

Raport științific final (2020 - 2022)

Competiția:	Proiect experimental demonstrativ - PED 2019
Nr. contract:	474PED/2020
Cod proiect:	PN-III-P2-2.1-PED-2019-0181
Domeniul de cercetare:	Energie
Titlul:	Validarea tehnologiei inovative de calcium looping pentru decarbonizarea proceselor industriale mari consumatoare de energie primară de origine fosilă
Acronim:	INNOCAL
Data începere proiect:	02.11.2020
Data finalizare proiect:	31.10.2022
Durata (luni):	24
Buget total:	600000 RON
Sursa 1 Bugetul de stat	600000 RON
Sursa 2 Alte surse atrase (cofinanțare):	0 RON
Pagina web proiect:	http://www.chem.ubbcluj.ro/romana/ANEX/inginerie/proiecte/innocal_2020/home.html
Instituția coordonatoare:	Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca
Director de proiect:	Prof. dr. ing. Călin-Cristian Cormoș
Partener 1 proiect (P1):	Universitatea Politehnica București

1. Prezentare generală a realizării obiectivelor proiectului, cu punerea în evidență a rezultatelor și gradul de realizare a obiectivelor. Prezentarea trebuie să includă explicații care să justifice diferențele (dacă există) dintre activitățile preconizate și cele realizate.

Proiectul și-a propus testarea și validarea unui concept inovativ de captare CO₂ din procesele industriale poluante (cu studii de caz pe sectorul generare energie electrică și pe instalațiile de producere a cimentului) pe un demonstrator de laborator pentru tehnologia de tip calcium looping care a fost evaluată folosind atât metode experimentale cât și de simulare matematică pentru validarea și optimizarea acestei tehnologii la un TRL de 4. Obiectivele proiectului au fost atinse integral, astfel tehnologia de tip calcium looping pentru captarea post-combustie a dioxidului de carbon a fost testată, optimizată și validată cu succes la nivel de laborator iar datele experimentale obținute au fost folosite pentru modelarea și simularea integrării acestei tehnologii în instalațiile industriale de generare energie electrică și de producere a cimentului. Datele de simulare au fost folosite pentru evaluarea elementelor tehnico-economice și de impact de mediu a acestei tehnologii de decarbonizare. Din punct de vedere al diseminării științifice a rezultatelor proiectului nu doar că s-au atins indicatorii asumați prin proiect dar s-au și depășit consistent atât cantitativ (numeric) cât și din punct de vedere calitativ ținându-se jurnale internaționale cu mare vizibilitate și factori de impact ridicați (de ex. Energy, Fuel, Applied Thermal Engineering, International Journal of Hydrogen Energy, Journal of Environmental Management).

2. Prezentarea și argumentarea nivelului de maturitate tehnologică (TRL) la finalul proiectului.

Tehnologia inovativă de captarea a dioxidului de carbon prin tehnica de tip Calcium Looping (CaL) a fost validată cu succes la nivel de laborator pe un demonstrator experimental cu o mărime de 10 kW sarcină termică pe fiecare din cele două reactoare de carbonatate și calcinare din cadrul ciclului termo-chimic. Mărimea demonstratorului experimental precum și condițiile de lucru folosite (de ex. compoziția gazelor arse supuse decarbonizării au fost similare cu cele procesele industriale de generare energie electrică sau de producere a cimentului, materiale adsorbante naturale – calcar, dolomită, presiunile și temperaturile de operare a reactoarelor de carbonatare și calcinare, vitezele de fluidizare a materialului solid etc.) sunt corespunzătoare unui nivel de maturitate tehnologică (TRL) 4 conform cerințelor de finanțare a proiectelor PED.

3. Gradul de atingere a rezultatelor estimate (prezentarea produsului/tehnologiei sau a serviciului rezultat al proiectului).

Proiectul și-a atins toți indicatorii și obiectivele specificate în cererea de finanțare. În acest sens s-a analizat experimental și s-a validat cu succes tehnologia inovativă de captare a dioxidului de carbon prin ciclul termo-chimic de tip calcium looping la nivel de laborator. În plus, rezultatele experimentale obținute (de ex. rata de captare CO₂, consumurile energetice specifice pentru instalația de captare CO₂, procentul de dezactivare a adsorbantului solid care trebuie înlocuit, conversia materialului adsorbant solid în ambele reactoare de carbonatare și calcinare etc.) s-au folosit pentru transpunerea la scară industrială a acestei tehnologii pentru decarbonizarea proceselor de producere a energiei electrice (cu capacitatea instalațiilor evaluate de 500 – 1000 MW net) și de producere a cimentului (pentru instalații cu capacitatea de 1 milion tone/an).

