

RAPORT STIINTIFIC SI TEHNIC

Proiect Complex 32PCCDI/2018 - CRESTERA EFICIENTEI ENERGETICE A INSTALATIILOR DE BIOGAZ PRIN ELABORAREA SISTEMULUI INTEGRAT: BIOGAZ-MICROALGE-BIOCOMBUSTIBILI, IN CADRUL CONCEPTULUI DE BIORAFINARE (ALGALBIOGAZCONCEPTENERGIE)

Etapa IV - Perioada de raportare: 01/01/2021 - 31/05/2021

REZUMATUL ETAPEI

Prin acest proiect s-a urmarit creșterea capacității de cercetare în domeniul valorificării resurselor regenerabile datorita dezvoltării unei rețele de infrastructura de C-D specifica, și formarea masei critice de specialisti care vor asigura creșterea performanței în cercetare, si cadrul pentru intensificarea colaborărilor internaționale (proiecte H2020, EUREKA, ERA-NET).

Proiect component P1. Evaluarea finala a performantelor sistemului experimental integrat de cultivare microalge in fluxul tehnologic al instalatiei de biogaz.

Principala activitate realizata in cadrul etapei IV de executie a proiectului component numarul 1 este demonstrarea performantelor instalatiei pilot experimental demonstrativ de la sediul INCDCSZ, Brasov, cat si demonstrarea functionalitatii tehnologiilor propuse pentru functionarea acestei instalatii, astfel incat la finalul acestei etape, coordonatorul proiectului complex, INCDCP-ICECHIM sa finalizeze tehnologia integrata pilot experimental, la nivel TRL6, coroborand informatiile primite de la partenerii implicati in acest proces. Datele experimentale obtinute in etapa anterioara in ceea ce priveste operarea si optimizarea functionarii instalatiei pilot experimental demonstrativ biogaz microalge au fost folosite pentru redactarea tehnologiei integrate TRL6. In cadrul experimentarilor realizate in Instalatia Pilot Experimental Demonstrativ Biogaz-Microalge, amplasata la sediul INCDCSZ Brasov, INCDCP-ICECHIM Bucuresti a realizat instalatia experimentală de cultivare microalge, si a demonstrat funcționalitatea sistemului de cultivare, recoltare si procesare microalge, cu utilizarea de nutrient digestat lichid; INC DIE ICPE - CA Bucuresti a participat la experimente de demonstrare a functionalitatii instalatiei de co-digestie anaeroba in conditiile sistemului integrat; INCDCSZ Brasov a participat prin monitorizarea și demonstrarea funcționalității sistemului experimental demonstrativ, organizarea de stagii de instruire a tinerilor specialiști de la instituțiile partenere; UPG Ploiesti a acordat asistență tehnică la realizarea și punerea în funcțiune a instalației experimentale de separare a digestatului rezultat in urma procesului de digestie anaeroba si a elaborat tehnologia integrata de valorificare multiplă a digestatului solid.

Proiect component P2. Evaluarea finala a performantelor modelului experimental de conversie catalitica a CO₂ in biometan.

In cadrul proiectului component 2, partenerul P2 a analizat datele obtinute in urma cercetarilor anterioare de testare si optimizare a catalizatorilor sintetizati pentru conversia catalitica a dioxidului de carbon la biometan. A fost demonstrata eficienta reactorului prototip de hidrogenare, conceput si realizat de catre P2 – Universitatea Bucuresti si protejat printr-o cerere de brevet de inventie, impreuna cu sistemul analitic de proces inovativ pentru sinteza preparativa de catalizatori optimizati pentru demonstrarea procesului de hidrogenare a CO₂. Datele obtinute in urma acestor experimentari si procese de optimizare au fost furnizate Coordonatorului Proiectului complex, in vederea realizarii Tehnologiei Integrate Pilot Experimental TRL6. Partenerul P5, Universitatea Tehnica Iasi, a realizat optimizarea procesului de ardere atmosferica a gazului metan, testare si optimizarea catalizatori utilizand CO₂ izolat din fluxul de biogaz din instalatia demonstrativa. Datele obtinute in urma acestor

experimentari si procese de optimizare au fost furnizate Coordonatorului Proiectului complex, in vederea realizarii Tehnologiei Integrate Pilot Experimental TRL6.

Proiect component P3. Evaluarea finala a performantelor procesului de recuperare a nutrientilor din digestatul lichid.

In cadrul proiectului component 3, Coordonatorul Proiectului Complex, INCDCP-ICECHIM a analizat datele obtinute in urma cercetarilor anterioare de recuperare a nutrientilor din digestatul lichid obtinut in urma procesului de digestie anaeroba, prin cultivare de microalge folosind digestatul lichid ca mediu nutrient. A fost demonstrata eficienta procesului de indepartare a nutrientilor (carbon, azot si fosfor) din digestatul lichid concomitent cu obtinerea de biomasa microalgala bogata in compusi bioactivi sintetizati folosind nutrientii recuperati din digestatul lichid. De asemenea, INCDCSZ-Brasov a evaluat si testat apele rezultate din procesul de cultivare a microalgelor in vederea utilizarii acestora pentru irigarea culturilor agricole (anul III de testare). Datele obtinute in urma acestor experimentari si procese de optimizare au fost folosite de catre Coordonatorul Proiectului Complex, in vederea realizarii Tehnologiei Integrate Pilot Experimental TRL6.

Proiect component P4. Optimizarea proceselor de valorificare energetica a produselor rezultate de la piroliza a digestatului solid.

Biocarbunele obtinut din procesul de piroliza catalitica a digestatului solid a fost testat de partenerul P3, INCDCSZ Brasov, ca ameliorator pentru sol la culturile existente (anul III de testare). Partenerul P5, Universitatea Tehnica Iasi, a efectuat testari finale și calibrări cu compozitii asemanatoare fractiei gazoase lichefiabile, experimente extinse și studii de caz. Datele obtinute in urma acestor experimentari si procese de optimizare au fost folosite de catre Coordonatorul Proiectului Complex, in vederea realizarii Tehnologiei Integrate Pilot Experimental TRL6. Partenerul P4, UPG Ploiesti si coordonatorul proiectului, INCDCP-ICECHIM Bucuresti, au analizat cercetarile experimentale realizate impreuna privind prepararea, caracterizarea si testarea sistemelor catalitice pentru procesele de hidrocracare si hidrotratare a amestecului conditionat de bio-oil purificat si fractia lipidica. Datele obtinute in urma acestor experimentari si procese de optimizare au fost folosite de catre Coordonatorul Proiectului Complex, in vederea realizarii Tehnologiei Integrate Pilot Experimental TRL6. Coordonatorul proiectului, INCDCP-ICECHIM a analizat si utilizat datele obtinute in urma experimentarilor in situ a proceselor de hidrocracare/hidrotratare a amestecului conditionat de bio-oil purificat si fractia lipidica in instalatia pilot existenta la ICECHIM, in vederea realizarii Tehnologiei Integrate Pilot Experimental TRL6.

DESCRIEREA STIINTIFICA SI TEHNICA

Rezultatele realizate in etapa a IV-a a Proiectului Complex sunt urmatoarele:

- 1. Tehnologie integrata pilot experimental – TRL6** pentru: Procesul de co-digestie anaeroba; Cultivare (purificare digestat lichid), recoltare și procesare microalge; Separare a biogazului si conversie catalitică a dioxidului de carbon la biometan; Valorificare multiplă a digestatului solid.
- 2. Sustinerea a 11 noi locuri de munca**, dupa cum urmeaza: 5 noi angajati in cadrul colectivului CO INCDCP-ICECHIM Bucuresti, 1 nou angajat la P1, INCDCSZ ICPE-CA, 2 noi angajati la P2, Univesititatea Bucuresti, 2 noi angajati la P3, INCDCSZ Brasov si 1 nou angajat la Universitatea Tehnica "Gh. Asachi" Iasi.

3. **Instruirea continua a resursei umane** nou angajate prin CEC-uri de mobilitati intre partenerii proiectului complex, pentru o mai buna intelegere a domeniilor care sunt abordate in cadrul acestui proiect.
4. **Analiza si evaluarea critica a performantelor instalatiei pilot experimental demonstrativ Biogaz-Microalge**, in urma experimentarilor efectuate:
5. **Analiza si evaluarea critica a performantelor standului experimental pentru combustoare cu biocombustibili gazoși**, pentru caracterizarea hidrocarburilor gazoase lichefiabile obtinute. Standul experimental este amplasat la sediul Partenerului P5 – UT Iași. Standul va servi in egala masura pentru lucrarile de cercetare aferente proiectului, si chiar dupa finalizarea proiectului pentru instruirea personalului de cercetare si pentru realizarea de analize pentru operatorii economici care doresc sa caracterizeze biocombustibili gazosi, avand in vedere ca nu exista pana in prezent un astfel de laborator in tara.

PROIECT COMPONENT P1

Activitatea 4.1 - Dezvoltare experimentală și demonstrarea funcționalității tehnologiilor propuse - Final. 1. Experimente de demonstrare a funcționalității instalației de co-digestie anaerobă în condițiile sistemului integrat - Final - **INCDIE ICPE - CA București**; 2. Demonstrarea funcționalității sistemului de cultivare, recoltare și procesare microalge, cu utilizarea de nutrient digestat lichid - Final - **INCDCP-ICECHIM București**; 3. Monitorizarea și demonstrarea funcționalității sistemului experimental demonstrativ; organizare stagii de instruire a tinerilor specialiști de la instituțiile partenere - Final - **INCDCSZ Brasov**;

În etapa a IV-a a proiectului complex, Activitatea 4.1 reprezintă o continuare a activităților începute în cadrul activității 3.1 - experimentări realizate în instalația pilot experimental demonstrativ în anul anterior, în perioada de funcționare a acesteia, cu participarea intensivă a coordonatorului proiectului, INCDCP-ICECHIM București și a partenerului P3, INCDCSZ Brasov au fost analizate și prelucrate în scopul elaborării tehnologiei integrate TRL 6. Coordonatorul proiectului, INCDCP-ICECHIM București, a realizat evaluarea și analiza critică a datelor obținute experimental pentru demonstrarea funcționalității instalației de co-digestie anaerobă, ca parte integrantă a instalației pilot experimental demonstrativ Biogaz-Microalge. De asemenea, s-a realizat analiza și evaluarea critică a datelor experimentale obținute în activitatea de demonstrare a funcționalității sistemului de cultivare, recoltare și procesare microalge, cu utilizarea de nutrient digestat lichid, ca parte integrată a instalației de la sediul INCDCSZ Brasov. INCDCSZ Brasov și INCDIE ICPE-CA au contribuit cu date privind monitorizarea condițiilor de funcționare a instalației integrate, pe tot parcursul desfășurării experimentarilor, respectiv cu date privind inoculul necesar demarării procesului de digestie anaerobă și tehnici de protecție și siguranță muncii în timpul operării instalației pilot.

