



UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI

Facultatea: MECANICĂ ȘI MECATRONICĂ
Departament: ECHIPAMENTE PENTRU PROCESE INDUSTRIALE
Școala doctorală: INGINERIE MECANICĂ ȘI MECATRONICĂ

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

**"CERCETĂRI PRIVIND CARACTERISTICILE MECANICE ȘI
FONOABSORBANTE ALE UNOR STRUCTURI COMPOZITE
ARMATE CU FIBRE SAU CU PARTICULE"**

**"RESEARCHES ON THE MECHANICAL AND SOUND
ABSORBING CHARACTERISTICS OF COMPOSITE
STRUCTURES REINFORCED WITH FIBERS OR PARTICLES"**

Autor: NIȚU (SPÂNU) SILVIA - ANDREEA
Conducător științific: Prof. univ. emerit dr. ing. IATAN RADU

BUCUREȘTI 2023



UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI

Facultatea: MECANICĂ ȘI MECATRONICĂ
Departament: ECHIPAMENTE PENTRU PROCESE INDUSTRIALE
Școala doctorală: INGINERIE MECANICĂ ȘI MECATRONICĂ

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

**”CERCETĂRI PRIVIND CARACTERISTICILE MECANICE ȘI
FONOABSORBANTE ALE UNOR STRUCTURI COMPOZITE
ARMATE CU FIBRE SAU CU PARTICULE”**

**"RESEARCHES ON THE MECHANICAL AND SOUND ABSORBING
CHARACTERISTICS OF COMPOSITE STRUCTURES REINFORCED
WITH FIBERS OR PARTICLES"**

Autor: NIȚU (SPÂNU) SILVIA - ANDREEA

Conducător științific: Prof. univ. emerit dr. ing. IATAN RADU

Comisia de doctorat

Președinte	Prof. univ. dr. ing. DONȚU OCTAVIAN	de la	Universitatea POLITEHNICA din București
Conducător de doctorat	Prof. univ. emerit dr. ing. IATAN I. RADU	de la	Universitatea POLITEHNICA din București
Referent	Prof. univ. emerit dr. ing. BRATU POLIDOR	de la	Universitatea DUNAREA DE JOS din Galați Membru al Academiei de Științe Tehnice din România
Referent	Prof. univ. dr. ing. PAVEL CRISTIAN	de la	Universitatea TEHNICĂ de CONSTRUCȚII din București
Referent	Conf. dr. ing. VASILE OVIDIU	de la	Universitatea POLITEHNICA din București

BUCUREȘTI 2023

CUPRINS

TEMATICA	p. T / p. R
CUVÂNT ÎNAINTE.....	7
LISTĂ FIGURI.....	8
LISTĂ TABELE.....	12
INTRODUCERE	13/7
C A P I T O L U L 1. ISTORICUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE. CAUZE, EFECTE ȘI SOLUȚII TEHNICE PENTRU DIMINUAREA EFECTELOR SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ASUPRA OMULUI.....	16/9
1.1. Istoricul schimbărilor climatice.....	16
1.1.1. Generalități.....	16
1.1.2. Cauzele și efectele schimbărilor climatice.....	17
1.2. Deșeuri.....	18
1.2.1. Generalități.....	18
1.2.2. Metode de tratare a deșeurilor.....	18
1.2.2.1. Colectarea și transportul deșeurilor.....	18
1.2.2.2. Tratarea biologică a deșeurilor.....	20
1.2.2.3. Tratarea mecanică a deșeurilor.....	22
1.2.2.3.1. Tehnici de mărunțire a deșeurilor.....	22
1.2.2.3.2. Tehnici de sortare a deșeurilor	24
1.2.2.4. Tratarea bio-mecanică a deșeurilor.....	24
1.2.3. Reciclarea deșeurilor.....	25
1.2.3.1. Situația actuală privind reciclarea deșeurilor....	25
1.2.3.2. Tendințe și avantaje privind reciclarea deșeurilor.....	26
1.2.4. Deșeurile în contextul schimbărilor climatice.....	26
C A P I T O L U L 2. ACUSTICA ȘI IMPACTUL ZGOMOTELOR ASUPRA SĂNĂTĂȚII OAMENILOR.....	27/11

