

Raportul Științific 2022

Cod Proiect: **COFUND – ACT ERANET – ALIGN**

Denumirea Programului din PN III:

Cooperarea Europeană și Internațională – Sub Program 3.2 – Orizont 2020

Acronimul Proiectului:

ALIGN CCUS

Titlu proiect:

**MODELAREA MULTITEMPORALĂ AVANSATĂ ȘI OPTIMIZAREA REȚELELOR
DE TRANSPORT, UTILIZARE ȘI DEPOZITARE A CO**

Contract nr. 280 /2022;

**ETAPĂ NR. 1 /2022: Dezvoltarea modelelor proxy de performanță a rezervoarelor
respectiv descrierea modelelor fizice (conducta, foraj, etc)**

**Descrierea științifică cu punerea în evidență a rezultatelor etapei anuale și gradul de
realizare a obiectivelor**

I Realizarea modelelor proxy rapide geologice și de inginerie

Pentru o proiectare eficientă a rețelei, este esențial ca modele robuste și eficiente numeric să fie dezvoltate pentru a capta comportamentul dinamic al sistemelor de stocare subterană și pot oferi un feedback dinamic relevant la scara temporală adecvată scenariilor de configurare a rețelei de suprafață.

În consecință, unul din obiectivele principale, este de a dezvolta modele proxy eficiente care scot în evidență caracteristicile statice ale rezervoarelor geologice precum și răspunsurile dinamice ale acestor rezervoare pentru diferite scenarii de injecție de CO₂, cum ar fi acviferele saline sau rezervoarele epuizate.

Modelele proxy sunt în mod fundamental modele de interpolare matematică care pot fi evaluate mult mai rapid decât simulatoarele numerice dinamice. Prin urmare, ele pot fi utilizate pentru monitorizare (aproape) în timp real și suport pentru decizii, în special, decizii care necesită fluxuri de lucru mai solicitante (analiza de sensibilitate, optimizare în condiții de incertitudine).

Aceste modele vor fi configurate pentru a caracteriza tipul de rezervor de stocare, barierele geologice de curgere, integritatea sistemului de stocare (puț, falie, caprock) și condițiile de injectivitate (precipitație de sare, hidrat de CO₂ în apropierea sondei etc.).

Dezvoltarea modelului proxy va explora oportunitatea adaptării abordărilor existente, utilizate în principal pentru studiile de evaluare a riscurilor, care variază de la fizică completă la modele de ordin redus și semi-analitice. În combinație cu experiența de cercetare substanțială în

stocarea CO₂, atribuita unora dintre partenerii consorțiului precum și analiza studiilor de caz prezentate în cadrul proiectului, parametrii relevanți ai modelului și procesele termice-hidro-mecanice-chimice vor fi identificați pentru includerea în proxy modele. În cadrul unui proxy model, procesele potențial relevante includ răcirea Joule-Thompson, formarea de hidrat, precipitarea sării, fracturarea și reactivarea defecțiunilor.

Modele proxy care vor fi dezvoltate, vor include algoritmi care vor permite urmărirea calculelor dinamice ale capacității rezervorului, arhitectura internă a rezervorului (de exemplu, defecțiuni-zone de falieri), numărul forajelor și plasarea lor în rezervor precum și managementul presiunii de injectie.

Scenarii precum extracția saramură vor fi realizate în funcție de studiul de caz analizat. Aceste caracteristici de performanță a rezervorului în cadrul modelelor proxy, vor fi dezvoltate pentru următoarea clasă de rezervoare de stocare:

- Acvifere saline;
- Rezervoare de gaze epuizate;
- CO₂-EOR în rezervoare siliciclastice și carbonatice;

Studiile de caz disponibile în cadrul ACTiON vor furniza date critice de performanță reală pentru a valida modelele proxy dezvoltate.

Pentru a stabili o bază de date de modele proxy care să includă portofoliul actual de scenarii de stocare geologică, modele proxy sunt clasificate astfel: modele proxy de performanță a rezervorului; modele proxy pentru foraje sau zona limitrofa acestora; modele de proxy de integritate a sistemului de stocare; model proxy privind integritatea stocării.

Simulările fizice complete au fost folosite pentru a rula scenarii alese cu grijă, care vor ajuta la furnizarea de informații despre cerințele unui lanț de proxy modele referitoare la stocarea CO₂.

Descriere proiect GETICA:

GETICA CCS reprezintă un proiect demonstrativ CCUS pregătit în România ca scop captarea și stocarea a 1 Mt de CO₂ de la un bloc energetic al centralei pe cărbune Turceni.

În cadrul proiectului GETICA CCS, după o atentă analiză a posibilităților de stocare din regiune, dintr-o bază inițială de 7 situri potențiale de stocare, au fost alese în final 2 situri (Figura 1), 2 acvifere saline cu rezervoare de stocare Sarmațianul Depresiunii Getice (unitate structurală majoră a României și o veche provincie petrolieră). Cele două situri potențiale de stocare, acvifere saline adânci, au fost denumite Zona 1 și Zona 5, ultima fiind considerată ca fiind extrem de promițătoare pentru stocare.

A fost realizată de către GeoEcoMar o analiză preliminară a zonei Turceni pentru a crea o listă temporară cu potențiale situri de stocare a CO₂.

Suprafața investigată a fost aleasă ca fiind un cerc cu rază de 50 km în jurul Complexului Energetic Turceni. Această zonă acoperă o mică parte din sectorul vestic al Platformei Moesice și al Depresiunii Getice.

În această zonă doar acviferele saline din formațiunile terțiare sunt considerate potrivite pentru a fi rezervoare de stocare a CO₂.

Aceste formațiuni se află la adâncimi (mai mari de 800m și mai mici de 3000m), potrivite pentru a reprezenta rezervoare de stocare într-un proiect de CSC (un rezervor trebuie să fie la adâncimi mai mari de 800m pentru ca CO₂ să fie în stare supracritică dar nu foarte adânc pentru a nu crește costurile de construcție ale sondei și implicit ale investiției de bază).

Formațiunile terțiare au fost mai bine studiate de-a lungul anilor datorită explorării pentru petrol și gaze și exploatării acestora (se așteaptă ca acestea să faciliteze colectarea datelor necesare pentru proiect)

După analiza făcută pentru mai multe situri, au fost selectate două zone (Zonele 1 și 5), care întrunesc cele mai bune condiții pentru stocarea geologică a CO₂.

Această selecție a fost făcută pe baza următoarelor criterii:

Volumul total al rocii – rezervor care este de aproximativ $860 \times 10^9 \text{ m}^3$ (pentru situl 5) și $72,55 \times 10^9 \text{ m}^3$ (pentru situl 1);

Secvențele sedimentare au creat capcane structural - stratigrafice suprapuse cu extinderi diferite în cazul sitului 5 și numai una pentru situl 1;

Închiderea capcanelor este bine definită pentru secvențele S3 – S5 (situl 5) și S5 (situl 1);

Roca protectoare este destul de bine dezvoltată, groasă și continuă, pentru ambele situri;

Permeabilitatea și porozitatea rezervorului sunt bune.

În concluzie, am considerat că Zonele 1 și 5 pot fi selectate ca situri de stocare.