Datele experimentale obținute pe parcursul desfășurării experimentarilor de digestie anaerobă cuplata cu epurare fluxuri secundare prin cultivare microalgale, folosind digestatul lichid ca mediu nutritiv, au fost de asemenea valorificate prin prezentare la conferințe științifice și realizarea unui articol științific.

Activitatea 4.2 - Elaborare tehnologie integrată pilot experimental - TRL6 - Final. 1. Elaborare tehnologie integrată de fermentare anaerobă - Final - **INCDIE ICPE - CA București**; 2. Elaborare tehnologie integrată de cultivare, recoltare și procesare microalge - Final - **INCDCP-ICECHIM București**; 3. Elaborare tehnologie integrată de separare și conversie catalitică a dioxidului de carbon la metan - Final -

Universitatea Bucuresti; 4. Elaborare tehnologie integrata de valorificare multiplă a digestatului solid - Final - **UPG Ploiesti;**

Tehnologia TRL 6 Biogaz-Microalge, a fost elaborata pe baza lucrarilor efectuate in instalatia integrata pilot experimental-demonstrativ, realizata la INCDCSZ-Brasov in cursul implementarii proiectului complex 32 PCCDI/2018, instalatie constituita dintr-un fermentator orizontal de capacitate 5.000 litri, cu agitare prin recirculare externa si prin intermediul unui sistem intern de perii si un bazin de cultivare microalge de capacitate 10.000 litri care utilizeaza ca mediu nutrient de crestere digestatul lichid evacuat periodic din fermentator in amestec cu mediul nutrient separat de biomasa microalgala evacuata periodic din bazinul de cultivare microalge, asigurand in acest mod valorificarea completa a nutrientilor carbon, azot si fosfor din digestatul lichid si din mediul nutrient de cultivare microalgae. Instalatia de cultivare a microalgelor, de tip bazin deschis, de capacitate 10.000 litri, prevazuta cu paleti de recirculare a suspensiei microalgale, si sistem de iluminare cu leduri functioneaza in regim autotrof/mixotrof, utilizand ca mediu nutrient de crestere un amestec constituit din 1 parte digestat lichid rezultat din instalatia de biogaz si 4 parti mediu nutrient recuperat de la faza de separare a biomasei microalgale evacuata periodic, procedeau prin care se realizeaza recircularea completa a digestatului lichid si a mediului nutrient, intr-o noua etapa de cultivare a microalgelor.

Procesul tehnologic elaborat descrie urmatoarele etape: (1) prepararea substratului organic pentru alimentarea initiala a digestorului, si pentru alimentariile periodice ale acestuia (constituite din aceleasi deseuri ca si substratul initial, la care se adauga biomasa microalgala epuizata si cantitatea de fitocatalizatori extrasi din aceasta) prin macinare umeda avansata, astfel incat dimensiunile particulelor solide sa nu depaseasca 5 mm; (2) incarcarea digestorului, inceperea recircularii si a procesului de monitorizare a codigestiei anaerobe; (3) evacuarea periodica a unei cantitati de 3-5% digestat brut si procesarea celor doua fractiuni, digestatul lichid si digestatul solid, dupa operatiunile de sedimentare, filtrare, decolorare, realizate cu echipamentul prototip de electrocoagulare/sedimentare, pentru reutilizare ca mediu nutrient de cultivare a microalgelor, respectiv pentru procesare prin piroliza termocatalitica; (4) cultivarea microalgelor, in sistem de consortii microalge-microorganisme, in regim autotrof/mixotrof, in bazin deschis, in ciclu de iluminare zi/noapte, cu utilizarea mediului nutrient Zarrouk, pentru etapa initiala de cultivare si apoi cu completarea mediului nutrient standard cu digestatul lichid separat din procesul de codigestie anaeroba in amestec cu mediul de cultivare a microalgelor provenit dupa recoltarea si separarea biomasei microalgale; (5) recoltarea periodica, la un interval de 2 zile, a unei cantitati de 10% biomasa microalgala, prin electrocoagulare, floclulare, sedimentare, separarea si procesarea acesteia pentru obtinerea de fitocatalizatori, cu utilizarea finala a biomasei microalgale epuizate ca substrat in procesul de codigestie anaeroba si valorificarea mediului nutrient separat, in amestec cu fractiei de digestat lichid in scopul reutilizarii acestuia ca mediu nutrient pentru alta etapa de cultivare a microalgelor; (6) monitorizarea producerii biogazului prin masurarea continua a volumului si compozitiei acestuia, comprimarea in butelii si depozitarea acestuia in vederea procesarii ulterioare prin separarea avansata a CO₂ si hidrogenarea biometan; (7) conditionarea digestatului solid in vederea procesarii ulterioare prin piroliza termocatalitica.

Performantele tehnologiei TRL6, validata si demonstrata si ale instalatiei integrate biogaz-microalge, dupa 60 de zile de functionare continua sunt:

- productie de biogaz, valoare medie: 2,5 m³/ zi;
- total volum biogaz obtinut: 300 m³/ tona substrat organic (TSU);
- continut maxim de biometan in biogaz: 68%;
- concentratie biomasa microalgala, la sfarsitul perioadei de crestere: 6 g/litru;

- reducere cu peste 50% a consumului de saruri minerale pentru prepararea solutiei de nutrienti;
- recircularea completa a digestatului lichid si a mediului nutrient de cultivare microalge;

Rezultatele partiale ale tehnologiei integrate TRL6 Biogaz-Microalge sunt valorificate prin intocmirea unui parteneriat public-privat cu firma New Energy&Carbon Capture SRL pentru efectuarea de catre colectivul de cercetare al INCDCP-ICECHIM a serviciilor de cercetare pentru elaborarea tehnologiei de codigestie anaeroba a dejectiilor de porc in amestec cu alte substraturi si demonstrarea acesteia in instalatia pilot experimental-demonstrativ amplasata la sediul INCDCSZ-Brasov, partenera a proiectului complex 32 PCCDI/2018.

PROIECT COMPONENT P2

Activitatea 4.3 - Experimente extinse asupra arderii și studii de caz - Final - *Universitatea Tehnica Iasi*;

În vederea validării rezultatelor obținute prin modelarea numerică utilizând software-ul ANSYS, cât și a rezultatelor obținute prin modelarea chimică a reacțiilor specifice proceselor analizate, a fost conceput un plan de experimentare ținând cont de diferite variabile ce pot fi impuse în domeniul parametrilor de intrare. În cadrul determinărilor experimentale au fost efectuate câteva teste preliminare, având scopul de a verifica și calibra echipamentele de măsurare, inclusiv utilizarea analizorului de gaze prin cromatografie și a spectrometrului de masă, dar și testele experimentale realizate conform parametrilor variabili impuși, astfel încât vor fi realizate experimente utilizând trei valori de preîncălzire a aerului primar, 32°C, 205°C, 405°C, două valori ale coeficientului de exces de aer și două variante de combustibil gazos.

Pentru desfășurarea experimentelor la debite de aer impuse, presiunea de lucru a compresorului precum și reguletoarele de debit și presiune sunt setate pentru a obține un debit fix impus, cu variații cât mai mici, sub 3%. După funcționarea compresorului pentru un interval scurt de timp, temperatura constantă a aerului introdus în camera de ardere va fi între 32-34°C. În cazul experimentelor desfășurate cu aer preîncălzit la temperaturi de 205°C și respectiv 405°C, a fost alimentat întâi cuptorul electric, așteptând ca acesta să atingă temperaturi prestabilite a incintei. După ce cuptorul atinge temperatura setată, va fi pornit și sistemul de alimentare cu aer, ce permite trecerea aerului prin racordurile de alimentare, inclusiv prin schimbătorul de căldură, astfel încât tot traseul până în zona de intrare în camera de ardere va ajunge la temperatura de preîncălzire a aerului primar. După ce termocuplul de măsură a temperaturii de aer primar, montat în imediata apropiere a injectorului turbionar, înregistrează valorile prestabilite pentru desfășurarea experimentelor, este pornită și alimentarea cu combustibil gazos a camerei de ardere și mai apoi este inițiată arderea. După parcurgerea acestor etape, se va ține cont de momentul de inițiere a arderii și se va porni înregistrarea compoziției gazelor de ardere utilizând spectrometrul de masă. În aceasta fază, procesul de ardere este monitorizat pentru un timp mediu de 40 de minute, urmărind atât menținerea temperaturii de preîncălzire a aerului la valorile prestabilite, cât și celelalte caracteristici ale procesului.

În figura 1 este reprezentată valoarea concentrațiilor volumice a monoxidului de carbon și a oxizilor de azot, exprimate în părți/milion, și valoarea concentrațiilor volumice a dioxidului de carbon și a oxigenului, exprimate procentual, determinate cu ajutorul analizorului de gaze. Aceste date au fost măsurate în cazul unui experiment preliminar, utilizând gaz natural și exces de aer 1,05. Simultan cu măsurarea compoziției gazelor de ardere utilizând analizorul de gaze, au fost efectuate măsurători și cu spectrometrul de masă. Astfel, în figura 2 este reprezentată valoarea concentrațiilor determinate cu ajutorul spectrometrului de masă.