NIȚU (SPÂNU) SILVIA ANDREEA – Cercetări privind caracteristicile mecanice și fonoabsorbante ale unor structuri compozite armate cu fibre sau cu particule

2.1. Poluarea mediului înconjurător.....	27
2.1.1. Generalități.....	27
2.1.2. Poluarea apei.....	27
2.1.2.1. Generalități.....	27
2.1.2.2. Epurarea apelor uzate.....	28
2.1.3. Poluarea fonică.....	29
2.1.4. Poluarea solului.....	29
2.1.5. Poluarea aerului.....	30
2.2. Zgomotul.....	30
2.2.1. Generalități.....	30
2.2.2. Zgomotul în IMM-uri.....	31
2.2.3. Sisteme de încălzire, de ventilare și de condiționare a aerului. Zgomote de bază.....	32
2.2.3.1. Zgomotul produs de ventilatoare.....	33
2.2.3.2. Zgomotul produs de sistemele de distribuire a aerului.....	33
2.3. Oscilații și unde acustice.....	34
2.3.1. Oscilații.....	34
2.3.1.1. Oscilator linear armonic ideal.....	35
2.3.1.2. Oscilații amortizate.....	35
2.3.2. Unde.....	36
2.3.2.1. Generalități.....	36
2.3.2.2. Undele mecanice.....	36
2.3.2.2.1. Generalități.....	36
2.3.2.2.2. Ecuația undei.....	36
2.3.2.2.3. Energia transportată de unde.....	37
2.3.2.2.4. Dispersia undelor. Viteza de grup.....	37
2.4. Impactul zgomotelului asupra sănătății oamenilor și legislația specifică.....	38
2.4.1. Generalități.....	38
2.4.2. Legislație specifică.....	40
2.4.3. Metode pentru reducerea/combaterea zgomotului.....	41
C A P I T O L U L 3. PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR COMPOZITE.....	42/14

NIȚU (SPÂNU) SILVIA ANDREEA – Cercetări privind caracteristicile mecanice și fonoabsorbante ale unor structuri compozite armate cu fibre sau cu particule

3.1. Generalități.....	42
3.1.1. Istoricul materialelor compozite.....	42
3.1.2. Materialelor compozite: clasificare.....	44
3.2. Componenta materialelor compozite.....	45
3.2.1. Matricea materialelor compozite.....	45
3.2.1.1. Materiale compozite cu matrice nemetalică.....	46
3.2.1.1.1. Materiale compozite cu matrice polimerică.....	46
3.2.1.1.1.1. Formarea panourilor de tip fagure.....	46
3.2.1.1.1.2. Presare la cald.....	46
3.2.1.1.1.3. Presare la rece.....	46
3.2.1.1.1.4. Formarea prin stratificare continuă.....	47
3.2.1.1.1.5. Turnarea sub presiune.....	47
3.2.1.1.1.6. Formarea prin pulverizare continuă.....	47
3.2.1.1.2. Obținere compozitelor cu matrice ceramice.....	47
3.2.1.1.3. Metode de obținere a materialelor compozite cu matrice de tip carbon-carbon.....	47
3.2.1.2. Metode de obținere a materialelor compozite cu matrice metalică.....	48
3.2.2. Armăturile materialelor compozite.....	48
3.2.2.1. Armături cu particule dispersate.....	48
3.2.2.2. Armături din fibre.....	48
3.3. Acustica materialelor compozite.....	49
3.3.1. Proprietățile mecanice deținute de materialele compozite..	49
3.3.2. Proprietățile fizice deținute de materialele compozite.....	49
3.3.3. Proprietățile fonice și termice deținute de materialele compozite.....	49
3.3.3.1. Proprietăți fonice.....	50
3.3.3.2. Proprietăți termice.....	50
C A P I T O L U L 4. OPINII UZUALE PRIVIND EVALUAREA SOLICITĂRII MAXIME CAPABILE DE PRELUARE DE CĂTRE MATERIALELE COMPOZITE.....	51/15
4.1. Introducere.....	51

NIȚU (SPÂNU) SILVIA ANDREEA – Cercetări privind caracteristicile mecanice și fonoabsorbante ale unor structuri compozite armate cu fibre sau cu particule

