

Anexa 10 la Contract nr. 41N /18.01.2023
(anexa la procesul verbal de avizare interna nr. 28/27.09.2024)

Contractor: INCĐ URBAN-INCERC
Cod fiscal : RO26752660

De acord,
DIRECTOR GENERAL
CSI, dr. ing. Claudiu-Sorin DRAGOMIR



Avizat,
DIRECTOR DE PROGRAM
CSIII, ec., dr. ing. Alexandra-Marina BARBU

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: 41N/18.01.2023

Proiectul: Soluții inovatoare sustenabile favorabile implementării tehnologiilor emergente cu impact transversal asupra industriilor locale și mediului și de facilitare a transferului tehnologic, prin dezvoltarea de materiale compozite avansate, eco-inteligente, în contextul dezvoltării durabile a mediului construit

Faza: 7 - Studiu privind identificarea factorilor de influență asupra performanțelor, validare în condiții de laborator și de optimizare teoretică a materialelor geopolimere smart-eco-inovative

Termen de încheiere a fazei: 30.09.2024

1. Obiectivul proiectului:

Contribuții la avansul în știință prin dezvoltarea unor cercetări multi și transdisciplinare, cu impact asupra calității vieții în contextul dezvoltării durabile a mediului construit și creștere a posibilităților de transfer de tehnologie emergentă, prin dezvoltarea de materiale avansate, eco-inteligente, cu capacitate de auto-curățare, ce permit reintegrarea în circuitul economic prin recuperare și reciclare a unor deșeuri și

subproduse industriale concomitent cu exploatarea caracterului specific al unor nanomateriale responsive la factori ambientali.

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:

- Creșterea gradului de cunoaștere din punct de vedere al proceselor și mecanismelor de geopolimerizare (Faza F.1.) și a proceselor și mecanismelor care induc caracterul "smart" al compozitelor (Faza F.2.);
- Reactualizarea bazei de date privind disponibilitatea de materii prime și de deșeuri și subproduse industriale disponibile, care satisfac parametrii relevanți din punct de vedere a compatibilității compoziționale pentru generarea mecanismelor specifice care induc performanțe superioare materialelor eco-inovative (Faza F.3.);
- Creșterea gradului de cunoaștere din punct de vedere al performanțelor fizico-mecanice, durabilitate și de rezistență la solicitare biologică și stabilirea unor metode experimentale de testare specifică materialelor cu proprietăți eco-inovative (Faza F.4.);
- Proiectare compozițională și testare experimentală preliminară a compozițiilor geopolimere smart-eco-inovative (Faza F.5. și Faza F.6.);
- Evidențierea, evaluarea și ierarhizarea factorilor de influență (minim 5) asupra performanțelor materialelor geopolimere smart-eco-inovative (Faza F.7.);
- Optimizarea materialelor geopolimere smart-eco-inovative (minim 2 direcții de optimizare) prin cuantificarea rezultatelor obținute din punct de vedere al performanțelor fizico-mecanice (Faza F.8.) și din punct de vedere al durabilității și rezistenței la solicitare biologică (minim 10 compoziții) (Faza F.9.), precum și identificarea direcțiilor de valorificare și aplicabilitate (Faza F.10.);
- Protejarea drepturilor de autor și pregătirea cadrului favorabil transferului tehnologic (Faza F.11.);
- Realizarea unui ghid de proiectare a materialelor compozite geopolimere smart-eco-inovative (Faza F.12.);
- Machetarea (proiectare, realizare prototip etc.) și testarea într-un mediu relevant a prefabricatelor mici realizate din materiale geopolimere smart-eco-inovative (minim 2 prototipuri) (Faza F.13.)
- Realizarea unui ghid de proiectare și utilizare a produselor compozite geopolimere smart-eco-inovative (Faza F.14.);
- Diseminarea rezultatelor cercetărilor se va realiza în mod continuu, pe parcursul tuturor celor 14 faze ale proiectului.
- Creșterea nivelului de calificare a personalului CD existent și angajări personal CD.

3. Obiectivul fazei:

Obiectivul fazei este acela de a efectua activități de analiză a rezultatelor experimentale în contextul obiectivelor propuse concomitent cu contextul rezultatelor raportate în literatura de specialitate, identificarea factorilor de influență și evaluarea gradului de influență a acestora asupra performanțelor materialelor geopolimere smart-eco-inovative realizate, precum și activitate de analiză și identificare a posibilităților de optimizare a materialelor geopolimere smart-eco-inovative realizate.