Figura 1. Date înregistrate utilizând analizorul de gaze.

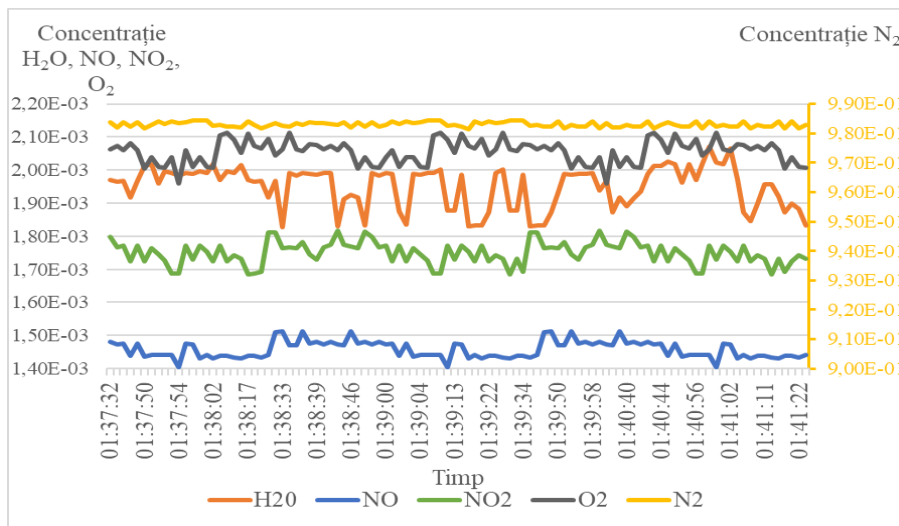


Figura 2. Date înregistrate utilizând spectrometrul de masă.



Figura 3. Experimente utilizand aer preincalzit la 405°C.

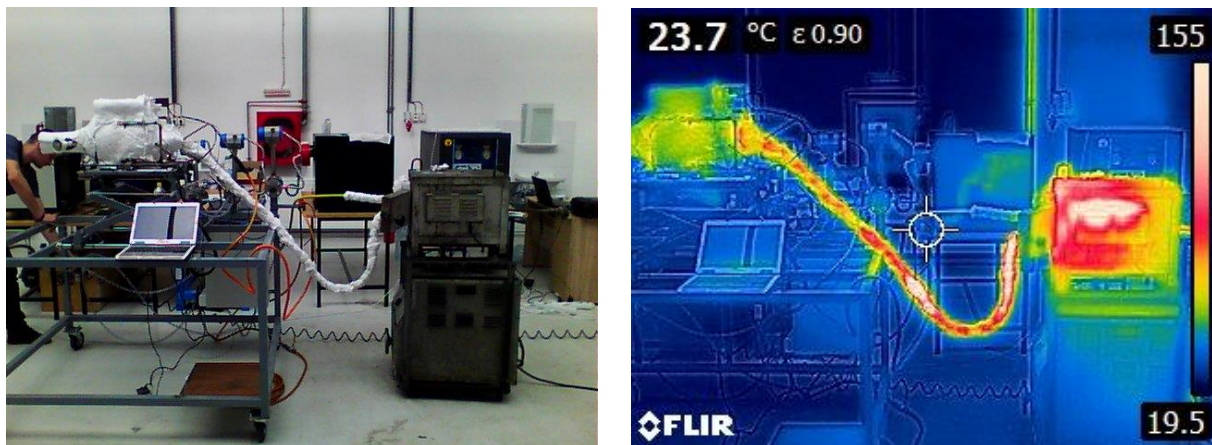


Figura 4. Funcționarea camerei de ardere în timpul experimentelor utilizând gaz metan, exces de aer 1.05, temperatura de preîncălzire de 405°C.

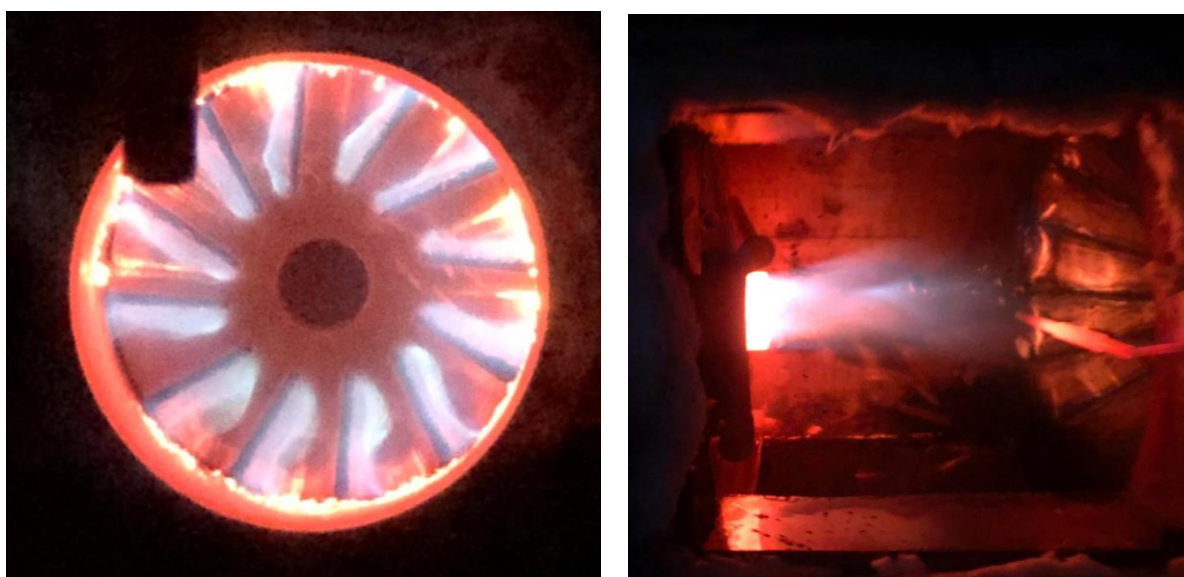


Figura 5. Funcționarea camerei de ardere în timpul experimentelor utilizând gaz metan, exces de aer 1.05, temperatura de preîncălzire de 205°C.

Activitatea 4.4 - Testarea catalizatorilor si optimizarea compozitiei catalizatorilor utilizand CO₂ izolat din fluxul de biogaz din instalatia demonstrativa - Final - **Universitatea Bucuresti**;

Fluxul de biogaz rezultat in instalatia demonstrativa contine un amestec de dioxid de carbon si metan. Experimentele efectuate in aceasta etapa au urmarit transformarea directa a acestui amestec in combustibili cu avantajul eliminarii necesitatii separarii membranare a metanului. In acest scop au fost testati catalizatori sisteme nanometalice continand Fe si Co depuse pe graphene in diferite concentratii (Fe(1%)-Co(1%)/G, Fe(2%)-Co(1%)/G, sau Fe(1%)-Co(2%)/G). Experimentele au fost conduse in instalatia tehnologie integrata de separare si conversie catalitica a dioxidului de carbon la metan (Figura 6) lucrând la diferite rapoarte molare CO₂/CH₄, debite de gaze si temperaturi. Teste de anduranta in care catalizatorii au fost testate pana la 2 saptamani au fost deasemenea realizate.

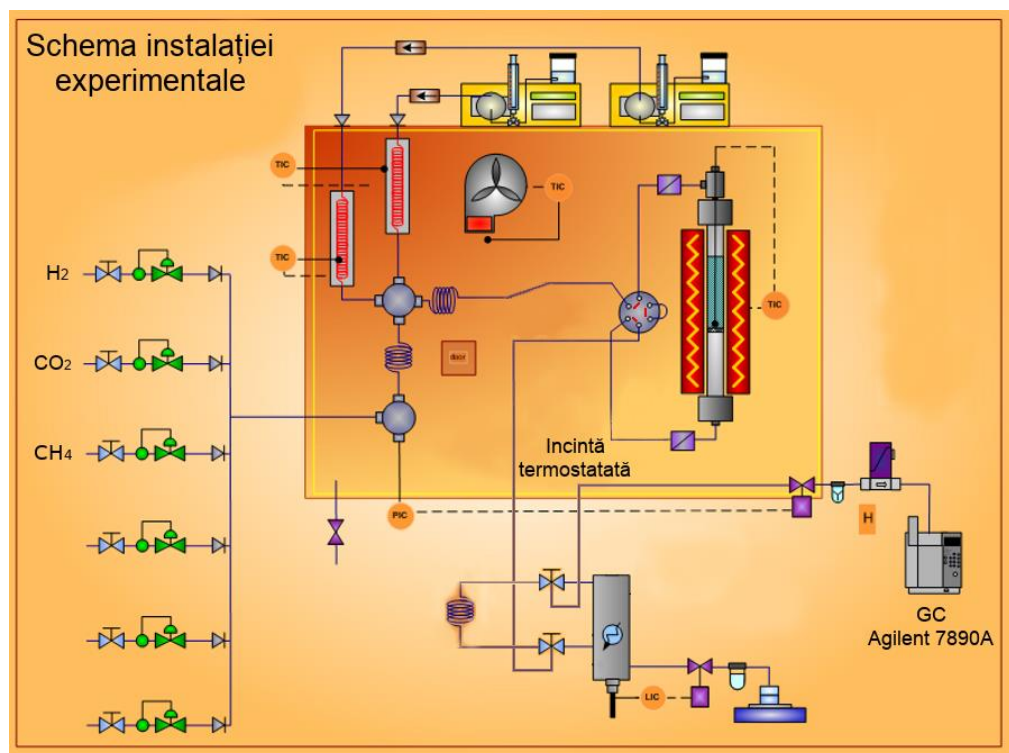


Figura 6. Instalatie si tehnologie integrata de separare si conversie catalitica a dioxidului de carbon la metan cu posibilitatea transformarii gazului metan neseplat in hidrocarburi superioare.