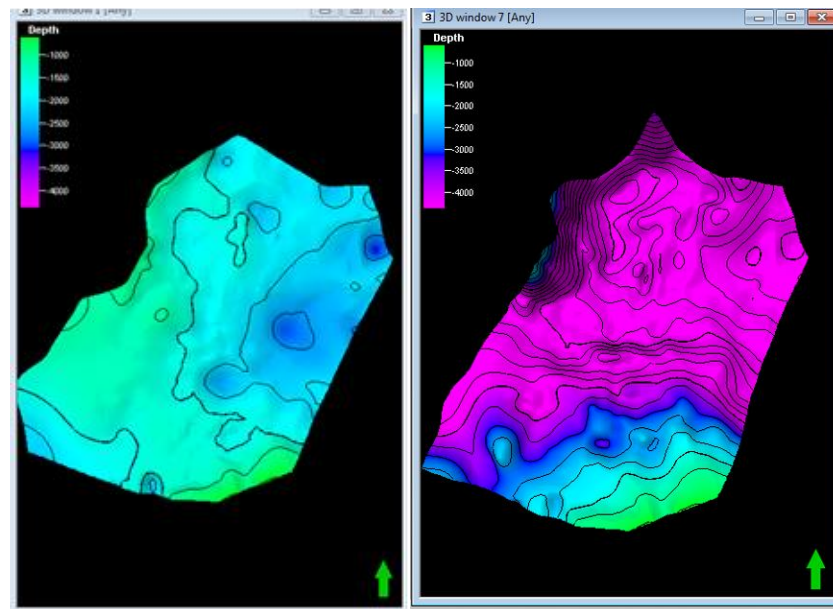


Figura 1 Orizontul sarmațian în Zona 5 Baza modelului static în Zona 5

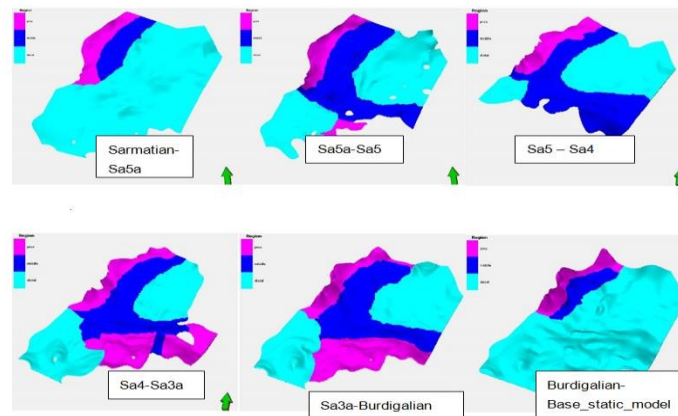


Fig.2 Distribuția tipurilor de facies, conform distanței dintre sursa materialului sedimentar și zona de acumulare

La modelarea faciesului s-a luat în considerare faptul că sedimentarea s – a produs de la sud la nord și că sursa materialului sedimentar se află la sud față de Zona 5. Din acest motiv, faciesul a fost împărțit în proximal, mediu și distal (Fig.2).

În cazul zonei 5 modelul static a presupus modelarea faliilor, pillar gridding, marcarea orizonturilor, delimitarea zonelor, modelarea stratificării, evaluarea faciesului, aducerea la aceeași scară a diagrafiilor de sondă, modelarea faciesului, modelarea proprietăților. Orizonturile sarmatiene au fost create pe baza suprafețelor din adâncime (Sarmatian, Sa5, Sa5a, Sa4, Sa3a, Burdigalian și Sa2 = Base_static_model) considerând că Sa2 este baza și toate celelalte sunt conforme (Fig. 1). Pentru a păstra datele cât mai reale nu a fost aplicată nici o netezire. Corelarea datelor a fost făcută folosind topurile sondelor. Cele patru orizonturi rezultate în această fază a modelului static prezintă o afundare de la sud la nord și de vest la est (Fig. 2).

În cadrul acestei activități am contribuit la crearea modelului proxy pentru un acvifer salin utilizând studiul de caz românesc al proiectului, anume GETICA CCS. Astfel, am revizuit într-o primă fază datele aferente acestui studiu, inclusiv modelele statice și dinamice realizate anterior. Acest lucru este extrem de important pentru a putea testa și valida într-o etapă ulterioară modelul proxy dezvoltat în cadrul proiectului.

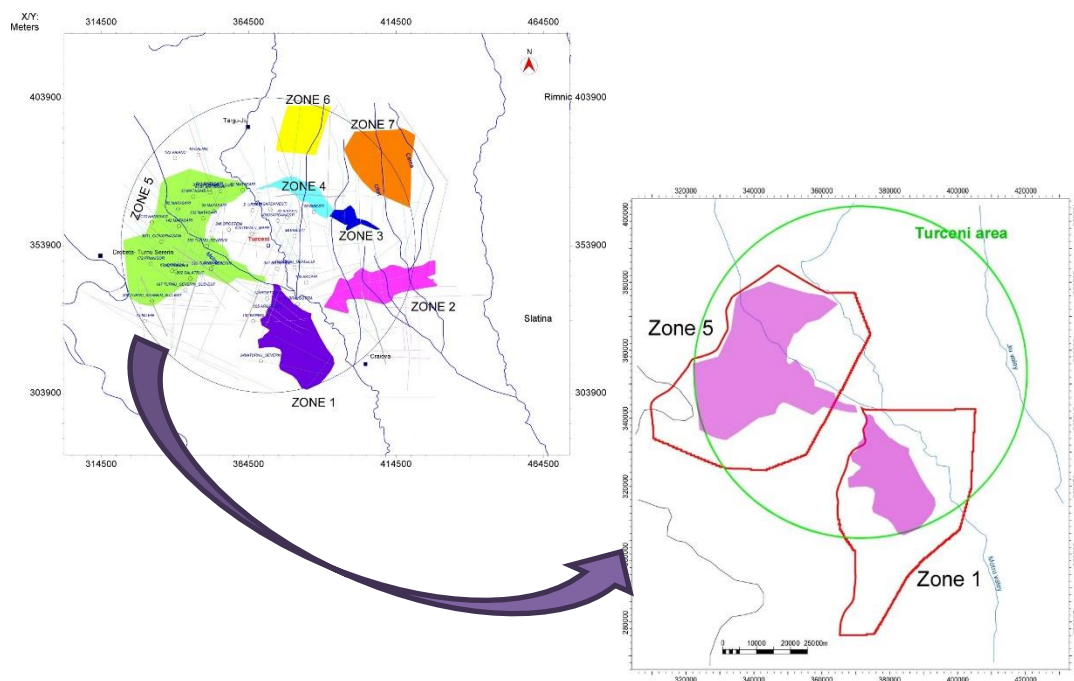


Figura 3. Siturile de stocare pentru GETICA CCS

Pentru aceste două situri au fost făcute modele statice și dinamice, toate revizuite în această etapă în vederea realizării ulterioare a modelului proxy pentru acvifere saline. Pe baza modelării statice de rezervor au fost delimitate complexele de stocare pentru cele două zone: formațiuni poros-permeabile colectoare (rezervoare de stocare), formațiuni protectoare, elemente de închidere a complexelor (e.g. falii, efilări).

Complexul de stocare propus pentru Zona 5 (fig.4) are ca formațiuni rezervor secvențele grezoase-nisipoase cu intercalații de argile Sa5-Sa5a, Sa5a-Sa4, Sa4-Sa3a și Sa3a-Burdigalian.

Acestea se efilează în zona de sud și de SE pe relieful pre-terțiar creând o capcană structurală și stratigrafică. La vest și la nord, complexul de stocare este delimitat de falii. Pe

flancul estic, limita complexului de stocare a fost arbitrar aleasă, urmând a fi confirmată în faza de explorare a sitului.