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

- Raport de fază.
- Minim 5 factori de influență asupra performanțelor materialelor compozite geopolimere smart-eco-inovative.
- Minim 2 direcții de optimizare a performanțelor materialelor compozite geopolimere smart-eco-inovative

5. Rezumatul fazei:

Obiectivul general al fazei a fost acela de a efectua activități de analiză a rezultatelor experimentale în contextul obiectivelor propuse concomitent cu contextul rezultatelor raportate în literatura de specialitate, identificarea factorilor de influență și evaluarea gradului de influență a acestora asupra performanțelor materialelor geopolimere smart-eco-inovative realizate, precum și activitate de analiză și identificare a posibilităților de optimizare a materialelor geopolimere smart-eco-inovative realizate.

Studiul de față și-a propus să identifice factorii de influență asupra performanțelor materialelor geopolimere smart-eco-inovative, să valideze aceste performanțe în condiții de laborator și să exploreze metode de optimizare teoretică. Cercetarea a avut la bază o abordare interdisciplinară care combină chimia materialelor, ingineria civilă și știința mediului pentru a dezvolta soluții sustenabile de construcție. Prin utilizarea geopolimerilor, se urmărește obținerea de materiale cu proprietăți mecanice superioare, rezistență chimică și termică, dar și capacitatea de a fi personalizate pentru a îndeplini cerințele specifice ale diferitelor aplicații.

Un aspect esențial al acestui studiu a constatat în identificarea factorilor care influențează performanțele geopolimerilor. Printre acești factori se numără tipul și compoziția materialelor de bază utilizate, proporția de activatori alcalini, condițiile de tratament termic etc. Evaluarea influenței acestor parametri a permis identificarea celor mai eficiente combinații pentru îmbunătățirea proprietăților geopolimerilor, atât din punct de vedere mecanic, cât și ecologic.

Studierea influenței factorilor care afectează materialele geopolimere reprezintă o componentă esențială în domeniul cercetării materialelor de construcție, cu implicații majore asupra sustenabilității, performanței mecanice și rezistenței la factori externi. Geopolimerii, o clasă inovatoare de materiale anorganice, reprezintă o alternativă promițătoare la materialele tradiționale, cum ar fi betonul bazat pe ciment Portland, datorită avantajelor lor ecologice și performanței superioare în anumite condiții. Studiarea factorilor care influențează aceste materiale este esențială din mai multe motive fundamentale.

Concluzia acestui studiu arată că, cercetarea influenței diverșilor factori asupra caracteristicilor geopolimerilor, inclusiv raportul dintre agregat și cenușa de termocentrală, concentrația soluției de hidroxid de sodiu (NaOH) în funcție de molaritate, raportul dintre elementele activatorului alcalin ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$), tipul de agregat utilizat în matricea geopolimeră și influența tipului de cenușă utilizată, evidențiază relevanța și actualitatea acestui domeniu de cercetare.

În primul rând, raportul dintre agregat și cenușa de termocentrală s-a dovedit a fi un parametru esențial în obținerea unor geopolimeri cu proprietăți mecanice optime. Controlul acestui raport influențează densitatea și rezistența finală a materialului, fapt ce subliniază importanța optimizării mixului de componente.

De asemenea, concentrația soluției de NaOH în funcție de molaritate are un impact semnificativ asupra procesului de activare alcalină. Studiul a arătat că, concentrațiile mai ridicate de NaOH pot accelera reacțiile chimice, însă pot afecta și integritatea structurală pe termen lung, subliniind necesitatea unui echilibru atent între molaritatea soluției și performanța materialului.

Raportul dintre Na_2SiO_3 și NaOH, componentele activatorului alcalin, influențează în mod direct viteza de întărire și formarea microstructurii geopolimerilor. Un raport echilibrat este esențial pentru a obține materiale cu rezistență ridicată, durabilitate și stabilitate dimensională.

Mai mult, tipul de agregat utilizat în matricea geopolimeră joacă un rol determinant în comportamentul mecanic și rezistența la factori externi, precum îngheț-dezgheț sau atacuri chimice. Diferențele de granulometrie, origine și compoziție a agregatelor afectează atât rezistența la compresiune, cât și durabilitatea generală a materialului.

În cele din urmă, tipul de cenușă utilizată influențează atât reactivitatea, cât și proprietățile finale ale geopolimerilor. Studiul nostru a confirmat că diversitatea compozițională a cenușii de termocentrală afectează în mod direct capacitatea de activare alcalină și, implicit, performanța mecanică a materialului.