Rezultatele acestor experimente confirma posibilitatea producerii de amestecuri in care fractia C2 rezulta cu o selectivitate de pana la 61% iar fractia C3 de pana la 22%. Valorile de conversie nu sunt relevante intrucat s-a lucrat cu cantitati mici de catalizator (40mg) si in raportarile precedente s-a demonstrat absenta efectelor difuzionale utilizand catalizatori grafenici.

Aceste studii au marcat si o analiza cinetica, obligatorie pentru un transfer al procesului la o scara mai mare. In baza acestor studii s-a identificat stoichiometria proceselor de hidrogenare a amestecurilor de CH₄:CO₂ in diferite proportii (1:3, 1:4, 1:7, 1:1, 3:1, 4:1 si 7:1) pe catalizator de Fe(1%) Co(1%)/G si ponderea fiecarei reactii in bilantul global al procesului.

Rezultatele cercetarilor defasurate de Universitatea Bucuresti in cadrul activitatilor acestei ultime etape a proiectului au fost valorificate prin elaborarea si transmiterea catre publicare a patru articole stiintifice in reviste indexate ISI cu factor de impact ridicat.

PROIECT COMPONENT P3

Activitatea 4.5 - Cercetari preparative pentru furnizare digestat lichid pentru preparare inocul - Final - INCDIE ICPE - CA Bucuresti;

Inoculul procurat de catre ICPE-CA pentru utilizare la dearea procesului de digestie anaetoba a fost caracterizat din punct de vedere fizico-chimic cu ajutorul unui echipament portabil de laborator Photolab S12, fiind puși în evidență următorii nutrienți cu rol activ în fertulizarea solului: azot total 3400 mg/l, fosfor-fostat 1235 mg/l și potasiu 4800 mg/l. De asemenea, activitatea de furnizare inocul a inclus caracterizarea microbiologică a acestuia în ceea ce privește conținutul de microorganisme metanogene și acidogene. Analiza microbiologică a fost efectuată cu ajutorul tehnicii Most Probable Number (EPA -

821-R-06-012: 2006), obținând indicele MPN pentru fiecare probă testată, stabilit în funcție de numărul de tuburi pozitive și negative. Numărul cel mai probabil de microorganisme metanogene și acidogene existente în volumul utilizat la inoculare a fost obținut din tabelele McCrady, conform metodei SR ISO 21528-1:2008. Rezultatele analizei microbiologice a nămolului de inocul au indicat o încărcare microbiologică de $2,05 \times 10^7$ celule metanogene / ml probă și $1,70 \times 10^8$ celule acidogene /ml probă, care garantează calitățile de inocul ale digestatului lichid.

Activitatea 4.6 - Evaluarea si testarea apelor rezultate din procesul de cultivare a microalgelor in vederea utilizarii acestora pentru irigarea culturilor agricole. (Anul III de testare) - Final. 1. Caracterizare analitica a apelor rezultate din experimentarile la scara pilot demonstrativ - Final - **INCDCP-ICECHIM Bucuresti**; 2. Testare ape rezultate pentru irigarea culturilor existente la P3 - Anul III de testare - Final - **INCDCSZ Brasov**;

In cadrul acestei etape de realizare a proiectului complex, coordonatorul proiectului, INCDCP-ICECHIM, impreuna cu partenerul P3, INCDCSZ Brasov, au realizat o analiza critica a rezultatelor obtinute in ceea ce priveste utilizarea apelor rezultate din procesul de cultivare a microalgelor pentru irigarea culturilor agricole (anul III de testare). Apele utilizate in procesul de irigare a culturilor agricole sunt rezultate din procesul de cultivare a microalgelor in fluxul de digestat lichid obtinut in urma procesului de digestie anaeroba. Microalgele cultivate in acest flux secundar consuma si astfel reduc incarcatura organica a acestuia, utilizand nutrientii in exces pentru dezvoltarea biomasei microalgale si sinteza de compusi bioactivi. Fluxul obtinut in urma procesului de cultivare microalge, dupa indepartarea acestora din suspensie, este analizat si se constata o reducere considerabila a incarcaturii organice, in principal privind continutul de azot si fosfor al acestui flux, asa cum se poate observa din tabelul urmartor:

Parametru	Valoare inainte de cultivare microalge	Valoare dupa cultivare microalge	U.M.	Metoda de determinare
Azot total	198	31	mg/L	Metoda cu acid cromotropic (<i>kit determinare azot total Hanna Instruments</i>)
Fosfor total	42	6	mg/L	Adaptare a metodelor standard pentru examinarea apei si a apelor reziduale, editia 20, 4500-P C, metoda cu acid vanadomolibdofosforic (<i>kit determinare fosfor total Hanna Instruments</i>)

Tabel 1. Analiza mediu nutrient dupa 30 zile cultivare microalge.

Lichidul ramas un urma indepartarii suspensiei microalgale este folosit mai departe de INCDCSZ Brasov pentru irigare culturi agricole – Anul III de testare. Irigarea a fost facuta pe culturi de cartof, in sera in care este amplasata instalatia pilot experimental. Irigarea a fost facuta in paralel cu irigarea cu apa, ca si control. Datele obtinute arata ca apele obtinute in urma cultivarii microalgelor pe digestat lichid sunt corespunzatoare irigarii culturilor agricole, chiar prezentand usoare beneficii aduse procesului de dezvoltare a plantei. Rezultatele obtinute in cadrul acestor experimentari au fost utilizate pentru realizarea si transmiterea spre publicare a unui articol stiintific, INCDCP-ICECHIM in colaborare cu INCDCSZ-Brasov.

Datele obtinute in urma acestor experimentari si procese de optimizare au fost folosite de catre Coordonatorul Proiectului Complex, in vederea realizarii Tehnologiei Integrate Pilot Experimental TR6.

Activitatea 4.7 - Evaluarea eficientei sistemului propus pentru reducerea continutului de C, N si P din digestatul lichid - Final - **INCDCP-ICECHIM Bucuresti**;

In cadrul acestei etape de realizare a proiectului complex, coordonatorul proiectului, INCDCP-ICECHIM, a realizat o analiza critica a rezultatelor obtinute in ceea ce priveste evaluarea eficientei sistemului propus pentru reducerea continutului de C, N si P din digestatul lichid. In urma experimentarilor s-a constatat ca tulpina microalgala folosita pentru inocularea bazinului de cultivare a microalgelor, *Chlorella Vulgaris*, este eficienta in scopul reducerii incarcaturii organice din fluxul de digestat lichid. Aceasta tulpina este una dintre cele mai rezistente tulpini existente in colectia de microalge a INCDCP-ICECHIM, adaptandu-se relativ usor mediului in care se doreste cultivarea acesteia. Adaptarea tulpinii la noile conditii de cultivare se face prin inocularea acesteia in mediul sau specific de crestere, mediu Bolt Basalt, si permiterea dezvoltarii acesteia in mediul sau pana la atingerea fazei stationare de crestere. Din acest punct, se realizeaza inlocuirea unei portii din suspensia microalgala, cu mediul in care se doreste a se face cultivarea, in cazul de fata, digestatul lichid. Microalgele consuma nutrientii prezenti in mediul de cultura pentru a se dezvolta si a se multiplica, astfel ingloband in biomasa sa incarcatura organica ce se doreste sa fie indepartata.

Experimentarile au fost realizate in bazinul de cultivare microalge, parte integrata a Instalatiei Pilot Experimental Demonstrativ Biogas-Microalge. Pentru inocularea bazinului s-au folosit 300L inocul microalgala si 2700L mediu BBM, suspensia microalgala obtinuta fiind lasata sa se dezvolte timp de 3 saptamani, dupa care s-au evacuat prin pompare 300L de suspensie microalgala in vasul de colectare/separare a suspensiei de microalge.

Procesarea suspensiei microalgale recoltata cu echipamentul prototip de electro-coagulare-floculare, compus dintr-o teava/tub din PVC cu lungimea de 850mm, diametrul interior 96 mm, avand grosimea peretelui de 6 mm, avand flanse din poliamidat la ambele capete cu electrozi si un racord (diametru 1/2") de alimentare cu masa microalgala la un capat si de evacuare (diametru 1/2") la celalalt capat. Volumul util al echipamentului este de cca. 6200 cm³, prevazut cu un electrod central din aluminiu (electrod de sacrificiu, anod) dispus central, avand diametrul de 12 mm, si patru electrozi din aluminiu cu diametrul de 8 mm dispusi radial la distante egale de electrodul central. Electrozii sunt conectati la o sursa electrica de curent continuu cu posibilitate de reglare a tensiunii electrice in domeniul 0-24V si a curentului electric intre 0-10A. Sistemul asigura o eficienta de recuperare a biomasei microalgale de peste 90% si un factor de concentrare de minim 5.

Sedimentarea suspensiei de biomasa microalgala si separarea prin decantare, a cca 20% din aceasta ca suspensie de biomasa algala concentrata (care contine cca 90% din biomasa algala) in vederea procesarii ulterioare, de restul de 80% suspensie de biomasa microalgala epuizata, care mai contine cca 10% biomasa algala, in vederea reutilizarii acesteia, in amestec cu digestatul lichid, pentru completarea mediului nutrient de cultivare microalge.

Fluxurile de digestat evacuat din digester si mediu recirculat in urma recoltarii suspensiei microalgale au fost analizate in ceea ce priveste continutul de azot si fosfor. Determinarea N si P a avut ca scop estimarea capacitatii celulelor de a asimila nutrientii din mediu. In acest sens, supernatantul a fost analizat utilizand urmatoarele doua proceduri: pentru azot: Metoda cu acid cromotropic (*kit determinare azot total Hanna Instruments*); pentru fosfor: Adaptare a metodelor standard pentru examinarea apei si a apelor reziduale, editia 20, 4500-P C, metoda cu acid vanadomolibdofosforic (*kit determinare fosfor total Hanna Instruments*).