4. Impactul rezultatelor obținute, cu sublinierea celui mai semnificativ rezultat obținut.

Din punct de vedere al impactului proiectului, două elemente importante se evidențiază în mod deosebit: 1. Testarea, optimizarea și validarea cu succes a demonstratorului experimental pentru tehnologia de tip calcium looping pentru captarea dioxidului de carbon. În acest sens, s-au utilizat cât mai apropiat posibil parametrii de operare din sistemele industriale (de ex. compoziția gazelor arse supuse procesului de decarbonizare, materiale adsorbante naturale – calcar și dolomită etc.); 2. Utilizarea datelor experimentale obținute în cadrul proiectului precum și a tehnicilor de modelare matematică, simulare și optimizare pentru evaluarea impactului tehnico-economic și de mediu a integrării acestei tehnologii de captare a dioxidului de carbon în procese industriale poluante cu consum energetic ridicat (de ex. sectorul de producere a energiei electrice și termice, procesele de fabricare a cimentului).

5. Detalii privind exploatarea și diseminarea rezultatelor proiectului.

Din punct de vedere al exploatării practice și a transunerii la scară (scale-up) a tehnologiei inovative de tip calcium looping pentru decarbonizarea proceselor industriale mari consumatoare de energie de tip fosil, datele experimentale colectate și validate pe parcursul proiectului, modelele matematice analitice care descriu detaliat procesul precum și modelele de analiză tehnico-economică și de impact de mediu (folosind metoda ciclului de viață) se constituie în

elemente relevante pentru transferul acestei tehnologii către mediul economic. În acest sens, se are în vedere cautarea unui agent economic interesat pentru pilotarea acestei tehnologii la o scară mai mare a instalației. Din punct de vedere științific, diseminarea rezultatelor proiectului s-a realizat în reviste ISI cu factor de impact ridicat (de ex. Energy, Fuel, Applied Thermal Engineering, International Journal of Hydrogen Energy, Journal of Environmental Management etc.) precum și cu ocazia conferințelor relevante în domeniu (de ex. International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies – GHGT, Conference on Process Integration for Energy Saving and Pollution Reduction – PRES, World Hydrogen Energy Conference – WHEC2022, European Symposium on Computer Aided Process Engineering – ESCAPE, Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems – SDEWES etc.). Pentru evidențierea relevanței științifice și a impactului internațional al diseminării rezultatelor proiectului se poate menționa publicarea a 9 articole cotate ISI cu un factor de impact cumulat de peste 55 și a 14 participări la conferințe internaționale relevante. Pentru evidențierea gradului de depășire a indicatorilor de diseminare științifică se menționează că în cererea de finanțare s-a propus publicarea a două articole cotate ISI cu factor de impact mai mare ca 2 și participarea la 4 conferințe internaționale relevante.

6. Prezentarea livrabilelor/indicatorilor obținuți la finalul proiectului comparativ cu cei propuși.

Nr. crt.	Livrabile/indicatori planificați	Nr.	Livrabile/indicatori realizați
1.	Caracterizarea tehnologiei de tip calcium looping, a sorbenților folosiți în cadrul procesului de captare a dioxidului de carbon și a proceselor industriale ce se vor analiza pentru decarbonizare folosind această tehnologie	1.	Caracterizarea tehnologiei de tip calcium looping, a sorbenților folosiți în cadrul procesului de captare a dioxidului de carbon și a proceselor industriale ce se vor analiza pentru decarbonizare folosind această tehnologie
2.	Evaluarea, optimizarea și validarea experimentală a procesului de captare post-combustie a dioxidului de carbon prin tehnica de tip calcium looping pentru validarea acestei tehnologii	2.	Evaluarea, optimizarea și validarea experimentală a procesului de captare post-combustie a dioxidului de carbon prin tehnica de tip calcium looping pentru validarea acestei tehnologii
3.	Dezvoltarea și validarea de modelele matematice ale procesului de tip calcium looping folosind datele experimentale obținute în instalația de laborator pentru caracterizarea principalilor indicatori de performanță (rata de captare dioxid de carbon, viteza de dezactivare sorbent, elemente de hidrodinamică etc.)	3.	Dezvoltarea și validarea de modelele matematice ale procesului de tip calcium looping folosind datele experimentale obținute în instalația de laborator pentru caracterizarea principalilor indicatori de performanță (rata de captare dioxid de carbon, viteza de dezactivare sorbent, elemente de hidrodinamică etc.)
4.	Evaluarea elementelor de integrare a fluxurilor de masă și energie a procesului CaL pentru decarbonizarea producției de energie electrică și a cimentului, calcularea consumurilor energetice și a penalității energetice de captare a CO ₂ , analiza diferitelor moduri de stocare / utilizare a CO ₂ captat și de utilizare a sorbentului epuizat	4.	Evaluarea elementelor de integrare a fluxurilor de masă și energie a procesului CaL pentru decarbonizarea producției de energie electrică și a cimentului, calcularea consumurilor energetice și a penalității energetice de captare a CO ₂ , analiza diferitelor moduri de stocare / utilizare a CO ₂ captat și de utilizare a sorbentului epuizat