Aceste concluzii confirmă faptul că studiul nostru este actual și pertinent, având în vedere nevoia industriei de construcții de soluții sustenabile, performante și eficiente din punct de vedere economic. Diversitatea factorilor analizați oferă o bază solidă pentru optimizarea proceselor de fabricare a geopolimerilor, în special în contextul unei tranziții către practici mai ecologice în construcții.

Materialele geopolimere, apreciate pentru proprietățile lor ecologice și durabilitatea ridicată, au devenit o alternativă promițătoare la materialele de construcție tradiționale, cum ar fi betonul pe bază de ciment. Deși cercetările anterioare au demonstrat potențialul geopolimerilor, optimizarea materialelor deja obținute rămâne esențială pentru a maximiza performanța acestora și a le extinde aplicațiile industriale. Optimizarea geopolimerilor presupune ajustarea caracteristicilor fizico-mecanice, îmbunătățirea durabilității și reducerea costurilor, toate acestea având un impact direct asupra viabilității și utilizării pe scară largă a acestor materiale inovatoare.

- **Îmbunătățirea proprietăților fizico-mecanice**

Primul pas în optimizarea geopolimerilor deja obținuți este îmbunătățirea proprietăților fizico-mecanice ale acestora. Printre parametrii importanți se numără rezistența la compresiune, rezistența la tracțiune și durabilitatea. Aceste caracteristici pot fi ajustate prin mai multe metode:

Modificarea compoziției: În funcție de rezultatele inițiale, modificarea proporțiilor dintre agregate, cenușa de termocentrală și activatorii alcalini poate contribui la îmbunătățirea proprietăților mecanice. De exemplu, ajustarea raportului apă/solid și

optimizarea tipului și mărimii agregatelor pot duce la o densitate mai mare și la o rezistență îmbunătățită.

Utilizarea aditivilor: Introducerea aditivilor, cum ar fi fibrele de armare, plastifiantii sau agenții de întărire, poate modifica semnificativ comportamentul materialului. Fibrele de sticlă sau de carbon, de exemplu, pot îmbunătăți rezistența la tracțiune și duc la o mai bună stabilitate structurală.

Controlul procesului de întărire: Ajustarea condițiilor de întărire, inclusiv temperatura și umiditatea, poate optimiza proprietățile geopolimerilor. De exemplu, întărirea la temperaturi controlate poate accelera procesul de reacție și îmbunătăți structura cristalină a materialului.

- **Îmbunătățirea durabilității și rezistenței la factori externi**

Durabilitatea este o caracteristică esențială pentru geopolimeri, având în vedere utilizarea lor în condiții variate și adesea dificile. Optimizarea durabilității poate fi realizată prin:

Protecția împotriva factorilor externi: Aplicarea de straturi de protecție sau tratamente speciale poate îmbunătăți rezistența geopolimerilor la atacuri chimice, îngheț-dezghet și alte condiții de mediu extreme. De exemplu, tratamentele de etanșare pot reduce porozitatea și pot preveni infiltrarea agenților corozivi.

Testarea și adaptarea materialelor: Testele de durabilitate, inclusiv evaluarea rezistenței la coroziune, la cicluri de îngheț-dezghet și la atacuri chimice, pot oferi informații valoroase despre performanța materialului. Ajustarea compoziției și a procesului de întărire pe baza acestor teste poate contribui la creșterea durabilității.

Reformularea compoziției: Schimbarea tipului de cenușă utilizată sau a altor componente ale geopolimerului poate influența comportamentul materialului în fața diferitelor condiții de mediu. Utilizarea unor materii prime cu proprietăți de rezistență superioară poate contribui la creșterea durabilității.

- **Optimizarea costurilor și eficienței economice**

Pentru a face geopolimerii mai competitivi din punct de vedere economic, optimizarea costurilor este esențială. Acest lucru poate include:

Reducerea costurilor materiilor prime: Utilizarea de materii prime reciclate sau mai ieftine poate reduce costurile de producție. De exemplu, exploatarea deșeurilor industriale ca surse de materii prime poate contribui la scăderea costurilor și la îmbunătățirea sustenabilității.

Eficiența procesului de producție: Optimizarea proceselor de fabricație pentru a reduce consumul de energie și a maximiza eficiența operațiunilor poate reduce costurile. Implementarea unor tehnologii de fabricație mai eficiente și a unor metode de procesare mai rapide poate contribui la reducerea costurilor de producție.