4.2. Compozite armate cu fibre lungi.....	52
4.2.1. Matrice din materiale cu lungiri maxime inferioare celor ale fibrelor (matrice polimerică sau metalică).....	52
4.2.2. Încărcarea maximă admisă la solicitarea de întindere după o direcție oarecare raportată la orientarea fibrelor lungi.....	53
4.2.3. Încărcarea maximă admisă la întindere pe o direcție perpendiculară pe fibre.....	53
4.2.4. Stabilitatea de formă a compozitului la comprimare în lungul fibrelor.....	54
4.2.5. Limita de elasticitate la comprimare în direcție perpendiculară pe cea a fibrelor.....	55
4.2.6. Rezistența compozitului la întindere transversală, la comprimare transversală și la forfecarea fibrelor.....	56
4.2.7. Notații.....	56
4.3. Compozite armate cu fibre tocate sau cu particule.....	57
4.3.1. Rezistența la întindere a compozitelor armate cu fibre tocate.....	57
4.3.2. Rezistența mecanică a compozitelor cu particule.....	60
4.3.3. Rezistența mecanică a compozitelor cu fibre whiskers/mustăți/filamente.....	62
C A P I T O L U L 5. MATERIALELE COMPOZITE ÎN CONTEXTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE.....	64/19
5.1. Avantajele și dezavantajele materialelor compozite.....	64
5.2. Domeniile de utilizare a materialelor compozite.....	64
5.3. Reciclarea materialelor compozite.....	66
5.4. Efectele mediului înconjurător asupra materialelor compozite.....	66
5.5. Efectele materialelor compozite asupra mediului înconjurător.....	67
C A P I T O L U L 6. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND OBȚINEREA UNOR PLĂCI COMPOZITE CU PROPRIETĂȚI FONOABSORBANTE.....	69/21
6.1. Introducere.....	69
6.2. Materialele utilizate pentru obținerea compozitelor fonoabsorbante și caracteristici acustice.....	71
6.2.1. Relații de calcul privind unele caracteristici ale acusticii...	71
6.2.1.1. Amplitudinea.....	71
6.2.1.2. Frecvența.....	72

NIȚU (SPÂNU) SILVIA ANDREEA – Cercetări privind caracteristicile mecanice și fonoabsorbante ale unor structuri compozite armate cu fibre sau cu particule

6.2.1.3. Impedanța acustică specifică.....	72
6.2.1.4. Propagarea undelor în materiale solide.....	72
6.2.1.5. Densitatea energiei acustice.....	73
6.2.1.6. Intensitatea acustică.....	74
6.2.1.7. Determinarea coeficientului (ponderat) de absorbție acustică.....	75
6.2.1.7.1. Evaluare teoretică.....	75
6.2.1.7.2. Determinare experimentală.....	82
6.2.1.8. Nivelul de presiune acustică.....	85
6.2.1.9. Nivelul de intensitate acustică.....	85
6.2.1.10. Nivelul de putere acustică.....	86
6.2.1.11. Reducerea nivelului global de zgomot.....	86
6.2.2. Materiale de bază utilizate pentru obținerea compozitelor testate.....	86
6.2.2.1. Coji tuia.....	86
6.2.2.2. Coji nuci.....	87
6.2.2.3. Coji fistic.....	88
6.2.2.4. Rumeguș.....	88
6.2.2.5. Coji semințe de dovleac.....	88
6.2.2.6. Coji semințe de floarea soarelui.....	89
6.2.3. Liant.....	89
6.2.3.1. Cimentul.....	89
6.2.3.2. Ipsosul.....	90
6.2.4. Alte materiale necesare pentru obținerea compozitelor....	91
6.3. Metodologia de realizare a compozitelor obținute în cadrul experimentului.....	91
6.4. Determinarea proprietăților fonoabsorbante prezentate de compozitele obținute în cadrul experimentului.....	92
6.4.1. Prezentarea sistemului acustic utilizat pentru determinarea coeficientului de absorbție, coeficientului de reflexie și raportului de impedanță a sunetului pentru compozitele obținute în cadrul experimentului.....	92