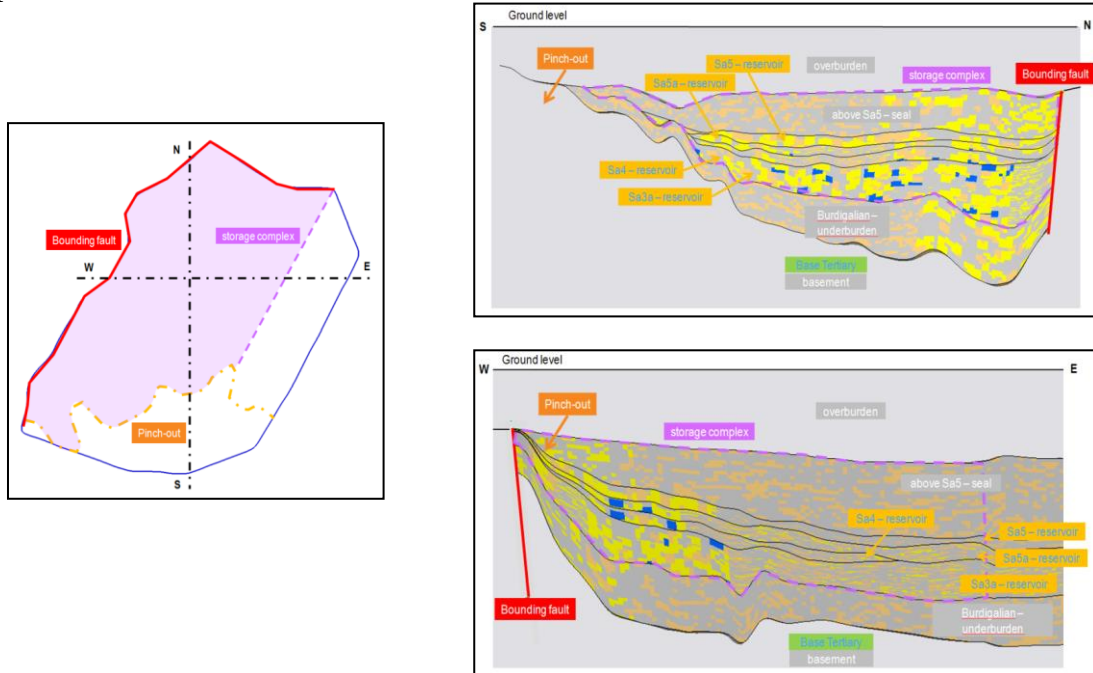


Figura 4 Complexul de stocare al Zonei 5 (extras din modelul static)

Complexul de stocare al zonei 1 (fig.5) cuprinde secvențele rezervoar Sa7-Sa5 și Sa5-Bază Terțiar în facies grezos-nisipos cu intercalații argiloase, protejat de formațiunea deasupra orizontului Sa7. O caracteristică majoră a zonei este îngroșarea secvențelor rezervoar de la S la N, după cum se poate observa în figura de mai jos. Limitele laterale ale complexului de stocare sunt definite printr-o falie în vest și prin efilarea (pinch out) formațiunilor rezervoar în partea de vest și sud. La nord și este limitele au fost stabilite arbitrar, urmând a fi investigate în faza de explorare.

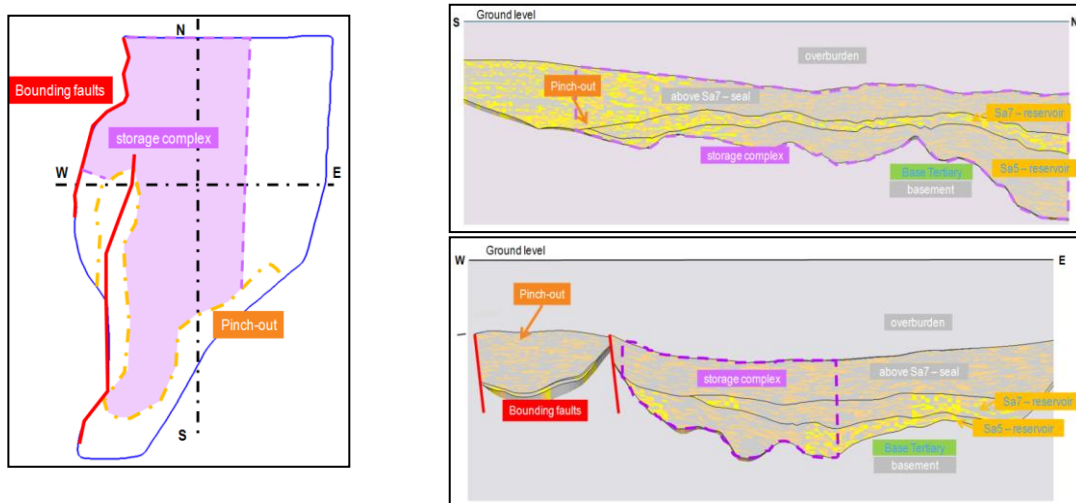
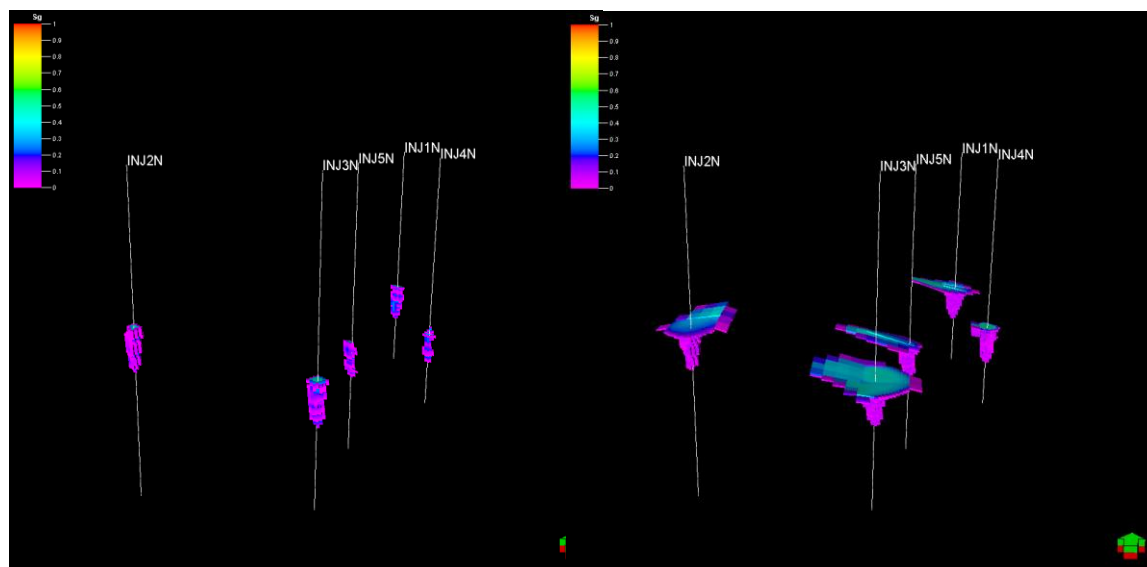


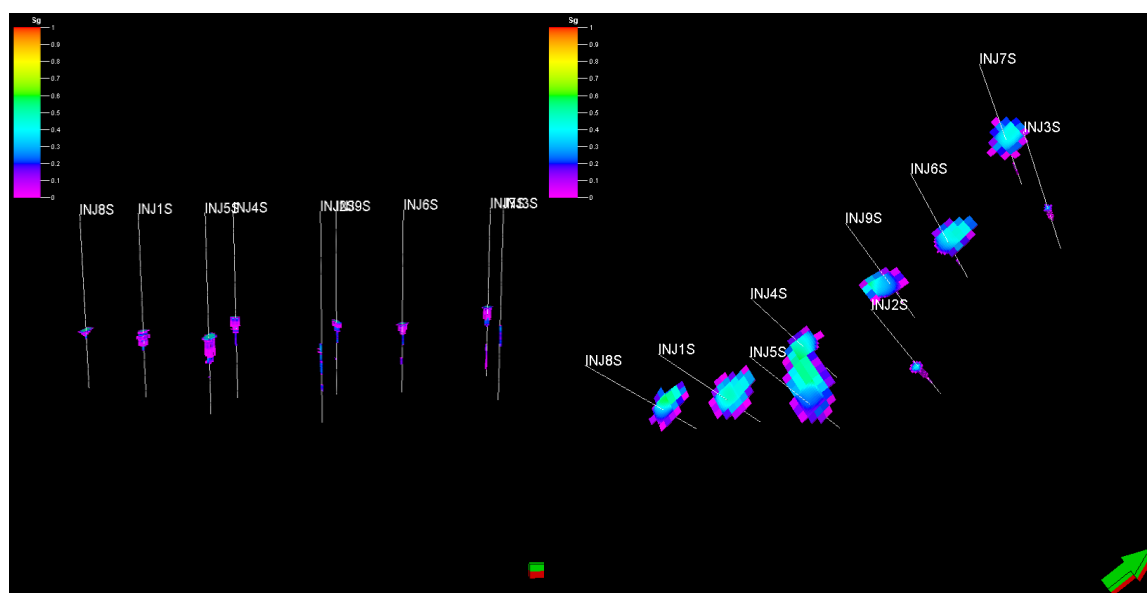
Figura 5 Complexul de stocare al Zonei 1 (extras din modelul static)



