producătorilor de petrol și gaze, perspectivele unor noi intervenții pe piață pot dăuna climatului general de investiții.

În ceea ce privește sancțiunile aplicabile operatorilor care nu respectă cerințele privind injectarea și stocarea CO₂, propunerea prevede că Statele Membre ar trebui să stabilească sancțiuni, prin proceduri administrative sau judiciare, pentru încălcările care implică entitățile menționate la articolul 18 alineatul (1), în termen de cel mult 24 de luni de la intrarea în vigoare a Regulamentului. Conform acestei propuneri, sancțiunile ar trebui să fie "eficace, proporționale și disuasive". Trebuie remarcat faptul că această dispoziție va duce la o punere în aplicare diferită în diferitele State Membre, cu provocările aferente.

5.1.2. Provocări legate de punerea în aplicare

Conform acordului, "Statele Membre ar trebui să ia măsurile necesare pentru a facilita și a stimula implementarea proiectelor de captare și stocare a carbonului". Aceste măsuri ar trebui să includă măsuri menite să stimuleze emitenții să capteze emisiile, inclusiv prin investiții menite să sprijine investițiile în infrastructuri de transport de CO₂ pentru a transporta CO₂ la locurile de stocare.

În propunere se menționează că reducerea sarcinii de reglementare pentru operatori este "deosebit de importantă pentru ca industriile să se adapteze în mod eficient la tranziția climatică și energetică". Astfel, UE ar trebui să urmărească să obțină, până la sfârșitul acestui deceniu, o reducere semnificativă a sarcinii generale de reglementare pentru industrie. Pentru a sprijini acest obiectiv, UE a înființat un Grup consultativ științific pentru sarcina de reglementare net-zero, însărcinat cu elaborarea de recomandări bazate pe date științifice privind impactul sarcinii de reglementare din UE asupra industriilor cu sarcină de reglementare net-zero.

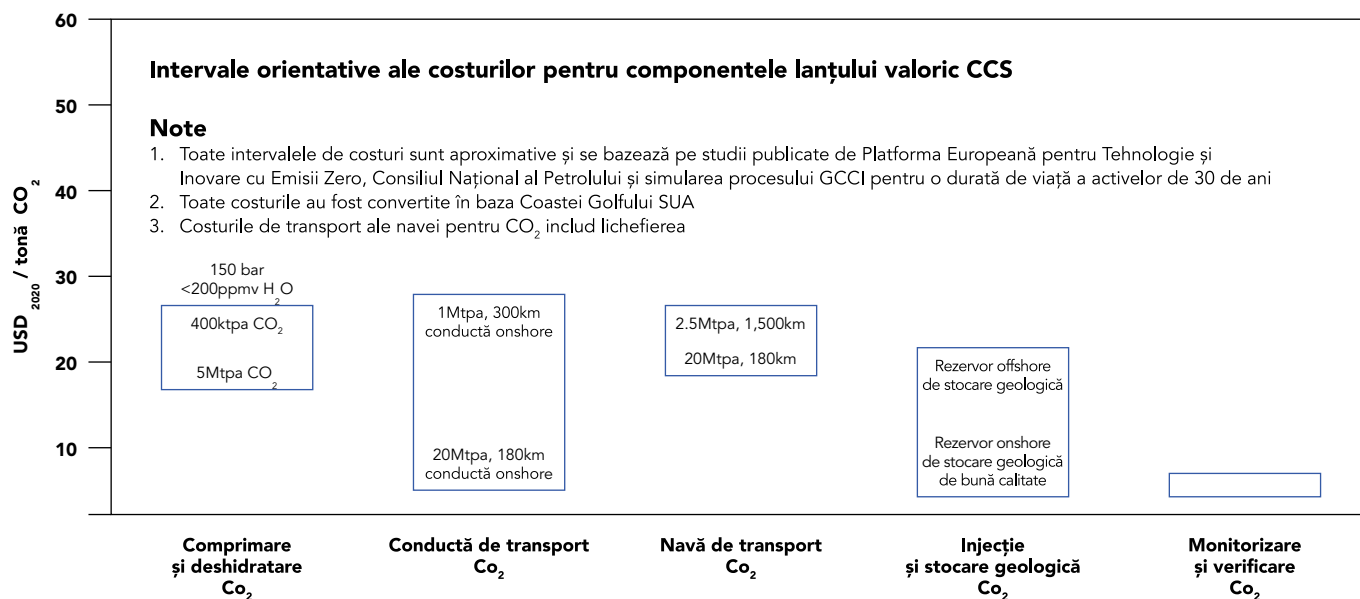
Operatorii de petrol și gaze din România au subliniat faptul că înainte de a se lua orice decizie cu privire la implementarea proiectelor CCS la nivel național, **este necesar să se realizeze studii de impact asupra mediului**, pentru a valida că este sigur să se realizeze astfel de proiecte, în raport cu comunitățile locale. Responsabilitatea pentru astfel de studii de impact asupra mediului ar trebui să fie asumată în mod clar la nivel național de către autoritățile cu atribuții în acest sector. Aceste evaluări nu ar trebui să revină operatorilor, cu atât mai mult cu cât există mai multe State Membre care au interzis în mod oficial stocarea subterană a CO₂, iar altele sunt pe cale să facă acest lucru.