NIȚU (SPÂNU) SILVIA ANDREEA – Cercetări privind caracteristicile mecanice și fonoabsorbante ale unor structuri compozite armate cu fibre sau cu particule

6.4.2. Prezentarea rezultatelor experimentale obținute și interpretarea acestora.....	93
6.4.2.1. Rezultatele experimentale obținute.....	93
6.4.2.2. Interpretarea rezultatelor obținute.....	100
6.2. Determinări comparative nivel sunet.....	106
6.5.1. Descrierea experimentului.....	106
6.5.2. Echipamentele utilizate.....	106
6.5.3. Rezultate și interpretare.....	107
C A P I T O L U L 7. CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PROPRII ȘI PERSPECTIVE.....	111/31
7.1. Concluzii finale.....	111
7.2. Contribuții proprii.....	112
7.3. Perspective.....	114
BIBLIOGRAFIE GENERALĂ.....	115/34
ANEXA NR. 1. ABSTRACT TEZĂ.....	138
ANEXA NR. 2. LISTĂ LUCRĂRI PUBLICATE.....	139
ANEXA NR. 3. LUCRĂRI PUBLICATE ÎN EXTENSO.....	149

INTRODUCERE

Actualitatea subiectului tezei

Actualmente se depun mari eforturi pentru identificarea unor soluții optime în cazul gestionării deșeurilor și a reducerii emisiilor de dioxid de carbon produse de diverse surse [49, 68 – cap. 2].

Problematica schimbărilor climatice este studiată intens de către cercetători, studii în urma cărora au apărut numeroase articole științifice ce abordează atât factorii care au dus la apariția acestor fenomene, cât și potențialele metode de adaptare la schimbările climatice și diminuarea efectelor acestora asupra omului și mediului înconjurător. Schimbările climatice pot fi determinate atât de cauze naturale, cât și de cauze antropice [1 - cap. 1].

În viața umană, în etapa actuală, un interes deosebit îl constituie poluarea fonică. Zgomotul produs în exteriorul unei locuințe, unei hale industriale sau a unui spațiu comercial, de către un echipament reprezintă o problemă însemnată pentru sănătatea populației. Printre principalele surse care produc zgomotul de mediu se regăsesc următoarele activități umane: traficul rutier, lucrările publice, traficul feroviar, aerian și alte activități umane desfășurate în diferite ramuri ale industriei.

Studiile elaborate în domeniu arată faptul că intensitatea zgomotului stradal și cel din locuințele oamenilor depășește, de cele mai multe ori, valorile maxime admise, ceea ce duce la apariția afecțiunilor cardiovasculare, neuropsihice și chiar a unui disconfort total al organismului atât uman, cât și cel al altor viețuitoare care trăiesc în aceste zone. Poluarea sonoră poate fi produsă de cauze naturale, cum ar fi: cutremure, erupții vulcanice etc.

Poluarea poate fi produsă și de cauze artificiale, cum ar fi: activităților umane, în special transportul și activitățile industriale, acestea fiind zgomote puternice și de lungă durată ce depășesc valorile maxime admise de legislația în domeniu. Oamenii interpretează în mod diferit zgomotul, însă cu toții sunt afectați negativ de intensitatea ridicată a zgomotelor; se ajunge, chiar, și la producerea unor traumatisme ale aparatului auditiv [37 - cap. 2].

O soluție pentru diminuarea cantității de deșeuri și a nivelului de zgomot, precum și protejarea omului și a mediului înconjurător ar putea să fie crearea unor materiale compozite noi din materiale obținute prin reciclarea deșeurilor.

Conceptul de material compozit nu reprezintă o noutate, este chiar un concept vechi din punct de vedere istoric. După anul 1970, materialele compozite au început să fie utilizate frecvent în multe domenii economice, pentru automobile, articole sportive sau în medicină etc. [1 - cap. 3].

Materialele compozite au apărut în contextul necesității înlocuirii celor de bază existente: feroase sau neferoase, materiale ce nu dețin cele mai optime caracteristici în ceea ce privește: metodele de obținere și prelucrare, domeniile de utilizare, costurile sau masele. Aceste materiale prezintă proprietăți anizotrope, iar prin metoda de obținere și prelucrare permit utilizarea celor mai bune caracteristici deținute de materialele din care sunt produse [3 - cap. 3].