1 Jan 2020

1 Jan 2335

Figura 6 Pana de saturație în CO₂ pentru Zona 5 la 5 ani de la injecție (2020) și la 330 de ani conform modelului dinamic



1 Jan 2020

1 Jan 2335

Figura 7 Pana de saturație în CO₂ pentru Zona 1 la 5 ani de la injecție (2020) și la 330 de ani conform modelului dinamic

Modelele dinamice (simularea injecției și stocării de CO₂) au fost realizate variind numărul de sonde de injecție și distanța dintre acestea pentru a atinge targetul de injecție) ($Q_{inj} =$

2.07*106Sm³/day). Într-un final, după mai multe simulări, s-a ajuns la un număr de 5 sonde de injecție în Zona 5 (fig.6) și un număr de 9 sonde de injecție în Zona 1(fig.7).

În vederea dezvoltării modelului proxy pentru acvifer salin, din modelele statice și dinamice au fost extrași parametrii cheie (definiți în proiect) din GETICA CCS, prezentați în tabelul de mai jos.

Tabel 1. Parametrii cheie din GETICA CCS pentru construirea modelului proxy acvifer salin

• Denumire parametru	• Zone 1	• Zone 5
• Adâncime (m)	• 1805	• 1800
• Grosimea rezervorului (m)	• 137	• 213
• Raport net to gross	• 0.685	• 0.711
• Porozitate (decimal)	• 0.19	• 0.2
• Permeabilitate (mD)	• 50	• 50
• Kv/Kh	• 1	• 1
• VDP (Dykstra-Parsons)	• 0	• 0
• Swi (saturația în apă ireductibilă)	• 0.2	• 0.2
• Sco2r (saturația inițială în CO ₂)	• 0	• 0
• Temperatura inițială (grade Celsius)	• 85	• 85
• Presiunea inițială (bar)	• 199	• 198
• Înclinare (grade)	• 30	• 30
• Salinitate (kppm)	• 300	• 300
• Presiune fracturare (bar)	• 280	• 280
• Litologie rocă protectoare	• argile	• argile
• Compresibilitatea rocii (bar e-1)	• 0.00005	• 0.00005

II Operabilitatea rețelei de transport și dezvoltarea modelului CCUS multitemporal

În aceasta faza, pornind de la o varianta simplă de transport printr-o conductă terestră, de la unul dintre grupurile energetice ale Termocentralei Turceni, la situl de stocare geologică a CO₂, selectat în zona Oltenia, în cadrul Proiectului demonstrativ GETICA CCS, pregătim cadrul necesar pentru realizarea modelului proxy pentru transportul CO₂ prin conducte, și prin celelalte modalități de transport, rutier, feroviar și naval, în cazul mult mai complex al considerării mai multor surse și situri de stocare a CO₂, inclusiv cele din Marea Neagră. Desigur, în cazul fiecărei modalități de transport, vor fi luate în considerare toate caracteristicile specifice, necesare pentru realizarea modelului proxy.

Soluția de transport în cazul Proiectului GETICA CCS, constă într-o conductă terestră de maximum 40 km lungime. Încă de atunci, au fost preconizate viitoarele conexiuni, de luat în considerare: Rovinari, Craiova II, Ișalnița, instalații industriale petro-chimice și metalurgice. Transgaz a fost desemnat operator de transport. Rețeaua de transport a hidrocarburilor din zona Oltenia (Fig.8) a fost o bună bază de plecare pentru proiectarea conductei Proiectului GETICA CCS, dar, acum poate juca același rol și pentru extinderea pe care o preconizăm.

În această etapă am realizat o documentare asupra transportului CO₂ pe navă, precum și asupra posibilităților de transport pe Dunăre a CO₂ către zăcămintele din Marea Neagră. Practica transportului de gaze lichefiate și presurizate pe nave datează de mai bine de 70 de ani. De atunci, transportul gazelor în această stare pe nave, a devenit o industrie semnificativă pe tot Globul, navele transportatoare de gaz fiind o prezență des întâlnită în traficul naval. Transportul CO₂ pe nave are loc de aproape 20 de ani, deși doar în cantități mici pentru obiective industriale și alimentare.

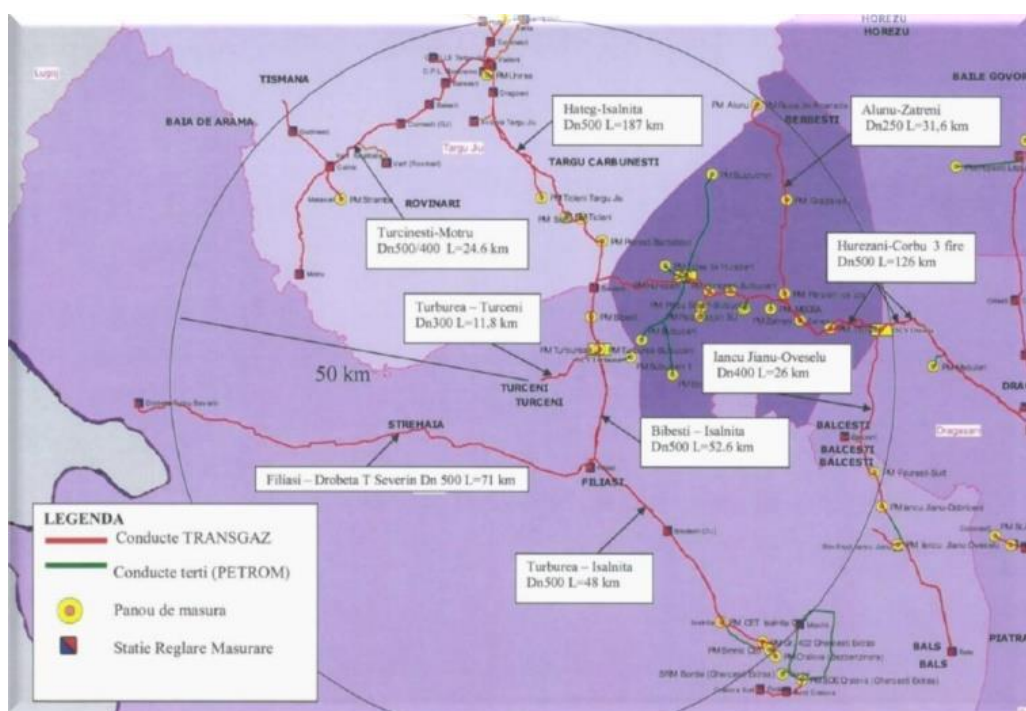


Fig.8 Rețeaua de transport a hidrocarburilor din zona Oltenia

Experiența acumulată în proiectele europene dedicate găsirii celor mai bune soluții pentru transportul CO₂ prin conducte terestre, este desigur deosebit de prețioasă. Lipsa accesului la datele locale a condus totuși, cel puțin pentru teritoriul României, la soluții cu un grad ridicat de aproximație. Ne revine misiunea de a găsi cele mai potrivite soluții pentru condițiile specifice din țara noastră. Traseele utilizate pentru transportul hidrocarburilor constituie o bună baza de plecare pentru soluțiile autohtone optime pentru transportul CO₂ (Fig.8).