In urma analizelor efectuate, se constata o reducere a continutului de azot cu pana la 75% si o reducere a continutului de fosfor cu pana la 96%.

PROIECT COMPONENT P4

Activitatea 4.8 - Cercetari privind testarea biocarbunelui cu caracteristici conform sub-activitatii 1.7.2, ca ameliorator pentru sol la culturile existente - Anul III de testare - Final - **INCDCSZ Brasov**;

Aceasta activitate este o continuare a activitatii corespunzatoare etapei 3 din anul anterior si implica finalizarea studiilor realizate de catre partenerul P3, INCDCSZ Brasov in ceea ce priveste utilizarea biocarbunelui obtinut in urma procesului de piroliza catalitica a digestatului solid, realizat de partenerul P4, UPG Ploiesti, ca ameliorator de sol pentru culturi agricole. Testarile in acest scop sunt realizate la sediul INCDCSZ Brasov, pentru a sublinia circularitatea procesului, beneficiul fiind intors la locul de origine al substraturilor ce sunt valorificate prin digestie anaeroba pentru obtinere de biogaz.

Biocarbunele a fost testat de catre partenerul P3 ca ameliorator de sol pentru culturi vegetale, la sediul INCDCSZ Brasov. Conform definitiei, „ameliorator de sol” înseamnă un material adăugat solului, in situ, a cărui funcție principală este menținerea sau îmbunătățirea proprietăților sale fizice și/sau chimice și/sau biologice, cu excepția amendamentelor minerale bazice. Biocărbunele vegetal este un material cristalin, negru poros, fara miros, care leagă și stochează microorganisme, microelemente (Fe, Br, Cu, Ph, Mn, Mg) și apa. Incorporarea biocarbunelui in sol poate modifica proprietatile fizice ale acestuia, precum textura, structura, distributia dimensiunilor porilor si densitatea, cu implicatii asupra aerarii solului, a capacitatii de retentie a apei in sol si a cresterii plantelor.

La sediul INCDCSZ Brasov, in cadrul acestei etape, au fost analizate datele obtinute in etapa anterioara si au fost completate pentru a fi utilizate la elaborarea raportului final de testare. Aplicarea biocarbunelui in sol a fost realizata inainte de plantarea materialului vegetal, fiind incorporat in sol la o rata de 10 tone biocarbune la hectar, echivalent cu 1 kg/mp sol. Rezultatele obtinute de catre partenerul P3 demonstreaza efectul benefic pe care biocarbunele obtinut prin piroliza catalitica a digestatului solid realizata de partenerul P4 il prezinta la aplicarea in sol, pentru imbunatatirea dezvoltarii culturilor agricole.

Activitatea 4.9 - Experimente extinse și studii de caz - Final - **Universitatea Tehnica Iasi**;

Rezultatele obținute în urma desfășurării cercetărilor teoretice și experimentale caracterizează procesele de ardere utilizând aer preîncălzit, cu diverse valori ale excesului de aer, ținând cont de concentrația compușilor poluanți din gazele de ardere. În urma simulărilor numerice realizate cu ajutorul software-ului ANSYS, s-a constatat o modificare a concentrațiilor masice pentru monoxid de azot, monoxid de carbon, dioxid de carbon, hidroxid și oxigen atomic în compoziția gazelor de ardere, funcție de excesul de aer și de temperatura de preîncălzire a aerului. De asemenea, se constată și o modificare a campului de concentrații a monoxidului de carbon în interiorul camerei de ardere în funcție de raportul dintre aer primar și aer de diluție, obținând astfel, pentru valoarea raportului de 0,4 între aer primar și aer de diluție, obținându-se o dispunere a acestuia pe axa longitudinală a camerei de ardere. Se observă de asemenea o scădere a concentrației masice a monoxidului de azot proporțional cu creșterea temperaturii de preîncălzire a aerului până la valoarea de 330°C, după această valoare obținând creșterea concentrației acestei specii chimice în gazele de ardere.

Simultan cu creșterea temperaturii de preîncălzire se observa și o creștere a concentrației de oxigen atomic și hidroxid în gazele de ardere. Conform experimentelor desfășurate utilizând gaz natural, se constată obținerea valorilor maxime ale concentrației monoxidului de carbon în gazele de ardere pentru cazul de ardere cu exces de aer 1,05 și temperatura de preîncălzire 35°C. De asemenea, valorile minime ale concentrației monoxidului de carbon în gazele de ardere se obțin pentru cazul de ardere cu exces de aer 1,05 și temperatura de preîncălzire de 405°C. Ca o concluzie preliminară se deduce o reducere a

concentrației monoxidului de carbon în gazele de ardere, pentru cazurile în care se utilizează aer preîncălzit, pentru orice exces de aer analizat.

Valorile maxime ale concentrației monoxidului de azot în gazele de ardere se obțin pentru cazul de ardere cu temperatura de preîncălzire de 35°C și exces de aer 1,15, în timp ce valorile minime se obțin pentru cazul în care arderea se realizează cu exces de aer 1,05 și temperatura de preîncălzire a aerului de 205°C. Se constată ca valorile maxime, determinate experimental, ale concentrației dioxidului de carbon în gazele de ardere se obțin pentru cazul de ardere cu temperatura de preîncălzire de 205°C și exces de aer 1,10, în timp ce valorile minime se obțin pentru cazul în care arderea se realizează cu exces de aer 1,05 și temperatura de preîncălzire a aerului de 405°C.

Cu referire la concentrația dioxidului de azot în gazele de ardere, se constată valorile minime pentru cazul de ardere utilizând exces de aer 1,05 și temperatura de preîncălzire a aerului 405°C, iar valorile maxime se obțin pentru cazul de ardere utilizând exces de aer 1,10 și 1,15 și temperatura de preîncălzire a aerului la 35°C. Concentrația maximă de oxigen în gazele de ardere se obține pentru experimentul efectuat utilizând aer preîncălzit la 205°C și exces de aer 1,10. Valoarea minimă a acestei concentrații se obține pentru cazul de ardere utilizând aer preîncălzit la 405°C și exces de aer 1,05. Astfel, în urma evaluării numerice și experimentale a proceselor de ardere utilizând gaz natural, cu diverse temperaturi de preîncălzire a aerului și diferite valori ale excesului de aer, se obțin rezultate similare pentru ambele metode aplicate.

Spre deosebire de experimentele desfășurate utilizând gaz natural, valorile minime ale concentrațiilor monoxidului de carbon și a monoxidului de azot se obțin la arderea butanului pentru experimentele în care se utilizează aer preîncălzit la 205°C și exces de aer 1,10. De asemenea, se observă obținerea concentrației minime a dioxidului de azot în gazele de ardere pentru arderea gazului butan cu exces de aer 1.10 și temperatura de preîncălzire a aerului de 405°C. În cazul concentrației molare a dioxidului de azot în gazele de ardere, se obține valoarea minimă pentru arderea gazului butan cu exces de aer 1.05 și temperatura de preîncălzire a aerului de 35°C. Se remarcă faptul că, pentru exces de aer 1.10 și 1.15, concentrația dioxidului de azot în gazele de ardere scade o dată cu creșterea temperaturii de preîncălzire a aerului, spre deosebire de concentrațiile molare a monoxidului de carbon, unde se constată o scădere a acestora pentru cazurile utilizând același exces de aer și temperatura de preîncălzire de 205°C, urmată apoi de creșterea concentrației molare în gazele de ardere, pentru experimentele desfășurate cu preîncălzirea aerului la 405°C. Experimentele desfășurate utilizând aer preîncălzit la 35°C și exces de aer 1,15 indică valorile maxime obținute pentru monoxid de azot, monoxid de carbon, dioxid de azot și dioxid de carbon.

Datele obținute în cadrul acestei etape de desfășurare a proiectului complex au fost valorificate prin elaborarea și transmiterea către publicare a unui articol științific.

Activitatea 4.10 - Cercetări experimentale privind procesul de hidrocracare a amestecului condiționat de bio-oil purificat și fracția lipidică - Final. Testarea sistemelor catalitice sintetizate în procesul de hidrocracare - Parțial - **UPG Ploiesti**;

Continuarea testelor de hidrocracare a avut ca scop optimizarea rețetei de catalizator precum și a parametrilor de operare a procesului de hidrocracare. Procesul de hidrotratare, care precede procesul de hidrocracare, a favorizat îndepărtarea preferențială a heteroatomilor din produsul pirolizat. Astfel în urma procesului de hidrotratare, intermediarii de piroliza a celulozei cu un conținut ridicat în oxigen, au fost transformați în hidrocarburi sau compuși organici cu un conținut redus de heteroatomi, cu mase moleculare mai mici, care au fost de regulă îndepărtați cu faza gazoasă sau se regăsesc în faza lichidă dar

au mase moleculare scazute si nu mai necesita fragmentare suplimentara. In general procesele de hidrocracare se aplica compusilor organici cu mase moleculare mai mari si care contin majoritar catene hidrocarbonate precum fractia lipidica separata din masa algala. Din acest motiv selectarea materiei prime utilizata pentru realizarea testelor de hidrocracare s-a realizat pe modele de compusi organici pentru care reactiile de cracare sa fie reprezentative. In acest scop am selectat modele de compusi pe baza de acizi grași care contin in catena predominant atomi de carbon, precum esteri metilici derivați din uleiul de palmier. Pentru realizarea programului experimental au fost testati patru catalizatori bifunctionali: i) catalizatorul Pd-WO₃ / γ -Al₂O₃ - HZSM5; ii) catalizatorul Pd-Cu / γ -Al₂O₃ - HZSM5; iii) catalizatorul Pt-WO₃ / γ -Al₂O₃ - HZSM5; iv) catalizatorul Pd- Nb₂O₅ / γ -Al₂O₃ - HZSM5.