Industria petrolului și gazelor a semnalat din ce în ce mai mult necesitatea ca Statul Român să își asume un rol activ în **asigurarea accesului la finanțare publică sau la alte scheme de sprijin financiar** fiind esențială pentru proiectele de stocare a CO₂, din cauza:

- Investițiilor cu utilizare intensivă de capital;
- Perioadelor lungi de dezvoltare a proiectelor (8-10 ani), cu un preț incert al schemei de comercializare a certificatelor de emisii de CO₂ (ETS), ca măsură de evitare a costurilor de-a lungul întregului lanț valoric pentru o perioadă atât de lungă și o perioadă lungă de recuperare a investițiilor datorită longevității operațiunilor;
- Riscul de longevitate a obligațiilor de mediu.

Având în vedere că autoritățile nu oferă garanții în ceea ce privește asumarea unor contracte ferme în relația cu emițătorii pentru cel puțin un deceniu, care să poată justifica o finanțare alternativă din împrumuturi externe pentru astfel de investiții. În cazul în care autoritățile nu reușesc să acorde sprijin în acest sens pentru industrie, există riscul ca entitățile vizate să se confrunte cu un impact financiar negativ semnificativ asupra activității lor, în special operatorii mici și mijlocii.

În figura de mai jos sunt prezentate intervale de costuri orientative pentru componentele lanțului valoric al CCS, calculate în USD pentru 2020.



Sursa: <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2021/03/Technology-Readiness-and-Costs-for-CCS-2021-1.pdf>

Abordarea captării, transportului și stocării dioxidului de carbon reprezintă o provocare complexă, în special atunci când este vorba de a obține angajamente de investiții din partea emițătorilor, impunând în același timp obligații privind capacitatea de stocare, așa cum propune Legea privind industria cu zero emisii nete (Net Zero Industry Act - NZIA) pentru industria petrolului și a gazelor naturale. Această dublă cerință necesită o echilibrare atentă pentru a se asigura că emițenții sunt stimulați să investească în tehnologii de captare, garantând, în același timp, disponibilitatea unei capacități de stocare suficiente pentru a găzdui CO₂ captat. Posibila impunere a unor obligații privind capacitatea de stocare adaugă un nivel suplimentar de complexitate, deoarece necesită o estimare precisă a nevoilor viitoare de stocare și o coordonare între părțile interesate din industrie. Dacă aceste angajamente nu se gestionează în mod eficient, ar putea apărea blocaje în cadrul lanțului valoric CCS, ceea ce ar împiedica progresul în direcția atingerii obiectivelor de reducere a emisiilor și ar crea incertitudine atât pentru investitori, cât și pentru factorii de decizie politică.

