



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

Domeniul fundamental Științe Inginerești
Domeniul de specialitate Ingineria Mediului

TEZĂ DE ABILITARE

- REZUMAT -

**Soluții sustenabile pentru reducerea impactului asupra mediului
în industria construcțiilor**

CS I Dr. Ing. Andreea Cristina HEGYI
Institutul Național Pentru Cercetare-Dezvoltare în Construcții, Urbanism și
Dezvoltare Teritorială Durabilă URBAN-INCERC

- Cluj-Napoca -
2025

CUPRINS

INTRODUCERE

REALIZĂRI ȘTIINȚIFICE, PROFESIONALE ȘI ACADEMICE

A. Realizări profesionale și academice

B. Realizări științifice

Capitolul 1. Posibilități de îmbunătățire a performanțelor compozitelor cementoase prin valorificarea proprietăților specifice nanoparticulelor de TiO_2

1.1. Inducerea caracteristicii de hidrofilitate suprafeței materialelor compozite cementoase

1.2. Dezvoltarea capacității de auto-curățare a suprafețelor compozitelor cementoase cu conținut de nanoparticule de TiO_2

1.3. Dezvoltarea capacității de auto-igienizare a suprafețelor compozitelor cementoase cu conținut de nanoparticule de TiO_2

1.3.1. Rezistența la mușgai

1.3.2. Rezistența la bacterii

1.4. Concluzii

Capitolul 2. Dezvoltarea geopolimerilor pe bază de cenușă zburătoare activată alcalin, ca alternativă ecologică pentru materialele de construcții compozite pe bază de ciment

2.1. Caracterizarea materialului geopolimer și evidențierea principalilor factori de influență

2.2. Analiza gradului de protecție la coroziune oferit armăturii de oțel încastrată în matricea geopolimeră

2.3. Concluzii

Capitolul 3. Sisteme ecologice de realizare a construcțiilor vernaculare pe bază de pământ argilos

3.1. Realizarea pereților din elemente semifabricate de argilă nearsă

3.2. Protecția și finisarea prin tencuire a pereților realizați din elemente semifabricate de argilă nearsă

3.3. Creșterea durabilității construcțiilor din elemente semifabricate de argilă nearsă, prin tratament de suprafață

3.4. Evaluarea posibilităților de reciclare a elemente semifabricate de argilă nearsă

3.5. Concluzii

Capitolul 4. Materiale termoizolatoare eco-inovative

4.1. Posibilități de realizare a materialelor termoizolatoare eco-inovative prin reciclarea deșeurilor și valorificarea lânii de oaie

4.2. Studii privind impactul materialelor termoizolatoare eco-inovative asupra calității aerului din spațiul interior

4.3. Studii privind durabilitatea materialelor termoizolatoare eco-inovative

4.4. Studii privind posibilități de îmbunătățire a performanței de durabilitate a produselor termoizolatoare pe bază de lână de oaie

4.5. Concluzii

PLANURI DE EVOLUȚIE ȘI DEZVOLTARE A CARIEREI

Capitolul 5. Concluzii finale

REFERINȚE

LISTA FIGURILOR

LISTA TABELELOR

ANEXE

LISTĂ DE PUBLICAȚII

În teza de abilitare cu titlul „**Soluții sustenabile pentru reducerea impactului asupra mediului în industria construcțiilor**” sunt prezentate principalele realizări profesionale, academice și științifice, ale autoarei, dobândite după obținerea titlului științific de Doctor, în domeniul Ingineriei Materialelor, în anul 2011, în baza Ordinului Ministrului Educației Cercetării, Tineretului și Sportului nr. 6468 din 07.12.2011.

Sectorul construcțiilor și materialelor de construcție au un impact major asupra mediului. Pe de o parte tehnologiile de fabricație și punere în operă sunt consumatoare de resurse, energofage și poluatoare. Pe de altă parte, pe durata de viață a construcțiilor sunt necesare lucrări de întreținere și reparații iar la final, demolarea și eliminarea este un nou proces poluator și consumator de energie. Creșterea durabilității construcțiilor prin utilizarea unor materiale mai performante dar și mai prietenoase cu mediul și cu nevoi mai reduse de întreținere, precum și crearea cadrului favorabil creșterii gradului de reciclare a deșeurilor, reprezintă instrumente utile și eficiente pentru reducerea impactului negativ asupra mediului. Prin urmare, se propune o abordare multilaterală a acestor aspecte, pe patru direcții tematice, așa cum este prezentat în Tab. 1, pentru ca, în final, rezultatul să fie reprezentat de reducerea impactului generat de industria construcțiilor asupra mediului.