Programul experimental de testare a catalizatorilor de hidrocracare preparati s-a realizat pe aceiasi instalatie micropilot in sistem continuu si strat fix catalitic pe care s-a realizat procesul de hidrocracare in etapa anterioara. Alimentarea amestecului hidrotrat de bio-oil si fractie lipidica s-a realizat cu aceiasi pompa dozatoare iar alimentarea hidrogenului s-a realizat dintr-o butelie prevazuta cu reductor de presiune si sistem de reglare a presiunii. Incarcarea reactorului tubular de tip monoteava s-a realizat cu un volum de strat catalitic de 40 cm³. Activarea catalizatorilor s-a realizat in situ, la temperaturi care sa favorizeze formarea speciilor metalice mentionate in rețetele catalitice. Parametrii studiatii in cadrul programului experimental au fost temperatura in zona de reactie determinata cu ajutorul unui termocuplu mobil situat concentric in zona centrala a reactorului, presiunea pe sistem, si viteza volumara a esterilor metilici derivați din uleiul de palmier. Domeniul de variatie a parametrilor de operare a fost: temperatura de 300...380°C, presiunea de 20...60 atm, viteza volumara a esterilor metilici derivați din uleiul de palmier de 0,5...2,5 h⁻¹. Optimizarea parametrilor de operare a procesului de hidrocracare a amestecului de esteri metilici derivați din uleiul de palmier a evidentiat ca acest proces necesita valori mai mari ale temperaturii si presiunii de lucru decat in cazul procesului de hidrotrat.

Caracterizarea fazei lichide s-a realizat prin identificarea compozitiei acesteia prin metoda gaz-cromatografica, compozitie pe baza careia s-a determinat randamentul in produși lichizi de reactie precum si conversia esterilor metilici derivați din uleiul de palmier. Cresterea temperaturii si a presiunii si reducerea vitezei volumare a favorizat cresterea performantelor procesului de hidrocracare. De asemenea analiza cromatografica a evidentiat reducerea continutului in compusi oxigenati si cresterea continutului in hidrocarburi saturate liniare sau ramificate.

Activitatea 4.11 - Experimentarea in situ a proceselor de hidrocracare/hidrotrat a amestecului conditionat de bio-oil purificat si fractia lipidica in instalatia pilot (ICECHIM) - Final - **INCDCP-ICECHIM Bucuresti**;

În cadrul acestei activități a fost continuat programul experimental necesar testarii in situ a proceselor de hidrocracare si hidrotrat a amestecului conditionat de bio-oil purificat si fractia lipidica in instalatia pilot pe baza rezultatelor obtinute in cadrul activitatilor precedente 3.20-3.22 pentru tehnologia TRL3.

Tehnologia TRL3 de hidrocracare /hidrotrat a amestecului conditionat de bio-oil purificat si fractia lipidica consta in indepartarea in prezenta de catalizatori a oxigenului din materia prima si a altor heteroatomi (sulf, azot) in prezenta hidrogenului la presiune ridicata si temperatura (hidrotrat) urmata de reducerea maselor moleculare in prezenta hidrogenului (hidrocracare) pentru obtinerea de componente utili.

Etapele tehnologiei pilot sunt urmatoarele:

1. Etapa de activare a catalizatorilor;
2. Etapa de hidrotratare;
3. Etapa de hidrocracare.

Tehnologia de hidrocracare /hidrotratare a fost realizata pe baza experimentarilor in instalatia pilot in sistem continuu formata dintr-un reactor tubular cu strat catalitic fix, cu curgere descendenta in echicurent a reactantilor in faza lichida si gazoasa, seria 5400, produs de Parr Instrument Company (SUA). Schita instalatiei este prezentata in figura 7.

Reactorul de hidrogenare este prevazut cu trei zone de incalzire electrica si sistem independent de reglare automata a temperaturii pe fiecare zona, fiecare avand termocuplu propriu la peretele exterior al reactorului si bucla de control a temperaturii. Reactorul tubular are lungimea de 900mm si diametrul interior de 25 mm fiind prevazut in interior cu distanteri metalici pentru pozitionarea precisa in interiorul sau a stratului catalitic fix. In interiorul reactorului este prevazuta o teaca, pozitionata central, prin care se poate deplasa un termocuplu pentru inregistrarea si controlul temperaturii din stratul catalitic urmarit.

Presiunea in reactor este reglata grosier cu ajutorul reductorului de presiune amplasat pe butelia de hidrogen si fin printr-o bucla de reglare automata a presiunii formata din senzorul de presiune, controlerul de presiune si o valva comandata pneumatic la iesirea din reactor.

Alimentarea si dozarea reactantilor in stare lichida se realizeaza cu o pompa dozatoare pentru presiuni mari, comandata de la distanta de la unitatea de comanda si control. Produsii de reactie rezultati din reactorul de hidrogenare sunt raciti intr-un schimbator de caldura tip teava in teava cu un agent de racire provenit de la criostat si ajung intr-un separator gaz-lichid. Faza lichida este colectata si analizata iar faza gazoasa este eliberata controlat in atmosfera. Toate elementele de afisare, comanda si control ale instalatiei Parr sunt conectate la o interfata de proces tip 4807, conectata la un computer cu software dedicat (SpecView).

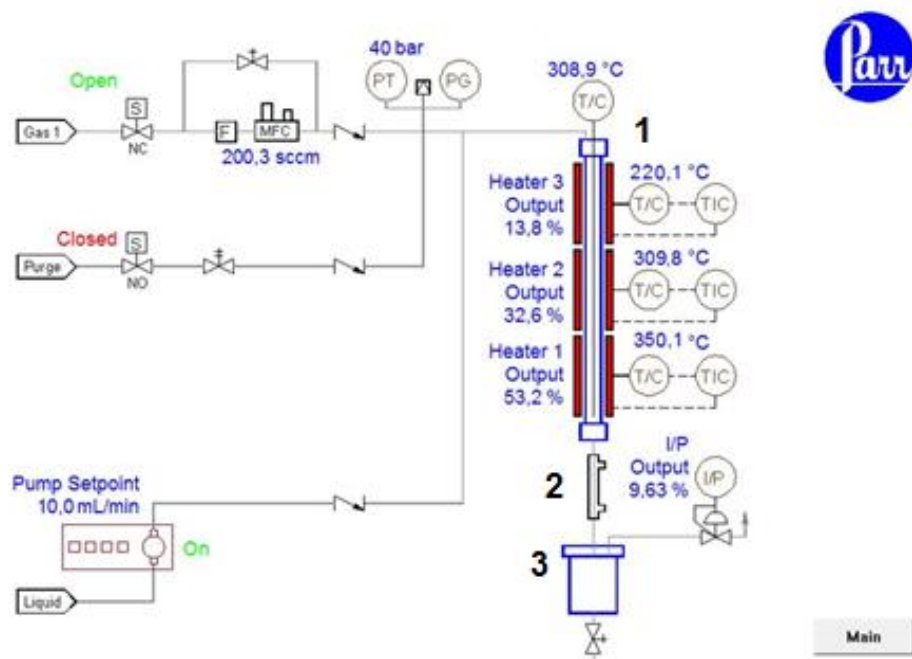


Figura 7. Schita instalatiei Parr Instruments: 1- reactor hidrogenare tubular; 2- schimbator de caldura; 3- separator gaz-lichid; Gas 1 – hidrogen; Purge – gaz inert (azot); Liquid – alimentare reactanti; MFC – controler debit hidrogen; T/C- termocuplu; TIC-termoregulator; I/P- controler presiune

Prima etapa a tehnologiei de hidrocracare/hidrotratare consta in incarcarea reactorului tubular, cu o capacitate de 500 cm³, cu doi catalizatori de hidrotratare si un catalizator de hidrocracare corespunzator fiecarei zone de incalzire, conform tabelului 2. In tabelul 3 sunt prezentate caracteristicile texturale obtinute prin porozimetrie cu azot ale catalizatorilor utilizati.

Catalizatorii se pozitioneaza in zona corespunzatoare utilizand distantierii metalici si volumul necesar de bile de sticla cu diametrul de 4 mm. Activarea catalizatorilor de hidrotratare si hidrocracare se realizeaza conform tehnologiei elaborate la nivel de laborator. Etapa de activare in situ, dupa incarcarea catalizatorilor in reactor, s-a realizat in curent de hidrogen la presiunea de 5 bar la temperaturile selectate.

Tabel 2. Catalizatori utilizati si regimul de temperatura.

Nr. crt.	Zona de incalzire	Proces	Catalizator	Regim de temperatura, °C
1	Superioara	hidrotratate I	CuPd/Al ₂ O ₃	180-220
2	Mijlocie	hidrotratate II	CuPdWMo/Al ₂ O ₃	270-320
3	Inferioara	hidrocracare	NiPtWMo/Al ₂ O ₃	340-380

Tabel 3. Caracteristicile texturale ale catalizatorilor utilizati

Nr. crt.	Catalizator	Suprafata specifică(m ² /g)	Volumul total al porilor (cm ³ /g)	Diametrul mediu al porilor (nm)
1	CuPd/Al ₂ O ₃	176,1	0,6088	13,83
2	CuPdWMo/Al ₂ O ₃	121,1	0,3723	12,3
3	NiPtWMo/Al ₂ O ₃	140,00	0,3714	10,61

Inainte de inceperea fiecarui experiment reactorul de hidrogenare se purjeaza timp de 30 min. cu gaz inert (azot) pentru eliminarea oxigenului din instalatie. Dupa atingerea parametrilor de lucru (temperatura pentru fiecare strat catalitic, presiune si debit de gaz-hidrogen) se porneste pompa dozatoare a amestecului bio-uleiului conditionat cu debitul stabilit. Compozitia produsului final (faza lichida) rezultat in instalatia pilot prin procese de hidrotratate-hidrocracare a bio-uleiului de piroliza conditionat a fost determinata prin analiza gaz cromatografica (GC-MS).