5.	Modelarea matematică a tehnologiei de captare post-combustie a dioxidului de carbon prin calcium looping integrată în sistemele de producere a energiei electrice și a cimentului	5.	Modelarea matematică a tehnologiei de captare post-combustie a dioxidului de carbon prin calcium looping integrată în sistemele de producere a energiei electrice și a cimentului
6.	Evaluarea parametrilor de performanță tehnico-economică și de impact asupra mediului (folosind metoda ciclului de viață - LCA) a sistemelor industriale decarbonizate cu ajutorul tehnologiei de tip calcium looping	6.	Evaluarea parametrilor de performanță tehnico-economică și de impact asupra mediului (folosind metoda ciclului de viață - LCA) a sistemelor industriale decarbonizate cu ajutorul tehnologiei de tip calcium looping

Indicatorii și livrabilele propuse în cererea de finanțare au fost realizați integral conform celor prezentate în tabelul de mai sus și în cadrul rapoartelor științifice anuale pe durata de realizare a proiectului. De asemenea, indicatorii planificați pentru activitățile de diseminare științifică a rezultatelor proiectului au fost realizate integral (fiind chiar depășite semnificativ după cum este indicat la punctul 5).

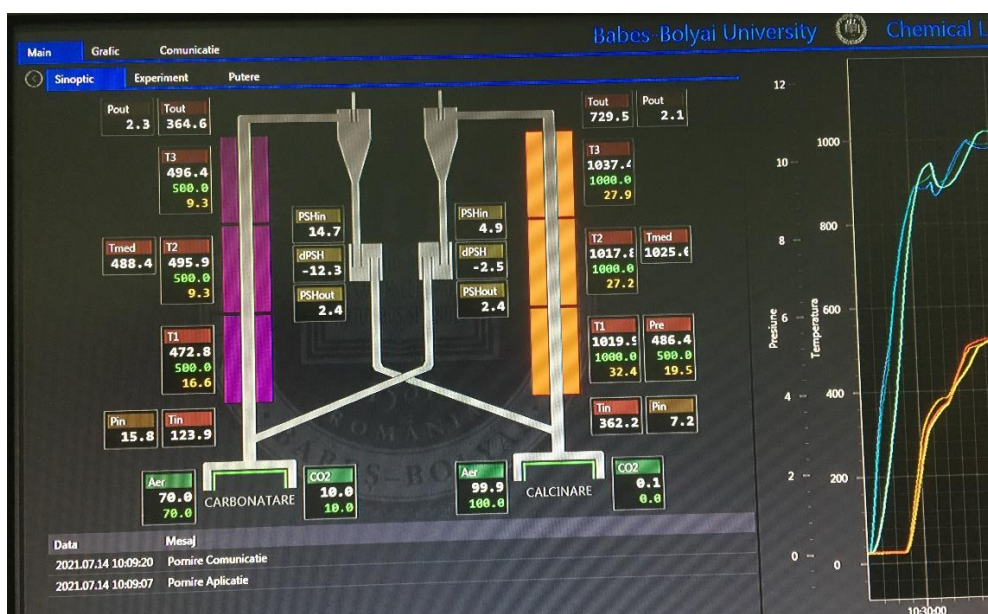
Notă:

Pe lângă cele menționate mai sus, raportul final conține (vezi mai jos) și o prezentare succintă (2-3 paragrafe) a rezultatelor obținute în cadrul proiectului, rezultate ce urmează a fi diseminate de Autoritatea Contractantă în materiale de promovare a rezultatelor obținute în cadrul programelor de finanțare. Acest text este conceput să fie pe înțelesul publicului larg. Prezentarea este însoțită și de 2-4 poze reprezentative pentru proiect (format JPG). Acest raport se regăsește și pe pagina web a proiectului.

Reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră (în principal dioxid de carbon) este un element cheie în combaterea schimbărilor climatice și a încălzirii globale. În acest sens, procesele industriale mari consumatoare de energie (de ex. producerea de energiei termică și electrică, metalurgie, producerea cimentului, sectorul petro-chimic etc.) trebuie re-proiectate pentru reducerea emisiilor de CO₂. Acest proiect și-a propus și a realizat testarea și validarea cu succes folosind tehnici experimentale și de modelare matematică a unei tehnici inovative de captare post-combustie a dioxidului de carbon folosind un ciclu termo-chimic pe bază de materiale adsorbante solide cu calciu – Calcium Looping (CaL). Ca și procese industriale vizate, s-a avut în vedere instalațiile de generare energie electrică și cele de producere a cimentului. Rezultatele proiectului sunt foarte încurajatoare din perspectiva reducerii penalităților energetice și de cost asociate procesului de captare a dioxidului de carbon în comparație cu alte tehnologii de captare mai mature din punct de vedere tehnologic și comercial (de ex. absorbția gaz-lichid folosind solvenți chimici). Mai jos sunt prezentate o serie de poze reprezentative pentru activitatea proiectului atât din punct de vedere al validării experimentale a tehnologiei de tip calcium looping în laboratorul coordonatorului proiectului (Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca) cât și din punct de vedere al analizei numerice (prin modelare matematică și simulare) a acesteia în vederea integrării în procese industriale de generare a energiei electrice (cu capacități de până la 1000 MW) sau de producere a cimentului (cu o capacitate de 1000000 t/an).



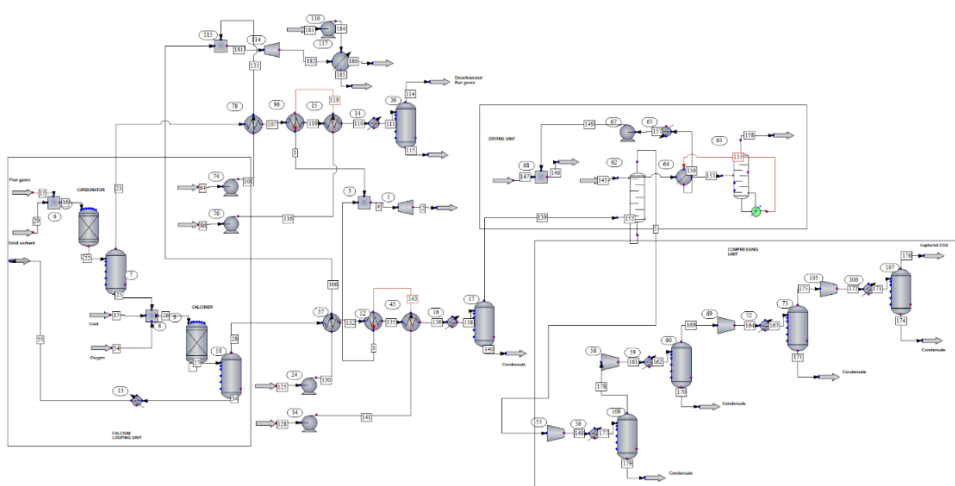
Demonstratorul de laborator pentru validarea tehnologiei de tip calcium looping



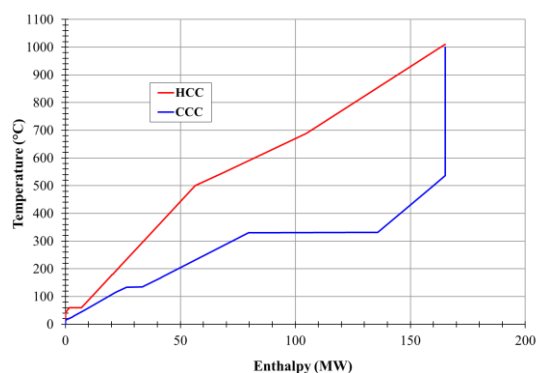
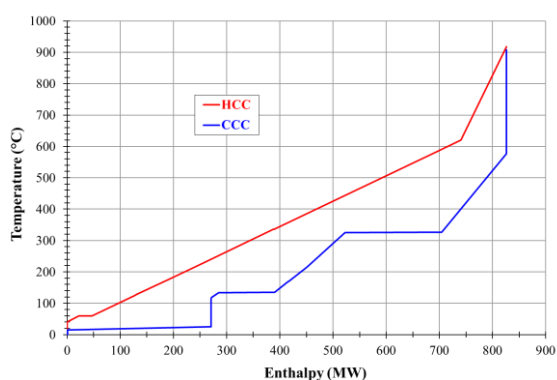
Interfața de monitorizare și control cu calculatorul a instalației de laborator pentru validarea tehnologiei de tip calcium looping



Monitorizarea online a parametrilor procesului în timpul operării instalației demonstrative



Simularea procesului de captare CO_2 prin tehnologia de calcium looping



Optimizarea energetică a tehnologiei de captare post-combustie a CO_2 prin calcium looping
(Stânga – Termocentrală; Dreapta – Instalație de producere ciment)

Data:
12.10.2022

Director de proiect
Prof. dr. ing. Călin-Cristian Cormoș