Tab. 1. Temele și direcțiile tematice de cercetare abordate

Direcții tematice de cercetare	Contribuții	Impact funcțional, economic, societal și de mediu	Aplicații
REDUCERE A IMPACTULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR ASUPRA MEDIULUI			
Materiale compozitelor cimentoase cu capacitate de auto-curățare și auto-igienizare	Imprimarea proprietăților de auto-curățare și auto-igienizare a suprafeței, pe baza comportamentului specific nanoparticulelor de TiO ₂	Creșterea durabilității, igienei în utilizare și reducerea consumului de materiale și costurilor de întreținere	Elemente prefabricate, de tip panouri de placare, destinate finisării pereților construcțiilor și mortare de tencuială cu rezistență sporită la acțiunea mediului, cu capacitate de auto-curățare și auto-igienizare
Materiale geopolimere - alternativă ecologică pentru materialele compozite cimentoase	Dezvoltarea geopolimerilor prin activare alcalină a materiilor prime locale	Integrarea în circuitul economic a unui sub-produs industrial, în prezent depozitat ca deșeu, reducerea consumului de ciment	Elemente prefabricate, destinate finisării suprafețelor construcțiilor prin placare și elemente prefabricate pentru pavajul zonelor pietonale.
	Creșterea gradului de protecție pe care materialul compozit îl oferă armăturii de oțel încastrată	Creșterea durabilității și a siguranței în exploatare, reducerea consumului de materiale	
nearșă - alternativă ecologică și potrivită pentru	Realizarea elemente prefabricate de realizare a	Reducerea impactului de mediu în etapa de extracție și prelucrare a materiei prime	Sistem complet de zidărie pentru realizarea și finisarea construcțiilor de tip vernacular.

	pereților		
	Obținerea unor materiale de protecție și finisare	Creșterea durabilității, a gradului de siguranță și igienă în exploatare și reducerea consumului de materiale și a costurilor de întreținere	
Materiale termozolante eco-inovative pe bază de lână de oaie, deșeuri textile postindustriale, fibre vegetale și fibre polimerice reciclate	Realizarea materialelor compozite termozolante pe bază de deșeuri reciclate și lână de oaie	Exploatarea unei resurse regenerabile insuficient valorificată, introducerea în circuitul de producție a unor deșeuri, reducerea consumului de energie destinată asigurării climatului interior, creșterea calității aerului din spațiul interior cu impact benefic asupra sănătății utilizatorilor	Produse termozolante de tip prefabricat destinate izolării termice a construcțiilor și, implicit, reducerii consumului de energie.
	Analiza rezistenței la acțiunea mușcăturilor		
	Cuantificarea impactului asupra calității aerului din spațiul interior		
	Evaluarea posibilităților de îmbunătățire a durabilității	Creșterea duratei și siguranței în exploatare, cu extinderea domeniului de utilizare	

Teza de abilitare cu titlul “Soluții sustenabile pentru reducerea impactului asupra mediului în industria construcțiilor” este structurată în trei părți principale. Prima parte prezintă realizările profesionale și academice. În partea a doua sunt prezentate realizările științifice în cadrul temei de cercetare abordate, iar în ultima parte sunt prezentate planurile și perspectivele de dezvoltare a carierei.

În prima parte a lucrării, sunt prezentate sintetic realizările profesionale și academice ce fac parte din cadrul parcursului profesional al candidatei. Din punct de vedere a activității didactice, aceasta se rezumă la activitatea desfășurată în calitate de cadru didactic asociat la Facultatea de Ingineria Materialelor și a Mediului a Universității Tehnice din Cluj-Napoca, Departamentul de Ingineria Mediului și Antreprenoriatul Dezvoltării Durabile unde, începând cu anul 2022, unde au fost desfășurate activități specifice (cursuri, activitate de seminar, activitate de laborator). Activități conexe au fost realizate în calitate de coordonator reprezentant din partea instituției gazdă, pentru studenții care au efectuat stagiul de practică în anul 2023 în cadrul INCD URBAN-INCERC, membru în comisiile de îndrumare a studenților doctoranzi ai Facultății de Construcții a Universității Tehnice din Cluj-Napoca, respectiv calitatea de îndrumător pentru realizarea lucrărilor de licență și disertație a studenților și studenților masteranzi ai Facultății de Ingineria Materialelor și a Mediului a Universității Tehnice din Cluj-Napoca.