În plus, România se confruntă cu provocări semnificative legate de lipsa infrastructurii de transport al CO₂, ceea ce acutizează și mai mult blocajul din cadrul lanțului valoric CCS. În ciuda potențialului României în ceea ce privește implementarea CCS, inclusiv a unor ample surse de stocare geologică, absența unei rețele de transport adecvate limitează fezabilitatea proiectelor CCS la scară largă. Fără infrastructura necesară pentru transportul CO₂ captat de la emițători la sursele de stocare, beneficiile potențiale ale tehnologiei CCS nu pot fi realizate pe deplin. Pentru a depăși această provocare este nevoie de investiții substanțiale în construirea infrastructurii de transport al CO₂, precum și de coordonare între agențiile guvernamentale, părțile interesate din industrie și instituțiile financiare pentru a asigura dezvoltarea la timp a unei rețele de transport cuprinzătoare și eficiente. Nerezolvarea acestui deficit de infrastructură nu numai că îngreunează capacitatea României de a reduce emisiile, dar împiedică și competitivitatea sa în tranziția către o economie cu emisii reduse de carbon.

5.2. Cadrul legislativ și non-legislativ național

5.2.1. Elemente lipsă și recomandări pentru actualizarea legislației pentru a reflecta cerințele tehnologiei CCUS

Directiva CCS trebuia transpusă în legislația națională până în iunie 2011. În legislația națională a României, acest lucru s-a întâmplat prin Ordonanța de urgență 64/2011. Aceasta a fost menită să faciliteze punerea în aplicare a proiectului Getica CCS, acest proiect demonstrativ de mare anvergură cu stocare în formațiuni geologice saline de mare adâncime, cu o capacitate de 1,5 Mtpa.

Ajustările reglementărilor primare, precum și elaborarea legislației secundare aferente (norme tehnice) sunt condiții prealabile pentru o implementare cu succes a acestei tehnologii la nivel național.

Cu toate acestea, deși OUG 64/2011 a fost aprobată în timp util, acesteia îi lipsesc aspectele administrative și procedurale. De asemenea, până în prezent nu au fost introduse scheme de sprijin pentru a încuraja dezvoltarea proiectelor CCS pe piața locală. Această stare de fapt este evidențiată și în ultima versiune a Planului Național Integrat în domeniul Energiei și Schimbărilor Climatice 2021 - 2030 (PNIESC), aflat în prezent în consultare publică, precum și în Strategia pe termen lung a României pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră.

Punerea în aplicare corespunzătoare a unui cadru de reglementare adecvat scopului ar trebui să fie asigurată prin cunoștințe instituționale și prin consolidarea capacităților, care sunt de o importanță majoră.

5.2.2. Necesitatea unei strategii naționale pentru implementarea cu succes a tehnologiei CCUS

Pentru ca tehnologia CCS să își atingă potențialul maxim, este necesară o abordare holistică, care să implice toate părțile relevante din întregul lanț valoric. Dezvoltarea unor proiecte specifice de infrastructură și de stocare este esențială pentru atingerea obiectivelor privind schimbările climatice. De asemenea, este esențial să se ia în considerare limitările naționale specifice la nivelul fiecărui Stat Membru, care depășesc sfera de acțiune a companiilor care trebuie să ia măsuri în acest sector.

Toate entitățile care participă la lanțurile valorice ale activităților de injecție de CO₂ ar trebui să fie stimulate să analizeze dacă carbonul care urmează să fie stocat ar putea fi stocat permanent în produse noi. **Inovarea** va juca un rol important în asigurarea competitivității Uniunii, precum și în atingerea cât mai curând posibil a obiectivelor de zero net.

Formularea unei Strategii Naționale privind CCUS care să asigure o foaie de parcurs pentru punerea în aplicare, bazată pe activitatea trilaterală a Ministerului Economiei, Energiei și Mediului, ar trebui să asigure o viziune pe termen lung și stabilitate pentru investitori. În acest sens, ar trebui să se ia în considerare următoarele elemente-cheie:

- Maparea potențialelor situri de depozitare, cu implicarea ANRM și a operatorilor;
- Maparea emițătorilor potențiali;
- Maparea rutelor de transport, cu conducte care traversează rutele existente și rutele noi care pot fi create;
- Acte normative necesare;
- Strategia de comunicare, atât la nivel național, cât și la nivel local, în raport cu autoritățile locale și cu publicul larg;
- Finanțarea;
- Necesitatea de a avea o platformă care să găzduiască întregul lanț valoric.