Performantele proceselor de hidrotratate-hidrocracare au fost evaluate prin determinarea randamentului in faza lichida, a indicelui de aciditate si a indicelui de nesaturare precum si a puterii calorice a produsului lichid obtinut. Prin analiza cromatografica se remarca reducerea continutului de compusi oxigenati si mai ales a compusilor oxigenati ciclici si cresterea continutului in hidrocarburi saturate liniare, ramificate sau ciclice.

REZULTATE OBTINUTE IN CADRUL PROIECTULUI COMPLEX

- ✓ Pentru asigurarea vizibilitatii proiectului 32PCCDI/2018: **Creșterea eficienței energetice a instalațiilor de biogaz prin elaborarea sistemului integrat: biogaz-microalge-biocombustibili, în cadrul conceptului de biorafinare**, s-a creat un site care sa prezinte obiectivele si rezultatele acestui proiect: <http://icechim-rezultate.ro/proiect.php?id=38&lang=ro>, o pagina Facebook a proiectului complex: <https://www.facebook.com/ABCenergieICECHIM> si de asemenea o pagina Youtube, <https://www.youtube.com/channel/UCpVXPchZiWOfeZvKm9-0a-g>, de prezentare a instalatiei pilot experimental demonstrativ Biogaz-Microalge.

Coordonator Proiect Complex - INCDPC ICECHIM Bucuresti:

2 articole transmise spre publicare:

- ✓ Constantin Neamtu, Ana-Maria Galan, Alexandru Vlaicu, Ionut Banu, Anca Paulenco, Sanda Velea, **NEW INSIGHT INTO LIQUID ANAEROBIC DIGESTATE TREATMENT: INVESTIGATION OF THE ELECTROCOAGULATION-FLOCCULATION SYSTEM IN BATCH MODE**, Brazilian Journal of Chemical Engineering, in evaluare;
- ✓ Vasilevici Gabriel, Velea Sanda, Radu Elena, Ghimis Simona-Bianca, **Nanostructured Fe-Cu catalyst for pyrolysis of solid digestates from anaerobic co-digestion plants**, Journal of the Serbian Chemical Society, in evaluare;

2 comunicări științifice susținute la Conferințe Naționale:

- ✓ Grigore Psenovschi, Constantin Neamtu, Alexandru Vlaicu, Ana-Maria Galan, Sanda Velea, **Treatment of Liquid Digestate from Anaerobic Digestion by Electrocoagulation-Flocculation in Batch Mode**, NeXT-Chem, Editia a 3-a, 27-28.05.2021;
- ✓ Luiza Mîrț, Simona Ghimiș, Sanda Velea, Gabriel Vasilevici, **Bifunctional Al₂O₃ Based Catalyst for the Hydrotreating/Hydrocracking Reaction of Bio-Oil**, NeXT-Chem, Editia a 3-a, 27-28.05.2021;

1 Tehnologie integrata pilot experimental TRL 6;

1 Tehnologie de laborator TRL3 de hidrocracare/hidrotratare a amestecului conditionat de bio-oil purificat si fractie lipidica.

Partener P1 - INCDIE ICPE-CA:

1 articol ISI:

- ✓ Carmen Mateescu, Traian Zaharescu, Marius Mariș, **Chemiluminescence study on the radiochemical stability of polypropylene modified with microalgal extracts**, Radiation Physics and Chemistry 183, 109401 (2021) doi: 10.1016/j.radphyschem.2021.109401.

1 capitol de carte:

- ✓ Carmen Mateescu, Andreea-Daniela Dima, Biochemical Conversion of Residual Biomass: An Approach to Fuel Gas and Green Fertilizers. In: Pant K.K., Gupta S.K., Ahmad E. (Editori) Catalysis for Clean Energy and Environmental Sustainability. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-65017-9_2. pp. 49-88 (2021).

Partener P2 - UNIVERSITATEA BUCURESTI:

4 articole ISI:

- ✓ L. Peng, B. Jurca, A. Primo, A. Gordillo, V.I. Parvulescu, H. Garcia, **Co-Fe Clusters Supported on N-Doped Graphitic Carbon as Highly-Selective Catalysts for Reverse Water Gas Shift**, ACS Sustainable Chemistry & Engineering, Manuscript ID: sc-2021-014015.R1, in faza finala de evaluare (FI=7.03).
- ✓ B. Jurca, L. Peng, A. Primo, A. Gordillo, V.I. Parvulescu, H. Garcia, **Co-Fe Nanoparticles Wrapped on N-Doped Graphitic Carbons as Highly-Selective CO₂ Methanation Catalysts**, ACS Applied Materials & Interfaces, ID: am-2021-05542f, articol in presa, ID am-2021-05542f (FI= 8.46).
- ✓ L. Cata, N. Terenti, C. Cociug, N.D. Hadade, I. Grosu, C. Bucur, V.I. Parvulescu, M. Mazur, J. Cejka, **Pd nanoparticles catalyze Sonogashira syntheses of new COFs and their self-entrapment driving Suzuki-Miyaura coupling**, Journal of the American Chemical Society, in evaluare.
- ✓ B. Jurca, L. Peng, A. Primo, A. Gordillo, V.I. Parvulescu, H. Garcia, **Direct synthesis of higher hydrocarbons from waste CO₂ and CH₄ over Co-Fe Nanoparticles deposited on various graphitic supports**, ACS Applied Materials & Interfaces, in evaluare (FI= 8.46).

Partener P4 - UPG Ploiesti:

1 articol ISI:

- ✓ Mihai Marinescu, Popovici Roxana Daniela, Bombos Dorin, Vasilievici Gabriel, Calin Catalina, Oprescu Elena-Emilia, Bolocan Ion, **Hydrodeoxygenation and hydrocracking of oxygenated compounds over Cu-Pd/ZSM-5 catalyst**, Mechanisms and Catalysis journal, in evaluare.

Partener P5 - UT Iasi:

1 articol stiintific:

- ✓ Gheorghe Dumitrascu, Michel Feidt, Stefan Grigorean, **Closed Irreversible Cycles Analysis based on Finite Physical Dimensions Thermodynamics**, Energies, transmis spre publicare;

1 comunicare stiintifica acceptata spre sustinere la Conferinta Internațională:

- ✓ Stefan Grigorean, Gheorghe Dumitrascu, **Experimental validation of burning process using preheated air for various gaseous fuels using different exces air values**, COFRET 2021 – 14.10.2021 - 16.10.2021, lucrare acceptata spre a fi sustinuta in cadrul conferintei.

Prezentarea structurii ofertei de servicii de cercetare si tehnologice cu indicarea link-ului din platforma Erris

Partener	Resurse materiale
CO: INCDCP-ICECHIM Bucuresti	https://erris.gov.ro/Institutul-National-de-Cerce-8
P1: INCDIE ICPE-CA	https://erris.gov.ro/INSTITUTULNATIONAL-DE-CERCE--6
P2: UB	https://erris.gov.ro/Catalizatori-si-Procese-Cata
P3: INCDCSZ Brasov	https://erris.gov.ro/INSTITUTUL-NATIONAL-DECERCE-33
P4: UPG, Ploiesti	https://erris.gov.ro/CETMA-ENE
P5: UT Iasi	https://erris.gov.ro/SustainableEnergyENERED-Labs

LOCURI DE MUNCA SUSTINUTE PRIN PROGRAM

In cadrul proiectului complex, sunt sustinute 83 locuri de munca, dintre care 11 sunt tineri angajati prin creare de posturi noi in cadrul proiectului complex, iar 72 sunt cercetatori cu experienta provenind de la institutiile si universitatile partenere in proiect, dupa cum este prezentat in tabelul urmatoar:

Partener	Resurse umane	
	Membri cercetatori	Noi membri cercetatori angajati
CO: INCDCP-ICECHIM Bucuresti	21	5
P1: INCDIE ICPE-CA	19	1
P2: UB	6	2
P3: INCDCSZ Brasov	8	2
P4: UPG, Ploiesti	14	0
P5: UT Iasi	4	1
Total	72	11

**IMPLEMENTAREA ACTIVITATILOR PROIECTULUI PRIN VIZITE DE LUCRU CERCETATORI CU EXPERIENTA,
INTRE INSTITUTIILE PARTENERE ALE PROIECTULUI COMPLEX**

Cercetatorii cu experienta din colectivul proiectului complex au efectuat deplasari in scopul colaborarii pentru realizarea obiectivelor proiectului. Majoritatea deplasarilor s-au efectuat la sediul Partenerului P3, INCDCSZ Brasov, sediu la care a fost realizata instalatia demonstrativa biogaz-microalge.

1. **Coordonator Proiect Complex, INCDCP-ICECHIM Bucuresti** - CEC-uri de tip B – vizite de lucru cercetatori cu experienta: Total de 11 zile deplasare.