Tot în această parte a lucrării este prezentată activitatea de cercetare Astfel, sunt menționate proiectele de cercetare implementate în calitate de director de proiect sau

membru în echipă, o sumarizare a celor mai importante contracte de cercetare având ca beneficiari agenții economici, precum și o listă a lucrărilor în care s-a realizat diseminarea rezultatelor cercetărilor. O activitate intensă a fost desfășurată ca director de proiect al proiectului 449PED / 2020 PN-III-P2-2.1-PED-2019-0463 *Alternativă ecologică la produsele clasice de termoizolare, prin reciclarea cu recuperarea energiei reziduale a deșeurilor textile postindustriale și utilizarea fibrelor vegetale și de lână de oaie (Acronim: ALECOTERMO)* sau ca membru în colectivele de cercetare a 17 proiecte implementate în cadrul INCĐ URBAN-INCERC unde, în prezent, candidata își desfășoară activitatea în prezent în calitate de cercetător științific grad I.

În ceea ce privește diseminarea rezultatelor cercetărilor, după obținerea titlului de doctor în domeniul Ingineria Materialelor în anul 2012, aceasta s-a realizat prin publicarea a 27 lucrări în reviste de specialitate indexate WOS (SCIE) și 10 lucrări în reviste indexate WOS (ESCI), 13 lucrări în volume indexate ISI-Proceedings, 29 lucrări publicate în reviste de specialitate indexate BDI, 4 cărți, 3 capitole în cărți de specialitate și participarea la conferințe, manifestări științifice internaționale, târguri de invenție și inovare, unde s-au obținut peste 70 de premii și medalii.

În cea de-a doua parte a lucrării se abordează interdisciplinar patru direcții tematice, în contextul implementării principiilor Dezvoltării Durabile și Economiei Circulare în sectorul materialelor de construcții. Astfel, Cap. 1-4, care prezintă realizările științifice, sunt structurate astfel încât fiecare abordează una din cele patru direcții tematice:

1. În Cap. 1. este prezentată sinteza studiilor efectuate privind îmbunătățirea performanțelor și inducerea unor performanțe noi compozitelor cementoase, prin exploatarea proprietăților specifice nanoparticulelor de TiO_2 .
2. În Cap. 2. este prezentată sinteza studiilor efectuate privind posibilitățile de reciclare a unor deșeuri și subproduse industriale prin dezvoltarea materialelor de tip geopolimer privite ca posibilă alternativă ecologică pentru compozitele cementoase.
3. În Cap. 3. este prezentată sinteza studiilor efectuate pentru dezvoltarea unor materiale de construcție pe bază de argilă nearsă având ca sursă principală valorificarea tradiției și identității naționale, concomitent cu identificarea posibilităților de creștere a durabilității acestora.
4. În Cap. 4. este prezentată sinteza studiilor efectuate în scopul reciclării deșeurilor textile și de tereftalat de polietilenă (PET) în compozite destinate termoizolării construcțiilor, concomitent cu valorificarea resursei insuficient exploatate de fibre de origine animală – lână de oaie.

În cea de-a treia parte a lucrării se prezintă planurile de evoluție și dezvoltare a carierei.

Direcțiile principale de dezvoltare sunt:

- a) din punct de vedere a activității științifice și de cercetare – cu contribuție directă asupra gradului de cunoaștere în domeniu prin diseminarea rezultatelor cercetărilor:
 1. Dezvoltarea de materiale inovative destinate utilizării în domeniul construcțiilor, în scopul prelungirii duratei de viață a patrimoniului construit și care, prin tehnologia de realizare și / sau performanțele în exploatare, să permită reducerea consumului energetic și de resurse naturale, reciclarea și reutilizarea deșeurilor, reducerea necesităților de întreținere și mentenanță, toate contribuind la un impact redus asupra mediului.
 2. Dezvoltarea de noi tehnici de analiză a performanțelor produselor, care să permită evaluarea precisă a comportamentului și durabilității acestora în mediile de exploatare, inclusiv printr-o abordare interdisciplinară de analiză în medii contaminate cu microorganisme sau alte medii agresive.

b) din punct de vedere a activității didactice

1. Elaborarea de materiale didactice actualizate pentru studenți, masteranzi și doctoranzi și coordonarea parcurșului acestora în cadrul activităților de curs și seminar spre atingerea unui nivel ridicat de competențe în domeniul Ingineriei mediului.
2. Coordonarea studenților în activitatea de cercetare în cadrul studiilor desfășurate pentru realizarea lucrărilor de licență / disertație sau a tezelor de doctorat.