5.2.3. Acceptarea socială a tehnologiei CCUS - potențial obstacol în calea implementării

Analizele și cercetările recente efectuate de experți din cele mai importante think-tankuri indică faptul că sunt necesare angajamente mai ample din partea guvernelor pentru a asigura alinierea la obiectivele Acordului de la Paris. Concomitent, aceste angajamente trebuie corelate cu dezvoltarea și adoptarea unor strategii de comunicare și măsuri de politică adecvate, inclusiv informarea unui public mai larg cu privire la tehnologiile utilizate sau planificate a fi utilizate, tipurile de standarde tehnice referitoare la operațiunile implicate, entitățile relevante și rolul sectorului CCS în combaterea schimbărilor climatice.

Informațiile destinate publicului larg ar trebui să prezinte, de asemenea, principalele beneficii și provocări pe care le implică punerea în aplicare a tehnologiei CCS, pentru a preveni interpretările eronate. În acest context, este important atât pentru Statele Membre, cât și pentru operatori să elaboreze și să utilizeze strategii adecvate de comunicare și de implicare în legătură cu comunitățile locale în care intenționează să dezvolte proiecte CCS.

Global CCS Institute a elaborat **un set de instrumente de comunicare și implicare pentru proiectele CCS³¹**. Setul de instrumente se concentrează pe identificarea părților interesate relevante, pe elaborarea de analize SWOT, precum și pe stabilirea **unui plan adecvat de comunicare și implicare**. Potrivit Global CCS Institute, procesul de identificare a părților interesate presupune evaluarea atitudinilor părților interesate în legătură cu proiectul propus. Evaluarea acestor atitudini va ajuta la stabilirea nivelului de interes și de influență pe care aceste părți interesate îl pot avea asupra inițiativei CCS propuse.

Mai important, documentul menționează că atitudinile părților interesate se pot schimba pe parcursul proiectului. Prin urmare, este important să se monitorizeze aceste atitudini pentru a identifica în mod adecvat modalitățile de gestionare eficientă a oricăror provocări. **Identificarea părților interesate relevante și a atitudinilor acestora față de proiectul propus** va servi drept un instrument important pentru a stabili unde este posibil să fie necesare cele mai mari și cele mai mici eforturi atunci când se elaborează o strategie de comunicare. Ar trebui acordată o atenție deosebită comunității academice, al cărei interes și angajament față de sectorul CCS poate fi semnificativ. Experții, cum ar fi oamenii de știință, cercetătorii și cadrele universitare care au cunoștințe despre sectorul CCS "sunt adesea surse de informații de încredere" și pot fi implicați în activități formale de implicare cu scopul de a disemina informații la toate nivelurile societății.

O altă recomandare importantă este aceea că o comunicare deschisă cu grupurile cheie de părți interesate, cum ar fi grupurile sau persoanele care dețin terenuri în apropierea unui sit potrivit pentru proiecte CCS, ar trebui să aibă loc cât mai devreme posibil în cadrul procesului. Printre aspectele importante se numără **accesul la terenuri, beneficiile și compensațiile**. În acest proces, comunitățile învecinate de-a lungul rutelor de transport sau acolo unde este posibil să fie nevoie să aibă loc teste seismice sunt la fel de importante.

Grupurile financiare și investitorii au nevoie de un angajament specific din cauza dimensiunii investițiilor necesare pentru proiectele CCS. În acest caz, este esențial ca reprezentanții financiari relevanți să înțeleagă în mod adecvat natura activității sau a proiectului. În mai multe cazuri, natura riscurilor identificate sau nivelul de incertitudine a fost considerat atât de ridicat încât piața nu ar putea suporta costurile și investiția nu ar avea loc la niciun nivel de rentabilitate. Un alt factor semnificativ care trebuie luat în considerare este incertitudinea politică. **Incertitudinea politicilor** poate fi considerată un risc care ar putea împiedica investițiile dacă nu este abordat.

31 <https://www.globalccsinstitute.com/archive/hub/publications/13571/publication-20110601-communication-engagement-toolkit.pdf>.

Concluzii

Conform unei analize recente realizate de Kearney³², capacitatea de captare a proiectelor actuale de conducte trebuie să fie multiplicată de aproape patru ori până în 2030, pentru a atinge obiectivele Agenției Internaționale pentru Energie și Scenariul de Dezvoltare Durabilă al ONU.