Existența Dunării, a Canalului Dunăre - Marea Neagră și deschiderea la Marea Neagră constituie, alături de rețelele existente în țara noastră pentru transportul hidrocarburilor, argumente deosebit de importante pentru promovarea "transportului multimodal" al CO₂. Conceptul de "transport multimodal al CO₂" presupune o combinație a transportului pe nave cu transportul prin conducte pentru reducerea costurilor și pentru evitarea eventualelor probleme legate de acceptarea publică.

Transportul prin conducte al CO₂ de la surse la porturi poate fi astfel planificat pe două tronsoane: un tronson care să lege sursele de un punct aflat în centrul grupării și cât mai aproape de conductele de transport hidrocarburi și un tronson magistral care să lege gruparea de surse de cele mai apropiat port dunărean care să fie amplasat pe traseul protejat al conductelor de

transport și gaze. Pentru regiunea Oltenia, cele mai apropiate porturi fluviale sunt Drobeta Turnu Severin, Calafat, Bechet și Corabia. După ce o anumită cantitate de CO₂ ajunge de la sursă într-un port dunărean, poate fi transportată cu ajutorul barjelor într-un alt port dunărean, conectat la un sit de stocare.

Acea cantitate de CO₂, ajunsă într-un port dunărean, poate fi transportată, eventual, prin Canalul Dunăre - Marea Neagră, până la Portul Agigea, de unde, cu o nava maritimă sau printr-o conductă amplasată pe fundul mării, până la un sit de stocare din larg. Astfel, în Bazinul vestic al Marii Negre, ar putea să se desfășoare operațiuni de stocare a CO₂, la fel ca în Marea Nordului.

Porturile care au fost identificate ca fiind de interes pentru aplicarea transportului multimodal în metoda CCUS sunt prezentate în tabelul de mai jos.

O parte din emisiile majore de CO₂ din sudul țării (tab.) pot fi conectate direct cu porturile dunărene sau maritime, distanța de transport fiind mică. Localizarea surselor de CO₂ poate fi observată în Fig.9 - Harta emisiilor majore de CO₂, a porturilor și a căilor navigabile interioare a României.

În cadrul fig.9 a fost prezentată schita porturilor cu cel mai bun potențial de transport al CO₂, ținând cont de conexiunile feroviare și rutiere dar și conectarea cu rețeaua de conducte petroliere și gazeifere.

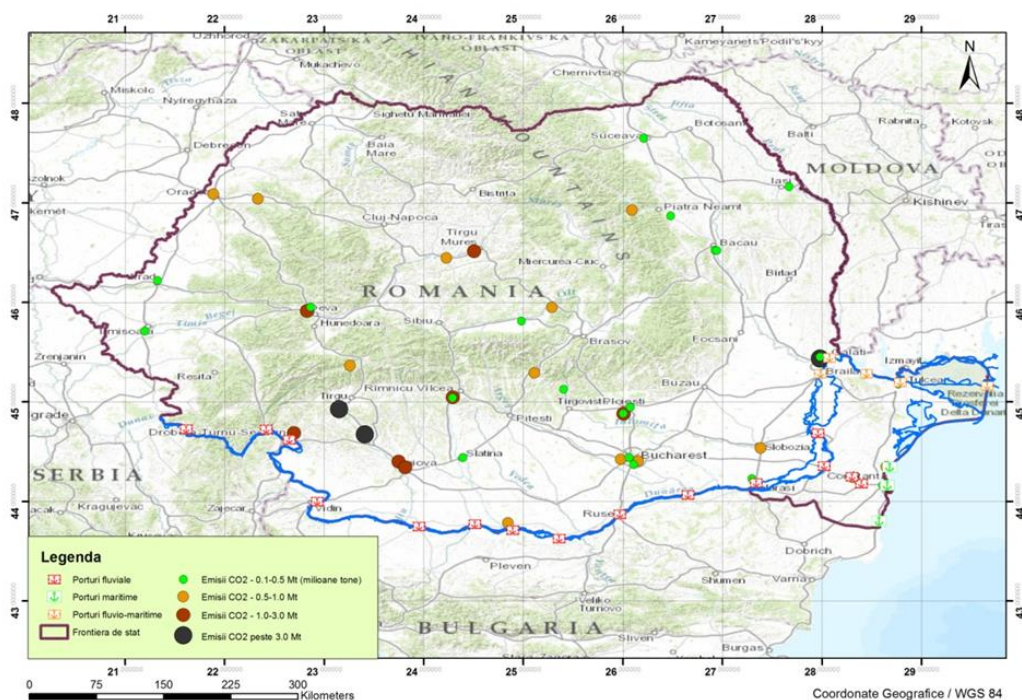


Figura 9. Harta emisiilor majore de CO₂, a porturilor și a căilor navigabile interioare a României

Porturile care au fost identificate ca fiind de interes pentru aplicarea transportului multimodal în metoda CCUS sunt prezentate în tabelul de mai jos.

O parte din emisiile majore de CO₂ din sudul țării (tab.2) pot fi conectate direct cu porturile dunărene sau maritime, distanța de transport fiind mică. Localizarea surselor de CO₂ poate fi observată în Fig.9- Harta emisiilor majore de CO₂, a porturilor și a căilor navigabile interioare a României.

In cadrul fig.10 a fost prezentata schita porturilor cu cel mai bun potential de transport al CO₂, tinand cont de conexiunile feroviare si rutiere dar si conectarea cu rețeaua de conducte petroliere si gazeifere.

Tabel 2. Porturi românești de interes pentru aplicarea CCUS în România

Nr crt	Port	Tip port	Anul construirii	Lungime de front de cheiuri
1	Orșova	fluvial	1972	100 m
2	Drobeta-Turnu Severin	fluvial	1972	939 m
3	Calafat	fluvial	1830-1833	700 m
4	Bechet	fluvial	secolul XIX	670 m
5	Corabia	fluvial	1859/1866	1470 m
6	Turnu Măgurele	fluvial	1883-1900	830 m
7	Zimnicea	fluvial	1890-1900	600 m
8	Giurgiu	fluvial	1896-1900	1750 m
9	Oltenița	fluvial	după 1900	750 m
10	Călărași	fluvial	după 1900	620 m
11	Cernavodă	fluvial	1975-1985	1180 m
12	Brăila	fluvial-maritim	1836	5000 m
13	Galați	fluvial-maritim	1884 (multiple dezvoltări ulterioare)	4840 m
14	Tulcea	fluvial-maritim	1908	1900 m
15	Midia	maritim	1949-1950	1415 m
16	Constanța	fluvial	1857-1860 (multiple dezvoltări ulterioare)	29000 ?
17	Medgidia	port interior	1975-1984	3000 m