Nr. crt.	Denumire CEC	Destinatia	Descriere	Perioada	Persoana	Total (lei)
1	Monitorizare parametri inocul din anul anterior si prelevare probe	Partener 3 – INCDCSZ Brasov	Vizita de lucru privind analiza inoculului prelevat anul anterior pentru testarile din anul acesta de digestie anaeroba. Prelevare probe din acest inocul pentru experimentari realizate la sediul INCDCP-ICECHIM.	01.03.2021	Ana-Maria Galan	500
2	Valorificarea instalatiei pilot experimental demonstrativ Biogaz - Microalge	Partener 3 – INCDCSZ Brasov	Vizita de lucru privind analiza stadiului in care se afla instalatia pilot experimental demonstrativ Biogaz-Microalge de la sediul INCDCSZ Brasov pentru a-i asigura buna functionare pentru experimentari ulterioare	22.03.2021 - 23.03.2021	Sanda Velea	1.000
3	Valorificarea instalatiei pilot experimental demonstrativ Biogaz - Microalge	Partener 3 – INCDCSZ Brasov	Analiza posibilitati de valorificare a instalatiei pilot experimental Biogaz-Microalge prin oferirea de servicii de cercetare catre agenti economici (tehnologia la nivel TRL 6), pentru exploatarea instalatiei dupa incheierea proiectului complex.	22.04.2021 - 23.04.2021	Sanda Velea	1.000
4	Conservarea instalatiei pilot experimental - demonstrativ Biogaz-Microalge	Partener 3 – INCDCSZ Brasov	Vizita de lucru pentru realizare de activitati necesare conservarii instalatiei pana la implicarea acesteia in noi proiecte de cercetare sau stagii de instruire; Realizare de mici modificari structurale in vederea imbunatatirii performantelor viitoare ale instalatiei.	18.05.2021 - 19.05.2021	Sanda Velea	1.000
5	Finalizarea activitatilor anului 2021 si evaluarea posibilitatilor de valorificare ulterioara a instalatiei pilot	Partener 3 – INCDCSZ Brasov	Sedinta de management cu colectivul INCDCSZ implicat in Proiectul Complex in vederea finalizarii activitatilor acestei etape; Discutii privind valorificarea in continuare a instalatiei pilot in proiecte de cercetare si implicarea resursei umane nou angajate in acest scop.	26.05.2021	Sanda Velea	1.000
				- 27.05.2021	Anca Paulenco	1.000
Total Cec-uri de tip B: Vizită de lucru Cercetători cu experiență (lei)						5.500

Raport Stiintific si Tehnic - Proiect Complex 32PCCDI/2018 - Etapa 4: 01/01/2021 - 31/05/2021

2. Partener P1 proiect complex, INC DIE ICPE-CA Bucuresti - CEC-uri de tip B - vizite de lucru cercetatori cu experienta: Total de 3 zile deplasare.

Nr. crt.	Denumire CEC	Destinatia	Descriere	Perioada	Persoana	Total (lei)
1	Vizita de lucru privind elaborarea raportului final al proiectului complex	Partener 3 – INCDCSZ Brasov	Participare la activitati de elaborare raport final si discutii, impreuna cu Partenerul P3, INCDCSZ, la sediul caruia este amplasata instalatia Pilot Experimental Demonstrativ Biogaz-Microalge	05.05.2021 - 07.05.2021	Carmen Mateescu	1.500
Total Cec-uri de tip B: Vizită de lucru Cercetători cu experiență (lei)						1.500

3. Partener P2 proiect complex, Universitatea Bucuresti - CEC-uri de tip B - vizite de lucru cercetatori cu experienta: Total de 6 zile deplasare.

Nr. crt.	Denumire CEC	Destinatia	Descriere	Perioada	Persoana	Total (lei)
1	Vizita de lucru pentru prezentarea rezultatelor cercetarii	Partener 5 – UTI Iasi	Vizita de lucru privind prezentarea si discutarea rezultatelor cercetarii obtinute de catre partenerul P2, Universitatea Bucuresti, in ceea ce priveste procesul de hidrogenare catalitica a dioxidului de carbon, separat din fluxul de biogaz, la metan	12.05.2021 - 14.05.2021	Octavian Pavel Sabina Ion	1.200 1.200
Total Cec-uri de tip B: Vizită de lucru Cercetători cu experiență (lei)						2.400

4. Partener P3 proiect complex, INCDCSZ Brasov - CEC-uri de tip B - vizite de lucru cercetatori cu experienta: Total de 2 zile deplasare.

Nr. crt.	Denumire CEC	Destinatia	Descriere	Perioada	Persoana	Total (lei)
1	Vizita de lucru pentru finalizarea activitatilor desfasurate in etapa 4 a proiectului	Coordonator proiect, INCDCP - ICECHIM Bucuresti	Prezentarea si discutarea rezultatelor obtinute in etapa finala de cercetare privind utilizarea in agricultura a apelor rezultate in urma cultivarii microalgelor si a carbonului activ de la instalatia de piroliza catalitica a digestatului solid, pentru realizarea indicatorilor si RST-ului pentru anul 2021.	27.04.2021	Victor Donescu Carmen Chelmea	500 500
Total Cec-uri de tip B: Vizită de lucru Cercetători cu experiență (lei)						1.000

Raport Stiintific si Tehnic - Proiect Complex 32PCCDI/2018 - Etapa 4: 01/01/2021 - 31/05/2021

5. **Partener P4 proiect complex, UPG Ploiesti** - CEC-uri de tip B - vizite de lucru cercetatori cu experienta: Total de 2 zile deplasare.

Nr. crt.	Denumire CEC	Destinatia	Descriere	Perioada	Persoana	Total (lei)
1	Vizita de lucru pentru experimentari de hidrocracare/hidrotratate	Coordonator proiect, INCDPC - ICECHIM Bucuresti	Participare la experimentari de hidrocracare/hidrotratate a amestecului conditionat de bio-oil purificat si fractie lipidica in instalatia pilot existenta la sediul INCDPC-ICECHIM Bucuresti	06.05.2021 - 07.05.2021	Catalina Calin	800
Total Cec-uri de tip B: Vizită de lucru Cercetători cu experiență (lei)						800

6. **Partener P5 proiect complex, UT Iasi** - CEC-uri de tip B - vizite de lucru cercetatori cu experienta: Total de 2 zile deplasare.

Nr. crt.	Denumire CEC	Destinatia	Descriere	Perioada	Persoana	Total (lei)
1	Vizita de lucru privind elaborarea raportului final al proiectului complex	Partener 2 – Universitatea Bucuresti	Diseminarea rezultatelor experimentale obtinute utilizand standul de ardere a combustibilului prelucrat de partenerul P2. Analiza comparativa a rezultatelor numerice si experimentale. Prezentarea planului experimental si a metodologiei de experimentare.	20.05.2021 - 21.05.2021	Gheorghe Dumitrascu	1.000
Total Cec-uri de tip B: Vizită de lucru Cercetători cu experiență (lei)						1.000

PREZENTAREA VALORIFICARII/ IMBUNATATIRII COMPETENTELOR RESURSELOR NOU ANGAJATE LA NIVELUL CONSORTULUI (CECURI)

Resursa umana nou angajata in cadrul proiectului complex a fost instruita prin efectuarea de CEC-uri de tip B – stagii pregatire tineri cercetatori, prin deplasari realizate intre partenerii Proiectului Complex. Aceste CEC-uri de mobilitati au fost realizate in scopul familiarizarii tinerilor cercetatori cu elementele de realizare a proiectului si pentru imbogatirea cunostintelor acestora prin participare la cursuri de instruire de specialitate oferite de institutiile/universitatile partenere in cadrul proiectului complex.

1. **Coordonator Proiect Complex, INCDCP-ICECHIM Bucuresti** - CEC-uri de tip B – stagii pregatire tineri cercetatori: Total de 9 zile deplasare.

Nr. crt.	Denumire CEC	Destinatia	Descriere	Perioada	Persoana	Total (lei)
1	Conservarea instalatiei pilot experimental - demonstrativ Biogaz- Microalge	Partener 3 – INCDCSZ Brasov	Vizita de lucru pentru realizare de activitati necesare conservarii instalatiei pana la implicarea acesteia in noi proiecte de cercetare sau stagii de instruire; Realizare de mici modificari structurale in vederea imbunatatirii performantelor viitoare ale instalatiei.	18.05.2021	Alexandru Vlaicu	600
				-	Alin Vintila	600
				19.05.2021	Grigore Psenovschi	600
2	Pregatire tanar cercetator in domeniul testarii catalizatorilor in procesul de hidrocracare	Partener 3 – INCDCSZ Brasov	Stagiu de insusire cunostinte si participare la experimentari de testare a sistemelor catalitice sintetizate in cadrul activitatilor anterioare, in procesul de hidrocracare, la sediul partenerului P4, UPG Ploiesti	18.05.2021 - 20.05.2021	Luiza Mirt	715
Total Cec-uri de tip B: Stagii pregatire tineri cercetatori (lei)						2.515

2. **Partener P1 proiect complex, INC DIE ICPE-CA Bucuresti** - Nu a efectuat CEC-uri de tip B – stagii pregatire tineri cercetatori, in aceasta etapa.

3. **Partener P2 proiect complex, Universitatea Bucuresti** - Nu a efectuat CEC-uri de tip B – stagii pregatire tineri cercetatori, in aceasta etapa.

4. **Partener P3 proiect complex, INCDCSZ Brasov** - CEC-uri de tip B – stagii pregatire tineri cercetatori: Total de 2 zile deplasare.

Nr. crt.	Denumire CEC	Destinatia	Descriere	Perioada	Persoana	Total (lei)
1	Stagii pregatire in metode de analiza ape uzate si caracterizare carbune activ	Coordonator proiect, INCDCP - ICECHIM Bucuresti	Stagiu de practica privind tehnicile de analiza a apelor uzate provenite din procesul de digestie anaeroba, inainte si dupa cultivare microalge. Participare si insusire metode de caracterizare carbune activ provenit din procesul de piuroloza catalitica a digestatului solid.	13.02.2020 - 14.02.2020	Diana Petre	600
Total Cec-uri de tip B: Stagii pregatire tineri cercetatori (lei)						600

5. **Partener P5 proiect complex, UT Iasi** – CEC-uri de tip B – stagiu pregatire tineri cercetatori: Total de 2 zile deplasare.

Nr. crt.	Denumire CEC	Destinatia	Descriere	Perioada	Persoana	Total (lei)
1	Elaborarea raportului final al proiectului complex	Partener 2 – Universitatea Bucuresti	Diseminarea rezultatelor experimentale obtinute utilizand standul de ardere a combustibilului prelucrat de partenerul P2. Analiza comparativa a rezultatelor numerice si experimentale. Prezentarea planului experimental si a metodologiei de experimentare.	20.05.2021 – 21.05.2021	Stefan Grigorean	600
Total Cec-uri de tip B: Stagii pregatire tineri cercetatori (lei)						600

Director Proiect Complex 32PCCDI/2018,

Dr. ing. Sanda VELEA