

Raportul Științific 2024

Cod Proiect: **COFUND-CETP-RamonCO-2**, Denumirea Programului din PN III:

Cooperarea Europeană și Internațională - Sub Program 5.8.1 - Orizont EUROPA

Acronimul Proiectului: **RamonCO**

Titlu proiect: **Structura bazata pe riscuri pentru evaluarea monitorizarii stocarii CO₂**

Contract nr. 42 /2024;

Faza I/2024: Modelare și analiză a valorii informației pentru evaluarea conformității stocării de CO₂(I)

Rezumatul proiectului

Creșterea emisiilor de CO₂ și impactul lor asupra schimbărilor climatice necesită soluții inovatoare pentru reducerea concentrației acestui gaz în atmosferă. Proiectul nostru se concentrează pe dezvoltarea unor metodologii și tehnologii avansate care să sprijine stocarea geologică sigură, eficientă și pe termen lung a dioxidului de carbon, utilizând tehnici de inversiune multi-fizică și monitorizare dinamică.

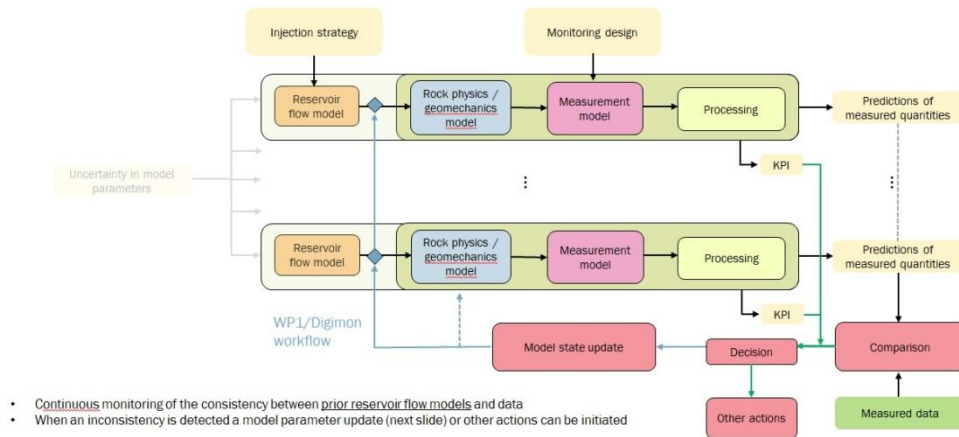


Fig.1 Fluxul de desfasurare a activitatilor din cadrul WP 1

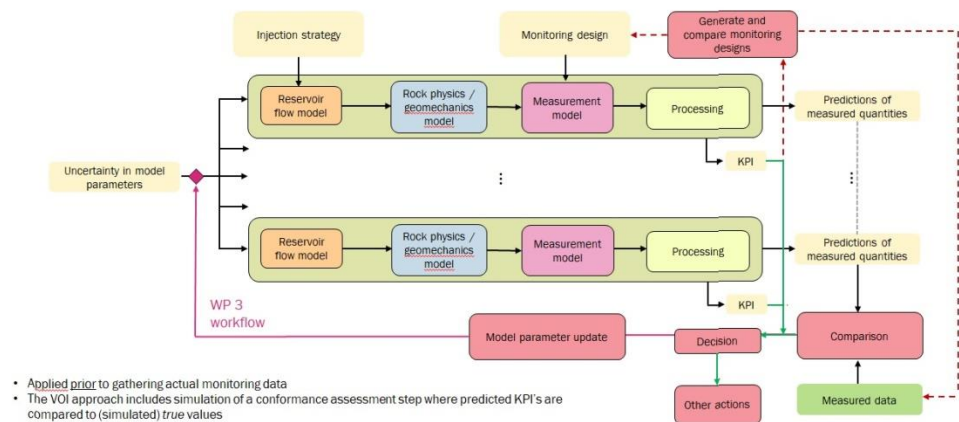


Fig.2 Fluxul de desfasurare a activitatilor din cadrul WP 3

Cadrul de inversiune multi-fizică: Inovație în caracterizarea subsolului

Cadrul de inversiune multi-fizică reprezintă o abordare avansată care integrează date din multiple surse (seismice, gravitaționale, deformări și termodinamice) pentru a crea modele detaliate ale subsolului. Această tehnică oferă o soluție robustă pentru caracterizarea siturilor de stocare și pentru reducerea incertitudinilor asociate:

- **Integrarea datelor multi-fidelitate:** Folosind date cu rezoluții variate, cum ar fi date seismice de înaltă fidelitate și date gravitaționale cu rezoluție mai redusă, se maximizează utilitatea fiecărei surse de informații. Această integrare permite caracterizarea detaliată a regiunilor de interes și oferă perspective regionale valoroase.
- **Avantaje cheie:** Creșterea preciziei prin reducerea incertitudinilor, eficiența computațională prin optimizarea utilizării datelor și flexibilitatea în integrarea unor surse diverse.
- **Fluxuri de lucru optimizate:** Datele colectate sunt fuzionate cu ajutorul algoritmilor avansați, iar modelele rezultate sunt validate și ajustate pentru a se asigura conformitatea cu observațiile din teren sau cu scenarii sintetice.

Validarea metodologiilor pe cazuri sintetice

Pentru a testa și demonstra performanța cadrului dezvoltat, au fost utilizate cazuri sintetice complexe care simulează condiții reale de stocare a CO₂. Aceste cazuri includ modele geologice cu geometrie și stratigrafie realistă, dar și scenarii care analizează migrarea și comportamentul dinamic al CO₂.

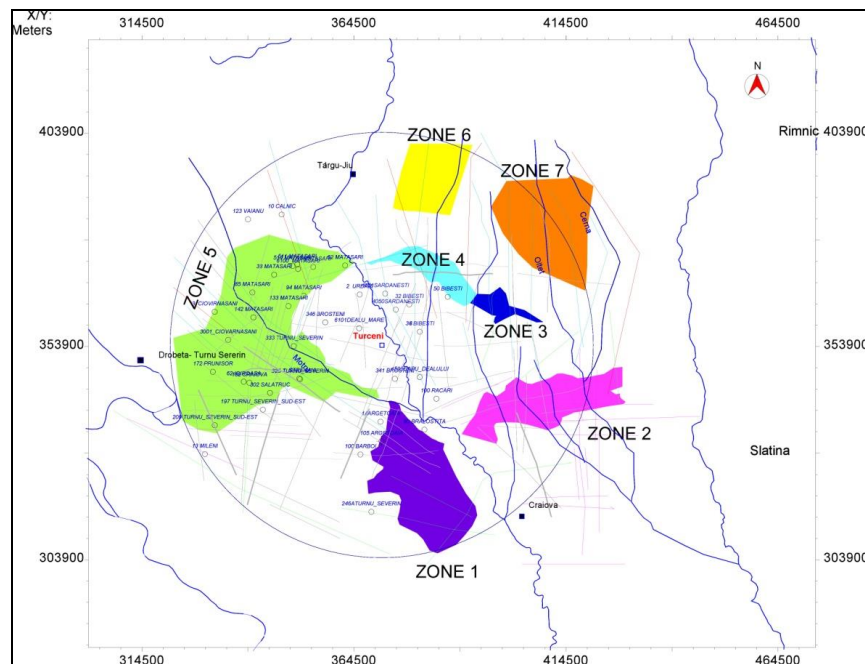


Fig.3 Zonele de perspectiva pentru stocarea geologica a CO₂ din Oltenia, dintre care se va selecta cazul de test pentru proiectul Ramonco

- **Rezultate obținute:**
 - Capacitatea metodologiilor de a prezice cu precizie comportamentul fluidelor injectate în subsol.
 - Reducerea incertitudinilor și creșterea încrederii în validitatea modelelor.
 - Demonstrarea robustă a stabilității metodelor chiar și în condiții de date incomplete sau cu erori.
- **Impactul acestor rezultate:** Proiectul oferă un instrument validat care poate fi utilizat cu succes în proiecte reale de stocare geologică, contribuind astfel la decizii mai sigure și informate.