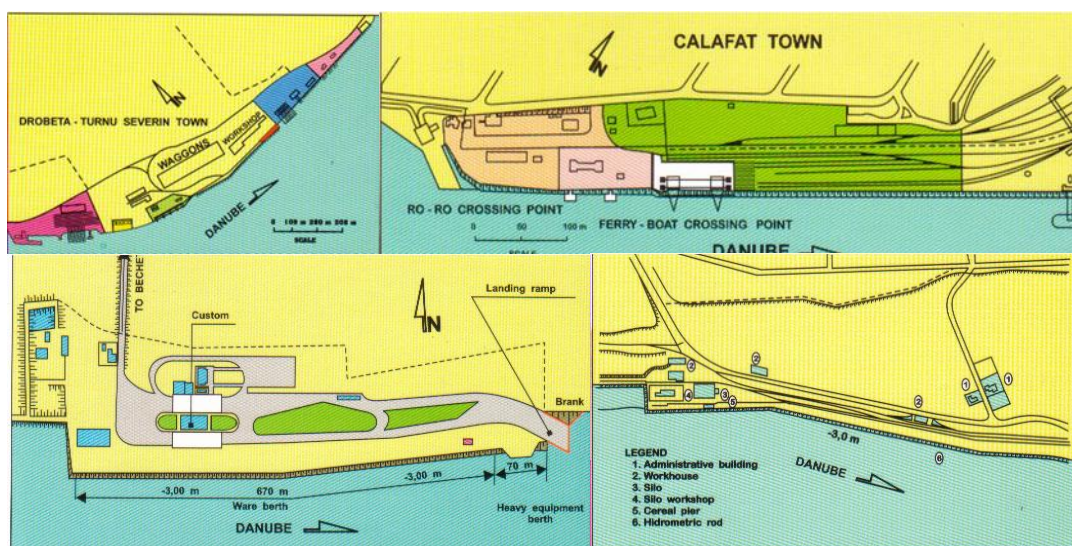


Fig.10 Schita porturilor, cu cel mai mare potential de transport multimodal al CO2

III Caracterizarea stocarii integrate și evaluarea dinamicii riscului rețelei

Scopul acestei sarcini este de a identifica o serie de riscuri care pot fi generate de rezultatele modelelor proxy dezvoltate în WP1 și WP2. Aceste registre de risc vor fi utilizate pentru a defini indicatorii cheie de performanță pentru urmărirea operațiunilor dinamice ale unei rețele CCUS.

Indicatorii de performanță vor depinde de tipul de operațiune (de exemplu, stocare vs utilizare), precum și de disponibilitatea informațiilor. Se va analiza componentele cheie ale sistemului (de exemplu, formațiuni saline, caprock, supraîncărcare, câmpuri de gaze epuizate, foraje abandonate, falii existente, foraje de evacuare a apei/geotermale/petrol/gaz).

Captarea, utilizarea și stocarea carbonului (CCUS) este un sistem integrat de rețele geologice, de inginerie, logistice și tehnologice care se referă la dezvoltarea sigură și durabilă a energiei regenerabile în secolul 21. Implementarea pe scară largă (la scara zăcămintelor de petrol și gaze) a proiectelor CCUS necesită disponibilitatea și utilizarea flexibilă a unei rețele de transport și stocare care poate capta rate variate de aprovizionare cu CO2 din diferite surse. O astfel de rețea trebuie construită cu recunoașterea riscurilor asociate fiecărui factor care poate fi prezis din funcționarea, alimentarea și injectarea de dioxid de carbon în formarea rezervorului. Pe lângă capacitatea rețelei, este necesară monitorizarea constantă a modificărilor CO2 captat pentru a elimina riscurile potențiale sau existente. Deși fiecare dintre componentele rețelei este esențială pentru a fi studiată, acest raport se concentrează pe indicatorii cheie de performanță relevanți pentru evaluarea riscului capacității de stocare.

Probabilitatea evaluării riscului este măsurată prin modele bazate pe cazuri sau bazate pe dovezi. Studiile de caz implică determinarea factorilor cheie care vor afecta injectivitatea, capacitatea de stocare și pericolele de mediu într-un anumit sit. Analiza bazată pe dovezi implică evaluarea impactului parametrilor operaționali (de exemplu, debitele) asupra proiectării sale, pentru a reduce riscul funcționării integrate a întregii unități.

Analiza ulterioară este mai complicată deoarece necesită dovezi specifice pentru fiecare risc care nu pot fi aplicabile în toate cazurile generice. Cu toate acestea, mai mulți parametri din

model au ca rezultat flexibilitate și reziliență ca răspuns la schimbările operaționale din diferite părți ale rețelei. Evaluarea riscurilor în ambele tipuri de model poate avea probleme cu optimizarea rețelelor de transport și stocare pentru a sprijini părțile interesate în implementarea CCUS la scară largă.

În această fază am contribuit de asemenea la livrabilul Risk-based Key Performance Indicators, ajutând la definirea parametrilor cheie de management al riscurilor și prezentând exemplul studiului de caz GETICA CCS. Pentru acest proiect au fost investigate riscurile tehnice și non-tehnice (legislație, obținerea permiselor, conflicte de interese, acceptarea publicului, comunicare și coordonare proiect).

Accentul a fost pus pe hazarde individuale, definite ca abateri de la scenariul de bază în care operațiunile de stocare se desfășoară conform planificării, fără abateri. Hazardele au fost definite în corelație cu elementele complexului de stocare și cu ale operațiunilor de injecție, cum ar fi rezervorul, formațiunea protectoare, falii, flux de CO₂, formațiuni acoperitoare, formațiuni de sub nivelele rezervor și sonde.

Au fost luate în considerare și propuse măsuri de prevenire, inclusiv utilizarea tehnologiilor de monitorizare.

Cele mai importante hazarde identificate pentru ambele situri de stocare analizate sunt prezentate în tabelul de mai jos. Se poate observa că cele mai multe hazarde sunt legate de menținerea integrității stocării. Trebuie menționat că analiza de risc a fost făcută exclusiv pe baza datelor disponibile la momentul Studiului de Fezabilitate și că riscurile identificate urmau să fie reconsiderate în faza de caracterizare a siturilor.

Tabel 2. Principalele hazarde/riscuri identificate în GETICA CCS

Element	Hazard	Impact
Rezervor	Extindere laterală insuficientă a efilărilor	Integritatea stocării
Formațiune protectoare	Falii neidentificate conductive traversează formațiunea protectoare	Integritatea stocării
Formațiune protectoare	Coridoare de fracturi neidentificate traversează formațiunea protectoare	Integritatea stocării
Formațiune protectoare	Permeabilitate mai mare decât cea preconizată	Integritatea stocării
Sonde	Sonde vechi abandonate prin care se scurge CO ₂	Integritatea stocării
Falii	Falii neidentificate în interiorul rezervorului care nu sunt transmise lateral	Capacitate stocare, injectivitate
Falii	Falie de limită caer nu este impermeabilă vertical sau lateral	Integritatea stocării
Rezervor	Permeabilitate mai mică decât cea estimată	Injectivitate
Rezervor	Porozitate mai mică decât cea estimată	Capacitate stocare
Rezervor	Înfundare datorită depunerii de sare ă jurul sondei	Injectivitate

În ceea ce privește riscurile non-tehnice, acestea au fost identificate ca fiind:

- Pierderea sau reducerea finanțării
- Probleme în ceea ce privește cadrul legislativ și coerența aplicării pentru permise
- Probele de responsabilitate legate de eventuale scurgeri de CO₂
- Conflicte de interese cu industria de petrol și gaze
- Opoziție din partea comunității locale sau naționale

Tehnologia CCUS este o tehnologie promițătoare de reducere a emisiilor de carbon pentru abordarea schimbărilor climatice. În prezent, proiectele CCUS au fost dezvoltate și operate în mai multe locații din Europa, Australia și America de Nord, dar vor avea în continuare nevoie de metode solide de identificare și gestionare a riscurilor. Odată cu îmbunătățirea tehnologică, pot evolua și unele riscuri de mediu conexe, precum și riscuri economice și sociale.

Indicatorii cheie de performanță trebuie evaluați pentru a îmbunătăți orice cadru de gestionare a riscurilor, inclusiv lipsa unui cadru juridic aplicabil, informații insuficiente pentru operaționalizarea proiectelor, stimuli slabi de piață și lipsa subvențiilor financiare.