Îmbunătățirea logisticii: Gestionarea eficientă a lanțului de aprovizionare și a logisticii de distribuție poate reduce costurile generale și poate face produsele mai accesibile pe piață. Îmbunătățirea managementului stocurilor și optimizarea transportului sunt aspecte cheie în acest sens.

- **Evaluarea și monitorizarea performanței**

Pentru a asigura succesul optimizărilor implementate, evaluarea și monitorizarea continuă a performanței geopolimerilor sunt esențiale:

Testarea periodică: Testele periodice ale proprietăților fizico-mecanice și ale durabilității sunt necesare pentru a monitoriza eficiența modificărilor. Aceste teste ajută la identificarea eventualelor deficiențe și la ajustarea strategiilor de optimizare.

Feedback-ul utilizatorilor: Colectarea feedback-ului de la utilizatorii finali poate oferi informații valoroase despre performanța materialelor în condiții reale de utilizare. Aceasta poate ghida modificările ulterioare și poate contribui la dezvoltarea unor soluții mai eficiente.

Actualizarea proceselor: Pe baza evaluărilor și a feedback-ului, procesele de fabricație și compoziția materialelor pot fi ajustate pentru a răspunde mai bine cerințelor și pentru a maximiza beneficiile.

În concluzie, optimizarea materialelor geopolimere deja obținute implică o abordare multifacetată care include îmbunătățirea proprietăților fizico-mecanice, creșterea durabilității, reducerea costurilor și evaluarea continuă a performanței. Aceste strategii nu numai că îmbunătățesc performanța materialelor, dar contribuie și la extinderea aplicațiilor lor, făcându-le mai viabile și mai atractive în industria construcțiilor și în alte domenii de aplicare. Prin implementarea unor metode de optimizare bine fundamentate, geopolimerii pot deveni soluții de construcție de vârf, oferind atât performanță excelentă, cât și sustenabilitate economică și ecologică.

Obiectivele viitoare au în vedere activități de optimizare a materialelor geopolimere smart-eco-inovative realizate și cuantificare a performanțelor specifice – analiza performanțelor fizico-mecanice. De asemenea se au în vedere activități de sinteză și diseminare a rezultatelor cercetărilor, concomitent cu creșterea nivelului de înaltă calificare a personalului implicat și a gradului de informare a stakeholder-ilor, precum și activități de documentare, validare și pregătire în vederea protejării drepturilor intelectuale asupra tehnologiei propuse.

Avându-se în vedere cele prezentate, se poate concluziona că **obiectivul fazei**, referitor la *Studiu privind identificarea factorilor de influență asupra performanțelor, validare în condiții de laborator și de optimizare teoretică a materialelor geopolimere smart-eco-inovative a fost îndeplinit în întregime.*

6. Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului

Obiectivele generale urmărite în această etapă a prezentului proiect de cercetare, au fost axate pe activități de analiză a rezultatelor experimentale în contextul obiectivelor propuse concomitent cu contextul rezultatelor raportate în literatura de specialitate, identificarea factorilor de influență și evaluarea gradului de influență a acestora asupra performanțelor materialelor geopolimere smart-eco-inovative realizate, precum și activitate de analiză și identificare a posibilităților de optimizare a materialelor geopolimere smart-eco-inovative realizate.

Referitor la **indicatorii asociați pentru monitorizare și evaluare, diseminarea rezultatelor** aferente curente faze s-au realizat astfel:

- Participarea la iCAN 2024 "The 9th Edition", Toronto, Canada cu următoarea lucrare:
- Mircea-Iosif RUS, Kamer Ainur AIVAZ, THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY, iCAN 2024, Toronto, Canada
- În cadrul salonului de Inventică au fost obținute următoarele premii:
- **Diplomă și medalia de aur** pentru lucrarea: Mircea-Iosif RUS, Kamer Ainur AIVAZ, THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

La finalizarea prezentei faze se consideră că **au fost îndeplinite în întregime obiectivele propuse și au fost obținute rezultatele preconizate.**

Prin urmare, se crează astfel cadrul favorabil pentru continuarea activităților de cercetare teoretică și dezvoltare a activităților de cercetare aplicativă și inovare prevăzute pentru următoarele faze ale proiectului, rezultatele obținute contribuind în mod semnificativ la creșterea calitativă și cantitativă a producției de cunoaștere la nivel național și internațional.

Responsabil proiect

CSII, dr.ing. *Adrian-Victor Lăzărescu*