Extinderea și scalarea tehnologiei

Pentru a face față cerințelor proiectelor mari și complexe, metodologia a fost extinsă și optimizată pentru procesarea volumelor mari de date și gestionarea condițiilor operaționale variate:

- **Platforme de calcul de înaltă performanță (HPC):** Algoritmii sunt paralelizați pentru a rula pe platforme HPC, reducând timpul de procesare și oferind acces rapid la informații detaliate.
- **Procesare distribuită:** Datele sunt împărțite în segmente, permițând procesarea simultană și reducerea costurilor computaționale.
- **Managementul erorilor:** Cadrul include modele probabilistice pentru a minimiza impactul erorilor din datele inițiale asupra rezultatelor finale.

Lanțul de modele dinamice pentru evaluarea conformității

Un aspect esențial al proiectului este evaluarea conformității stocării geologice, realizată prin lanțuri de modele dinamice care integrează informații dinamică fluidă, geomecanică și interacțiuni rocă-fluid.

- **Proiectarea sitului de stocare ipotetic:** Siturile sunt modelate folosind parametri geologici și fizici realiști, inclusiv permeabilitatea și porozitatea rocilor, precum și posibile riscuri, cum ar fi scurgerile de CO₂ sau reactivarea falezelor.
- **Simulări probabilistice:** Metoda Monte Carlo este utilizată pentru a evalua variațiile parametrilor și pentru a genera distribuții probabilistice care indică nivelul de siguranță și riscurile asociate.
- **Vizualizarea riscurilor:** Rezultatele sunt prezentate sub formă de hărți și diagrame, permițând o interpretare intuitivă a siguranței și riscurilor.

Procedura de actualizare a modelului

Într-un mediu dinamic, modelele utilizate trebuie să fie actualizate continuu pentru a reflecta noile date obținute în timpul monitorizării.

Multi-dimensional data assimilation workflow:

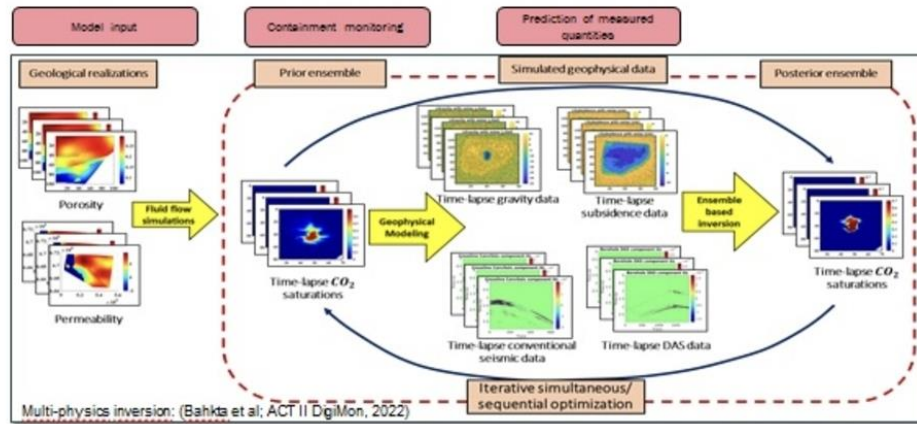


Fig.4 Fluxul modelarii multifizice

- **Flux de lucru bine definit:** Colectarea și procesarea datelor noi, ajustarea parametrilor prin metode de inversiune și validarea modelelor actualizate sunt realizate într-un flux continuu.
- **Integrarea inteligenței artificiale:** Algoritmi de machine learning, cum ar fi rețele neuronale sau procesele Gaussian, sunt utilizați pentru a îmbunătăți eficiența și acuratețea actualizărilor.
- **Reducerea dimensiunii datelor:** Metode precum decompoziția în componente principale (PCA) asigură procesarea rapidă și precisă a seturilor mari de date.

Cel mai semnificativ rezultat al proiectului

Implementarea cu succes a unui cadru de inversiune multi-fizică extins și validat pe cazuri sintetice complexe este realizarea de referință a acestui proiect. Acesta demonstrează capacitatea de a integra date diverse și de a oferi predicții precise, contribuind la creșterea siguranței și eficienței proiectelor de stocare geologică a CO₂.