În concluzie, materialele compozite obținute și studiate în cadrul prezentei teze reprezintă un subiect de actualitate, aceste materiale reprezentând viitorul în materie de resurse.

Importanța subiectului tezei

În contextul problemelor existente la nivel global privind schimbările climatice, poluarea mediului înconjurător și riscul de îmbolnăvire a populației este necesar să se identifice soluții optime pentru combaterea acestora.

Conform studiilor de specialitate, în prezent materialele compozite sunt din ce în ce mai utilizate în diverse domenii, datorită proprietăților mecanice și fizice superioare deținute de acestea [17-21 - cap. 3]. Materialele compozite dețin, totodată, proprietăți fonice și termice, fapt dovedit științific, de-a lungul timpului, prin numeroase cercetări experimentale efectuate în acest domeniu [22 – 23 - cap. 3].

Caracteristicile materialelor compozite se evidențiază prin avantaje din punct de vedere al factorului de deformare termică, al modulelor de elasticitate volumetrică, transversală sau longitudinală, al procentelor masice, al conductibilității termice, al proprietăților termice sau al rezistenței mecanice la compresiune sau la tracțiune [2 - 8- cap. 3].

În concluzie, materialele compozite prezintă un mare avantaj, respectiv faptul că există posibilitatea modularii proprietăților acestora și astfel, se pot obține o varietate de materiale cu proprietăți superioare și cu diverse utilizări.

Obiectivele generale ale tezei

Prezenta lucrare de cercetare abordează posibilitatea obținerii unor structuri compozite din deșeuri care prezintă proprietăți mecanice superioare și un coeficient crescut de absorbție a sunetului, de diferite dimensiuni și compoziții. Determinarea coeficientului de absorbție în cadrul cercetării experimentale realizată în prezenta teză s-a efectuat prin intermediul tubului Kundt. Rezultatele prezentate de structurile biocompozite obținute și studiate indică faptul că valorile coeficientului de absorbție a sunetului sunt direct influențate de natura materialelor din componență, dar și de grosimea acestora. Din interpretarea rezultatelor obținute reiese faptul că materialele compozite dețin proprietăți fonoabsorbante și se pot realiza din acestea panouri fonoabsorbante ce pot fi utilizate în diferite domenii cu scopul diminuării nivelului zgomotului.

Pentru îndeplinirea obiectivelor dorite, teza este structurată astfel:

- identificarea stadiului actual din literatura de specialitate aferentă domeniului ales spre cercetare;
- procurarea și prelucrarea materialelor necesare pentru obținerea probelor experimentale;
- realizarea probelor experimentale;
- supunerea probelor experimentale obținute la tubul Kundt în vederea determinării valorilor coeficientului de absorbție a sunetului pentru fiecare probă în parte;
- înregistrarea și prelucrarea datelor obținute;
- interpretarea rezultatelor obținute de către fiecare probă experimentală obținută și evaluată în prezenta teză;
- întocmirea unor articole științifice sau comunicări în cadrul unor conferințe pentru diseminarea rezultatelor obținute.

Partea experimentală a lucrării/tezei este structurată în două etape, respectiv: prima etapă cuprinde stabilirea metodologiei de obținere a probelor experimentale (compozițe, grosime, cantitate), iar a doua etapă cuprinde colectarea și interpretarea datelor obținute prin supunerea probelor la tubul Kundt și diseminarea acestor rezultate.

C A P I T O L U L 1

ISTORICUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE. CAUZE, EFECTE ȘI SOLUȚII TEHNICE PENTRU DIMINUAREA EFECTELOR SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ASUPRA OMULUI

1. 1. Istoricul schimbărilor climatice

1. 1. 1. Generalități

Schimbările climatice reprezintă o **problemă** complexă cu implicații la **nivel global** [1].

În prezent omenirea se confruntă cu fenomenul de încălzire globală apărut în special datorită activităților antropice, ceea ce evidențiază faptul că oamenii se confruntă în realitate cu două probleme, respectiv: cu identificarea unor soluții optime pentru diminuarea emisiilor nocive și totodată identificarea unor soluții optime pentru adaptarea atât a omului, cât și a ecosistemelor naturale la efectele schimbărilor climatice [2].