În timp ce unele țări iau în considerare implementarea proiectelor pilot CCUS pe baza lecțiilor învățate din proiectele existente la nivel mondial, există încă riscuri la intrarea în faza de aplicare comercială, inclusiv o lipsă gravă de înțelegere din partea publicului și a riscurilor de mediu. Unele proiecte-pilot demonstrative CCUS au deficiențe evidente în ceea ce privește evaluarea impactului asupra mediului, selecția amplasamentului proiectului, avertismentele timpurii privind riscurile, răspunsurile în caz de urgență, monitorizarea scurgerilor, responsabilitatea, capacitatea de stocare insuficientă, consumul ridicat de energie și scurgerile de CO₂.

După cum se arată în studiile de caz ale acestui raport, riscurile de mediu, de reglementare, financiare și legate de oameni reprezintă unul dintre factorii cheie care afectează implementarea proiectelor CCUS într-o perspectivă pe termen lung.

Lipsa unui sistem global de evaluare și monitorizare a riscurilor CCUS face dificilă luarea unei decizii și în sistemul specific de caz, în special în punctele cheie, cum ar fi selectarea tehnologiilor de captare a carbonului și a siturilor de stocare. Pentru a promova implementarea proiectelor CCUS, guvernele și industriile trebuie să dezvolte un proces de evaluare a riscurilor fiabil și durabil, care să implice ambele entități. Odată cu progresul în tehnologiile emergente, pot apărea noi riscuri tehnologice care vor crea incertitudini și lacune suplimentare în cunoștințe.

Aceste riscuri pot fi cuantificate folosind intrări și modele proxy care vor avea nevoie de o validare experimentală suplimentară.

IV Dezvoltarea modelelor proxy CCUS și metodele de evaluare a decarbonizării

În cadrul acestei activități s-a făcut o analiză referitoare la modelele proxy referitoare la captarea CO₂ din industria energiei electrice, a oțelului și a cimentului. Decarbonizarea clusterelor industriale se bazează pe implementarea CCUS pentru a permite reduceri profunde ale emisiilor pentru combustibilii fosili (gaze naturale), energia produsă din biomasă, industria cimentului și industria siderurgică. Modelele proxy vor servi ca agenți în modelul de rețea și vor oferi funcții de intrare/ieșire pentru proiectarea și simularea sistemului general.

De exemplu, va fi posibilă simularea ratei de producere a energiei electrice, cererea de căldură pentru captarea CO₂ și rata producției de CO₂ și evaluarea impactului dinamicii rețelei

de transport de CO₂ asupra producției de energie electrică sau sprijinirea optimizării operabilității rețelei și luarea deciziilor.

Decarbonizarea clusterelor industriale se bazează prin implementarea CCUS pentru a permite reduceri profunde ale emisiilor pentru combustibili fosili (gaze naturale) și energia din biomasă, cimentul și industria siderurgică. S-au pus bazele realizării modelelor de proces ale instalațiilor de captare a CO₂ prin metoda post-combustie pentru gaze naturale, generarea de energie prin cărbune respectiv pentru generarea de energie pe bază de biomasă.

Acestea vor fi rezumate în modele proxy adecvate, care reflectă variabilitatea temporală a aprovizionării cu CO₂ și vor fi utilizate împreună cu proxy-urile pentru producția de hidrogen albastru. Aceste modele proxy reprezintă contribuie la dezvoltarea modelului de rețea și vor oferi funcții de intrare/ieșire pentru proiectarea și simularea sistemului general de producție a energiei electrice.

De exemplu, va fi posibil să se simuleze rata de producere a energiei electrice și rata de producție a CO₂ permitând evaluarea impactului dinamicii rețelei de transport de CO₂ asupra producției de energie electrică prin optimizarea operabilității rețelei și luarea deciziilor.

Pentru sectorul siderurgic, sunt luate în considerare două căi tehnologice principale pentru modelele de proces și proxy care urmează să fie dezvoltate în proiectul ACTiON, în conformitate cu recomandările Asociației Europene a Oțelului.

În primul rând, utilizarea inteligentă a carbonului (SCU) prin integrarea proceselor asociate fabricării a fierului/oțelului, bazate pe combustibili fosili, poate ajuta la reducerea utilizării carbonului. Au fost analizate opțiunile de utilizare ca materii prime necesare producerii de materiale valoroase, a H₂, CO și CO₂, obținute din gazele sau fumul generat de combinatele siderurgice. A doua cale luată în considerare în dezvoltarea modelelor proxy a fost Carbon Direct Avoidance (CDA) folosind metalurgia pe bază de H₂, ca energie regenerabilă sau hidrogen albastru.

Modelele realizate vor fi dezvoltate la nivel de proces unitar luând în considerare parametrii de proiectare și operaționali. Modelul proxy pentru fabricarea oțelului va servi ca agent în modelul integrat și va oferi funcții de intrare/ieșire pentru proiectarea și simularea sistemului general. Scopul este de a putea evalua impactul dinamicii rețelei de transport CO₂ asupra producției de H₂ (hydrogen molecular) prin sprijinirea optimizării operabilității rețelei și procesului de luare a deciziilor.

Pentru a lua în considerare performanța în ce privește protejarea mediului, lanțul CCS/CCU/CCUS, va fi utilizat și extins în așa fel încât modelarea realizată va fi extinsă cu funcționalități adecvate pentru a acoperi specificul lanțului valoric individual pentru toate opțiunile de transport, utilizare și stocare luate în considerare.

Modelul are deja module dedicate pentru diferite opțiuni de generare a energiei pe bază de combustibili fosili, inclusiv CCS110 (capturare post-combustie, oxicomustie și precombustie), care pot folosi resurse de energie convenționale și neconvenționale ca intrare și a fost validat cu date din industrie de la numeroase facilități din întreaga lume și lanțuri valorice asociate cu acestea.

De asemenea, include module pentru transportul prin conducte a CO₂ și injecția în situri de stocare, precum și producția de gaz de sinteză, H₂, amoniac și metanol. Modelul a fost implementat și validat pe durata de viață a instalațiilor de producție de gaze naturale Sleipner și Snøhvit și de stocare a CO₂ într-un proiect OGCI anterior, cu sprijinul Equinor.

Acest model va fi dezvoltat în proiectul ACTiON pentru a include componentele modelului de transport CO₂ (navă, depozitare intermediară, instalații pentru încălzire și

comprimare) și va fi utilizat pentru a contabiliza profilul anual de emisii al instalațiilor și la ciclul de viață complet (durata de viață de funcționare) pentru lanțurile de rețele de transport și stocare a CO₂ identificate ca studii de caz în ACTiON.

Modelele de proces de captare și utilizare a CO₂ recent introduse vor fi utilizate pentru a dezvolta și completa evaluarea ciclului de viață și inventarele costurilor. Modulele de stabilire a costurilor, vor fi utilizate pentru a estima emisiile de gaze cu efect de seră cu o rezoluție anuală pe orizontul de planificare (de obicei 20 -30 de ani).

Modelul care vizează evaluarea consecințelor asupra mediului ale unei decizii date, este potrivit pentru investigarea potențialelor repercusiuni asupra mediului ale implementării de noi rețele CCU/CCS, de ex. să stabilească măsura în care este probabil ca aceasta să atingă obiectivele de decarbonizare sau, dimpotrivă, dacă nu le poate îndeplini la un moment dat.

Se va realiza un model de fond, ținând cont de relațiile dintre piețe, pentru a deriva efectele în cascadă (fizice sau mediate de piață) ale deciziei asupra piețelor în cauză și, prin urmare, asupra impacturilor aferente asupra mediului.

În plus, sunt necesare date ulterioare pentru a obține o imagine cât mai cuprinzătoare a piețelor afectate de decizie. Aceasta metodologie este în concordanță cu structura sistemului multi-agent care urmează să fie dezvoltată în WP2.