1. **Modelling and monitoring fault reactivation and induced seismicity**
2. **Modelling and monitoring reservoir compaction and seafloor displacement**

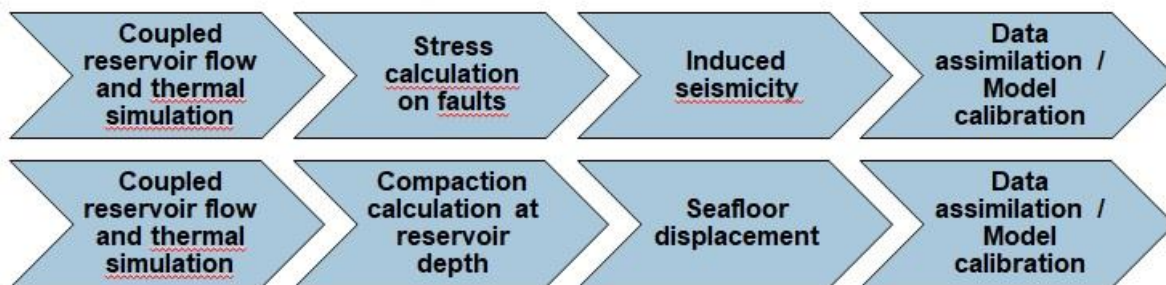


Fig.5 Utilizarea fluxului de lucru geomecanic pentru monitorizarea riscurilor în proiectele CCS

Impactul general al proiectului

Proiectul nostru deschide noi perspective pentru gestionarea sigură și eficientă a emisiilor de CO₂, având un impact pozitiv semnificativ asupra combaterii schimbărilor climatice. Prin reducerea incertitudinilor, îmbunătățirea proceselor de monitorizare și asigurarea conformității stocării, proiectul sprijină decizii informate și sprijină implementarea pe scară largă a stocării geologice ca soluție viabilă în tranziția energetică.

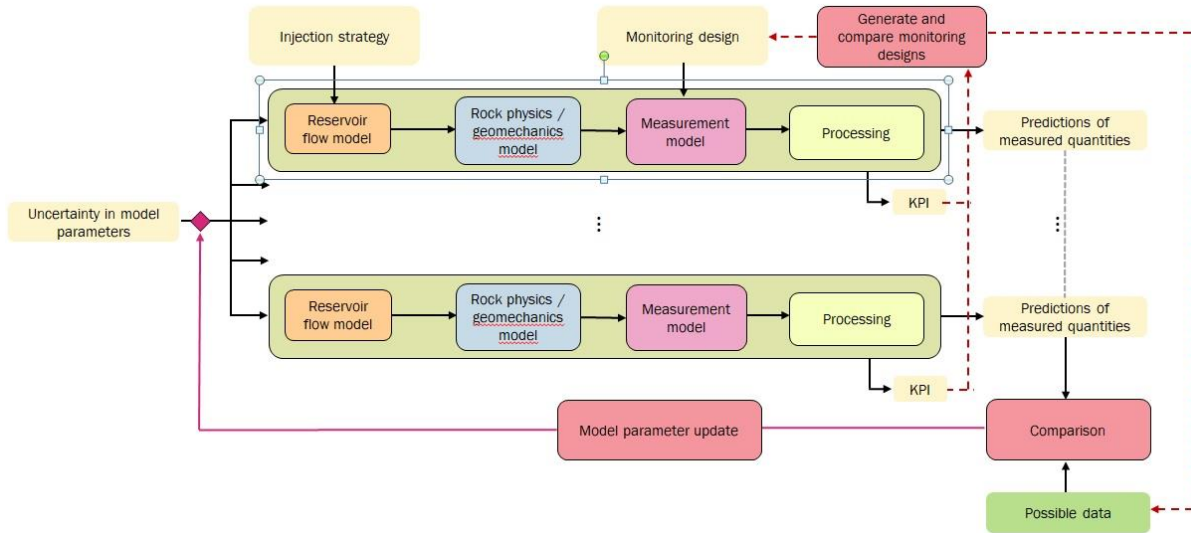


Fig. 6 Valoarea informației (VoI) în practică

Acest rezumat sintetizează obiectivele și realizările proiectului, subliniind contribuția sa la dezvoltarea tehnologiilor avansate de stocare a CO₂, cu aplicații practice pentru o lume mai sustenabilă.

Responsabil de proiect

Dr. Constantin Stefan SAVA