Emisiile de CO_2 au cea mai mare contribuție la producerea cantității totale de emisii agresive; ca urmare trebuie să se acorde mai multă importanță investițiilor în noi tehnologii și în îmbunătățirea eficienței energetice, în conștientizarea societății umane privind consumul responsabil al tuturor resurselor naturale și în obținerea unor materiale substituente prin metoda de reciclare a deșeurilor [3].

1. 1. 2. Cauzele și efectele schimbărilor climatice

Creșterea cantității de noxe ca urmare a activităților oamenilor au ca efect direct creșterea temperaturii medii globale. Aceste emisii, deși permit pătrunderea energiei solare, nu permit și eliberarea acesteia din atmosferă. Prin urmare, se înregistrează o semnificativă creștere a temperaturii la nivel global ceea ce duce la producerea unor fenomene extreme cum ar fi: topirea ghețarilor, creșterea nivelului mării, inundații și chiar secete în anumite regiuni [5]. Printre activitățile care conduc la creșterea volumului emisiilor nocive se enumeră: consumul excesiv care generează mari cantități de deșeuri, creșterea animalelor și descompunerea dejecțiilor acestora, industria transporturilor, defrișări necontrolate etc. [6].

Efectele **schimbărilor climatice** sunt resimțite la nivel global, din ce în ce mai intens, cu fiecare an ce trece, ceea ce duce la necesitatea de a se depune eforturi de către toate statele lumii pentru a se identifica **soluții** pentru adaptarea la aceste schimbări.

1. 2. Deșeuri

1. 2. 1. Generalități

Cantitatea **deșeurilor** generată de activitățile umane reprezintă o **problemă** care a fost conștientizată încă din secolul trecut, moment în care s-a constatat că metodele de tratare ale acestora, cum ar fi **incinerarea și depozitarea nu sunt eficiente. Reciclarea materialelor** care intră în componența deșeurilor **reprezintă o metodă mai eficientă și mai prietenoasă cu mediul exterior**. Principalele motive caracteristice reciclării au în vedere avantajul economic și diminuarea cantității de materii prime naturale utilizată în activitățile umane [17].

Gestionarea deșeurilor reprezintă o problemă necesară la nivel global, pe de o parte prin creșterea cantității lor, cât și prin impactul negativ pe care îl pot avea.

În Europa colectarea deșeurilor se face sub sigla celor trei R (Reducere, Refolosire și Reciclare). În România inițiativa nu a dat rezultatele scontate.

1. 2. 2. Metode de tratare a deșeurilor

1. 2. 2. 1. Colectarea și transportul deșeurilor

Pentru procesul de colectare a deșeurilor sunt importante: frecvența de ridicare a deșeurilor, volumul și tipul de container și combinația containerelor, acești factori influențând direct calitatea și cantitatea materialelor reciclabile. Pentru materialele reciclabile colectarea este selectivă, în recipiente separate [26].

Transportul deșeurilor se clasifică în două categorii, transport de mică distanță (de la sursă la instalația de eliminare sau de transfer) și stație de transfer și transport de mare distanță, de la instalația de reciclare, eliminare sau tratare/ stație de transfer la o instalație centrală de reciclare, eliminare sau tratare. Transportarea deșeurilor se realizează prin intermediul căilor feroviare, căilor navale sau căilor de transport rutier. În România există 3 tipuri de transport după gradul de încărcare al autovehiculelor. Astfel de mijloace pentru transportarea deșeurilor trebuie să poată încărca o cantitate cât mai mare, argumentată de aspectele economice.

Modalitatea de colectare și transport a deșeurilor deține un rol important în cadrul procesului de reducere a cantității de deșeuri prin intermediul reciclării acestora.

1. 2. 2. 2. Tratarea biologică a deșeurilor

Tratarea biologică poate să fie considerată o metodă de reciclare având în vedere că rezultatul tratării biologice este ”compostul”, iar acesta poate să fie folosit ca îngrășământ pentru terenurile agricole sau ca o etapă de pre-tratare a deșeurilor anterioară procesului de depozitare sau incinerare. Totodată se poate obține și biogaz aplicând digestia anaerobă. În urma aplicării digestiei anaerobe a deșeurilor rezultă un amestec de gaze, cum ar fi: metan și dioxid de carbon [28].