Prin această abordare, teza de abilitare prezintă îmbinarea armonioasă între activitatea de cercetare și activitatea didactică existente în parcurșul profesional al candidatei. Se reușește astfel evidențierea relevanței cercetărilor în domeniul ales, cele două elemente, de cercetare și didactic, devenind unul pentru altul bază solidă de dezvoltare.

Argumentarea încadrării în domeniul de specialitate Ingineria mediului: Industria construcțiilor, deși în plină dezvoltare, reprezintă una dintre industriile cu impact negativ major asupra mediului, atât în fazele de extracție și prelucrare a materiei prime cât și în fazele de execuție, exploatare și post-exploare a construcțiilor. Principiul liniar “extrag-produc-consum-arunc” reprezintă un concept depășit, care s-a dovedit a fi în detrimentul tuturor celor trei piloni de referință ai sustenabilității (de mediu, economic și social). În prezent nu se poate vorbi despre dezvoltare durabilă dacă nu este realizat un echilibru stabil între aceste trei componente. La nivel internațional există o preocupare intensă pentru dezvoltarea de materiale și tehnologii inovative care să permită satisfacerea nevoilor economice și sociale dar să aibă și un impact cât mai redus asupra mediului fie prin reducerea consumului de materii prime și energie, fie prin reducerea poluării, fie prin creșterea duratei de viață a produselor, îmbunătățirea performanțelor acestora și creșterea posibilităților de reciclare și reintegrare în circuitul economic a diverselor deșeuri. Conceptul de *Dezvoltare Durabilă*, așa cum a fost el prezentat în Raportul Brundtland din 1987 al Comisiei mondiale pentru mediu și dezvoltare „*Viitorul nostru comun*”, se definește ca fiind “*dezvoltarea care satisface nevoile prezentului fără a compromite capacitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile nevoi*”. Se apreciază astfel că nevoile societale vor induce o continuă dezvoltare a mediului construit, iar dezvoltarea unor materiale de construcție inovative, sustenabile și cu durabilitate sporită prin una sau mai multe preformanțe îmbunătățite și / sau care permit reciclarea și revalorificarea unor deșeuri, mai prietenoase cu mediul, reprezintă o necesitate stringentă. Anual, Global Footprint Network calculează data „World Overshoot Day” – “Ziua Depășirii Resurselor Pământului”, care reprezintă ziua în care omenirea a consumat posibilitățile oferite de planeta pentru un an, din acel moment, până la finalul anului, noi, oamenii, consumând “pe datorie” niște resurse pe care planeta nu ni le poate pune la dispoziție cu viteza cu care reușim să le consumăm. În anul 2025 această dată a fost 24 iulie (din 25 iulie până în 31 decembrie, omenirea consumă resurse peste puterea de producere a planetei). În anul 2024 această dată a fost 1 august, în 2023 – 2 august ș.a.m.d. După cum se observă, perioada în care omenirea reușește să depășească posibilitățile planetei scade de la an la an, și “datoria planetară” se cumulează continuu, ceea ce este o problemă alarmantă și care ar trebui să dea de gândit tuturor domeniilor de activitate. În cazul de față, industria construcțiilor contribuie alarmant de mult la consumul anual de resurse și la creșterea impactului negativ asupra mediului, astfel că, doar și această problemă ar trebui să fie suficientă pentru argumentarea și sublinierea motivației demersului de cercetare în corelație cu domeniul de inginerie a mediului.

Relevanța și originalitatea lucrării constă în îmbinarea interdisciplinară a cercetărilor în domeniul materialelor de construcții cu conceptele de sustenabilitate și durabilitate a mediului construit, continuu corelate cu aspecte privind impactul asupra mediului, concomitent cu evaluarea implicațiilor asupra siguranței și sănătății populației. Deși, aparent,

cele patru direcții tematice abordate par a fi unilaterale, toate sunt răspund aceluiași obiectiv major: *“satisfacerea nevoilor societale prezente fără afectarea posibilității generației viitoare de a-și satisface propriile nevoi”*. Nu în ultimul rând, prin abordarea metodologiei de cercetare aplicativă, lucrarea prezintă un înalt nivel de interdisciplinaritate. Astfel, în scopul atingerii obiectivelor de cercetare, sunt utilizate metode de cercetare experimentală specifice mai multor domenii: construcții și materiale de construcții, electrochimie, analiză microstructurală, chimie și microbiologie, toate adaptate nevoilor induse de specificitatea materialelor analizate. Toată toate aceste dovedesc un grad ridicat de originalitate și demonstrează multilateralitatea dezvoltării profesionale a candidatei.