S-au efectuat modele ale studiilor de caz care sunt potrivite pentru aplicarea sa, de ex. pentru Dunkirk, Vestul Canadei și Țările de Jos. Rezultatele fluxului de lucru multidisciplinar furnizate în WP4 vor alimenta modelul economic.

Regulile de monitorizare și verificare (MRV) joacă un rol important în facilitarea implementării proiectelor CCUS la nivel regional, național și internațional. Eforturile de decarbonizare trebuie evaluate în raport cu normele actuale (precum și în curs de pregătire) locale/regionale sau federale de monitorizare și verificare a CO₂ și cu cele aflate în pregătire. La nivel european, se așteaptă ca sistemul de comercializare a emisiilor UE (EU-ETS) să continue să joace un rol major în stimularea decarbonizării industriale.

Regulile EU-ETS iau în considerare cantitatea de CO₂ evitată la granițele lanțului CCUS, alocă responsabilitatea privind emisiile de CO₂ segmentelor individuale ale lanțului CCUS (capturare, transport, utilizare și stocare). Au fost folosite regulile MRV EU ETS actuale (sau aflate în discuție) privind CCUS pentru a evalua alocările Uniunii Europene (EUAs) care sunt evitate (sau necesare în ceea ce privește transportul, de exemplu) de către diferiți operatori în cadrul unui proiect CCUS realizat la nivel național.

Pentru fiecare tonă de CO₂ evitată cu CCUS de către o industrie, nu este necesară o autorizație europeană de emisie (EUA). Cu prețul actual al unui EUA (autorizație europeană de emisie) ajuns la aproximativ 40 EUR/tCO₂ în prezent, va beneficia în mod semnificativ industriile cu emisii intensive. Pe lângă EU-ETS, puține țări europene (de exemplu, Regatul Unit, Norvegia) aplică o taxă suplimentară pe CO₂, care ar trebui luată în considerare și în costurile globale ale proiectului și la nivelul captării, transportului sau stocării.

În SUA și Canada, regulile regionale și stimulentele locale, precum și creditele fiscale California Low Carbon Fuel Standard (LCFS) trebuie să fie luate în considerare atunci când se evaluează economia întregului sistem.

V Elaborarea planului de comunicare și diseminare rezultatelor

În scopul realizării planului de comunicare și diseminare, au fost identificate pentru diseminarea rezultatelor, conferințele cu largă vizibilitate internațională al caror volum de lucrări

prezentate, este indexat ISI- Web of Science sau SCOPUS-BDI. S-a facut o analiza a revistelor indexate ISI sau SCOPUS, pentru publicarea de articole care sa reflecte rezultatele obtinute in cadrul proiectului. GeoEcoMar va asigura suport pentru buna organizare a intalnirilor de lucru din cadrul proiectului la solicitarea coordonatorului. Se va urmari publicarea de articole in reviste situate in lista galbena sau lista rosie crescand astfel sansele ca articole sa obtina cat mai multe citari si in consecinta obtinerea unui factor AIS cat mai mare

În cadrul acestei activități, reprezentanți ai echipei GeoEcoMar au participat la:

- întâlnirea organizată la sediul IFPEN (IFP Energies Nouvelles)-Paris in perioada 11-12 octombrie 2022, cu toți participanții proiectului ACTiON, în care a fost prezentat progresul făcut pe fiecare activitate de la începutul proiectului. Reprezentanții GeoEcoMar a prezentat progresul făcut pe activitățile aferente WP1, WP2, WP3, și WP4;
- participare la conferinta 16TH Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT) conference” Cu aceasta ocazie, a fost prezentata lucrarea” ACTION ERA-NET ACT project: Advanced multitemporal modelling and optimisation of CO₂ transport, utilisation and storage networks”. Conferinta s-a desfasurat in perioada în perioada 22 octombrie-27 octombrie, 2022 la Lyon-Franta. Volumul de rezumate al conferitei va fi indexer BDI-SCOPUS. Lucrarea a intrat in competitia de selectie pentru publicarea in revista indexata ISI- Journal of Greenhouse Gas;
- întâlnirea online (kick-off meeting ACTION project), organizata in perioada 7-8 martie 2022, prilej cu care specialistii GeoEcoMar au lucrarea intitulata “ Romanian Cluster”. Tot cu acest prilej au fost discutate aspect legate de redactarea Consortium Agreement fiind prezentate mai multe studii regionale de caz (The Netherlands North Sea Region, Western Canada, Dunkirk industry cluster, Dunkirk industry cluster, Teesside, Humber and South Wales
- in data de 29 aprilie, in cadrul conferintei online organizate de coordonatorul proiectului, prof. Anna Kore a fost prezentata lucrarea GETICA CCS case study;
- la interval de doua saptamani, au fost organizate intalniri online periodice, de WP leader Anna Kore , intalniri organizate prin platforma Teams.
- două întâlniri de lucru cu ceilalți doi partenerii care sustin proiectul-firma PicOil desfășurate la sediul GeoEcoMar București.
- in aceasta etapa a proiectului toate obiectivele propuse au fost îndeplinite și activitățile desfășurate au avut rezultatele așteptate.

Concluzii si rezultate:

1. În această etapă am contribuit la crearea modelului proxy pentru un acvifer salin utilizând studiul de caz românesc al proiectului, anume GETICA CCS;
2. Au fost revizuite într-o primă fază datele aferente acestui studiu (Getica CCS), inclusiv modelele statice și dinamice realizate anterior;
3. În vederea dezvoltării modelului proxy pentru acvifer salin, din modelele statice și dinamice au fost extrași parametrii cheie;

4. A fost descris complexul de stocare al zonelor 1 si 5, megasecvența sarmatiana a Depresiunii Getice din zona Turceni: Sa-5a (Sarmațian); Sa-3 (Sarmatian); Sa-5 (sarmatian); și Sa-4 (Sarmatian) contribuind la dezvoltarea modelului proxy pentru acviferul salin.
5. In activitatea II, a fost prezentat procesul de transport al CO₂ pe apa si in mod special Soluția de transport in cazul Proiectului GETICA CCS;
6. A fost realizata harta emisiilor majore de CO₂, a porturilor și a căilor navigabile interioare a României;
7. Experiența acumulată în proiectele europene dedicate găsirii celor mai bune soluții pentru transportul CO₂ prin conducte terestre a permis realizarea rețelei de transport a hidrocarburilor din zona Oltenia;
8. Tot in cadrul acestei activități, a fost actualizată schita porturilor, cu cel mai mare potential de transport multimodal al CO₂ in Oltenia;
9. In cadrul activității III, am contribuit de asemenea la livrabilul Risk-based Key Performance Indicators, ajutând la definirea parametrilor cheie de management al riscurilor și prezentând exemplul studiului de caz GETICA CCS;
10. Au fost investigate riscurile tehnice și non-tehnice (legislație, obținerea permiselor, conflicte de interese, acceptarea publicului, comunicare și coordonare proiect);
11. Au fost analizate cele mai importante hazarde identificate pentru ambele situri de stocare analizate;
12. Pe baza noilor date obtinute au fost identificate riscurile non-tehnice asociate stocării CO₂;
13. In cadrul activității IV, au fost stabilite principiile de dezvoltare a modelelor proxy CCUS și metodele de evaluare a decarbonizării;
14. Identificarea principiilor de implementarea CCUS in vederea decarbonificării clasterelor industriale;
15. Au fost analizate regulile de monitorizare și verificare (MRV) cu rol important în facilitarea implementării proiectelor CCUS la nivel regional, național și international precum si regulile EU-ETS;
16. In cadrul ultimei activitati au fost descrise toate aspectele legate de comunicare și diseminare rezultatelor;
17. Obiectivele fazei au fost îndeplinite integral.

Director Proiect,
Dr. Anghel Sorin