Reducerea emisiilor de CO₂ și creșterea rezilienței la schimbările climatice sunt posibile, cu condiția existenței unui set de condiții sociale, economice și tehnologice semnificative care să permită punerea în aplicare a tehnologiei CCS. Diseminarea de informații complete către publicul larg cu privire la această tehnologie este, de asemenea, un factor major care trebuie luat în considerare ca element-cheie pentru acceptarea de către public. La fel de importantă este implicarea, încă de la începutul procesului, a tuturor părților interesate relevante și a comunităților potențial afectate, precum și implicarea comunității academice, care reprezintă o resursă importantă de cunoștințe și expertiză în acest sector.

În România, o țară cu o vastă experiență, capital uman și know-how specializat în explorarea și exploatarea petrolului și a gazelor naturale, care poate fi ușor transferat în sectorul CCS, existența unor situri industriale importante, cum ar fi cele din sud-vestul țării, prezintă oportunități semnificative pentru implementarea tehnologiei CCS. Pentru implementarea cu succes a tehnologiei CCS este nevoie, în primul rând, de un cadru legislativ adecvat, care să cuprindă și normele tehnice relevante.

Schimbul de bune practici și analiza altor state europene interesate și cu experiență în dezvoltarea sistemelor CCS (de exemplu, Danemarca, Franța și Norvegia), cu proiecte CCS în diferite stadii de dezvoltare, atât pe uscat, cât și în larg, ar reprezenta o valoare adăugată.

Din punctul de vedere al investitorilor, **barierele** actuale care limitează dezvoltarea și utilizarea tehnologiei CCS sunt legate de **costurile de capital inițiale** considerabile implicate în etapele inițiale de dezvoltare, caracterizate de o incertitudine ridicată în ceea ce privește succesul proiectului. În plus, trebuie luat în considerare întregul lanț valoric al CCS, pentru a asigura fezabilitatea financiară a proiectului. De asemenea, ar trebui acordată o atenție deosebită pentru a se asigura că informații complete despre tehnologia CCS ajung la publicul larg, precum și la factorii de decizie naționali cu atribuții în acest sector, pentru a preveni reacțiile contraproductive.

În plus, este esențial să se asigure că inițiativele CCS aflate în faza de dezvoltare avansează în mod eficient până la decizia finală de investiție, construcție și exploatare. Formularea de politici care să faciliteze transportul și depozitarea, atrăgând mai multe proiecte locale de captare, ar contribui la creșterea numărului de proiecte CCS care pot fi dezvoltate. Astfel de acțiuni pot fi, de asemenea, asociate cu sprijinirea inițiativelor care încurajează învățarea reciprocă între proiecte, ceea ce ar duce la o mai bună înțelegere a tehnologiei CCS și a beneficiilor acesteia de către un public mai larg și de către factorii de decizie.

Se așteaptă ca CCS să genereze noi investiții și, prin urmare, să producă venituri la bugetul de Stat, păstrând în același timp locurile de muncă din sectorul petrolului și al gazelor naturale, care altfel ar dispărea, în contextul tranziției energetice. Comisia Europeană a instituit mai multe scheme de sprijinire a proiectelor CCS, printre care se numără Fondul pentru Inovare (cu peste 25 de miliarde de euro alocate inițiativelor CCS), mecanismul Conectarea Europei (pentru rețelele de transport transfrontalier de CO₂), precum și Fondul de Redresare și de Reziliență (pentru proiectele incluse în planurile naționale), Fondul pentru o Tranziție Echitabilă și Fondul de Modernizare.

În contextul aprobării în curs a Regulamentului NZIA și al importanței asigurării fezabilității economice a proiectelor, este important să se monitorizeze forma în care va fi definit mecanismul derogatoriu bazat pe o analiză a cererii și ofertei de capacitate de injecție.

Mai important, luând în considerare declinul natural specific resurselor globale de petrol și gaze naturale ale României, precum și potențiala reducere a producției aferente în contextul scăderii finanțării proiectelor de petrol și gaze în contextul tranziției energetice, potențialul de implementare a proiectelor CCS, ca activitate secundară față de operațiunile de petrol și gaze, rămâne foarte semnificativ.

32 Captarea, utilizarea și stocarea carbonului - Kearney - <https://www. Kearney.com/documents/17779499/17781864/CCUS-2021+FactBook.pdf/718e94af-1536-b23e-1ac9-a4de74ffe25?t=1623398953000>