Tratarea biologică a deșeurilor prezintă numeroase avantaje atât pentru mediul înconjurător cât și pentru sănătatea oamenilor, contribuind la diminuarea cantității de deșeuri existentă la nivel global prin obținerea unor îngrășăminte naturale pentru soluri sau prin obținerea biogazului [35].

1. 2. 2. 3. Tratarea mecanică a deșeurilor

1. 2. 2. 3. 1. Tehnici de mărunțire a deșeurilor

Mărunțirea deșeurilor reprezintă procesul prin care unități cu volum mare sunt transformate în unități cu volum mic sub acțiunea forțelor mecanice [36].

Indiferent de proprietățile deținute de către deșeurile solide, de tipul de forță care acționează asupra lor sau de echipamentul utilizat, etapa de mărunțire ocupă un loc important în procesul de tratare mecanică a deșeurilor.

1. 2. 2. 3. 2. Tehnici de sortare a deșeurilor

Procedeele tehnice utilizate pentru separarea dimensională, optică, magnetică, densimetrică, manuală a deșeurilor sunt redată detaliat în lucrările [39, 40].

Instalațiile de sortare au ca scop separarea din amestecuri de deșeuri a fracțiilor ce pot fi reciclate, cum ar fi: hârtie, PET-uri, sticlă, carton, lemn și metale [25].

1. 2. 2. 4. Tratarea bio-mecanică a deșeurilor

Pentru tratarea biologică a deșeurilor pot fi folosite mai multe combinații de tehnologii în funcție de cantitățile, proprietățile chimice și fizice deținute de către deșeuri. În final rezultă

material biostabilizat pentru depozite care consumă o mare proporție din spațiul depozitului, compost de proastă calitate, biogaz pentru generarea căldurii și a electricității [42, 43].

Tratarea bio-mecanică a deșeurilor reprezintă o metodă eficientă de tratare ce contribuie la diminuarea cantității de deșeuri existentă la nivel global precum și la protecția atât a mediului înconjurător cât și a sănătății omenirii.

1. 2. 3. Reciclarea deșeurilor

1. 2. 3. 2. Tendințe și avantaje privind reciclarea deșeurilor

O problemă importantă a omenirii în momentul de față o constituie gestionarea deșeurilor. Există tendința bine recunoscută de reciclare a deșeurilor, cu avantajele recunoscute unanim [50-56]. În Europa se dorește reducerea atât a cantităților de deșeuri depozitate, cât și a numărului de depozite existente [35].

Identificarea și implementarea unor metode de tratare a deșeurilor pentru valorificarea energetică și a materialelor reprezintă o preocupare de actualitate la nivel global.

1. 2. 4. Deșeurile în contextul schimbărilor climatice

La nivel global se depun eforturi intense pentru identificarea unor soluții optime în cazul gestionării deșeurilor și a reducerii emisiilor de dioxid de carbon, produse de diverse surse [49,68].

Deșeurile ar putea fi folosite eficient ca surse de noi materii prime. În acest fel se poate reduce cantitatea de materii prime naturale, extrase și prelucrate. Transformarea deșeurilor într-o resursă importantă implică, pe de altă parte, eliminarea depozitelor și, totodată, blocarea transporturilor ilegale.

Se poate concluziona faptul că managementul deșeurilor reprezintă o componentă importantă în contextul schimbărilor climatice.

C A P I T O L U L 2

ACUSTICA ȘI IMPACTUL ZGOMOTELOR ASUPRA SĂNĂTĂȚII OAMENILOR

2.1. Poluarea mediului înconjurător

2.1.1. Generalități

Poluarea reprezintă un proces complex care poate introduce în aer, sol sau subsol, produse gazoase, lichide sau solide, în general dăunătoare sau nocive [1].

Infestarea apei produce reacții biologice nedorite asupra omului, în special, dar și asupra plantelor și animalelor. Starea solului cu apă infestată influențează sursele de apă, atât cele de suprafață cât și cele subterane. Nu se poate neglija impurificarea aerului cu gaze sau cu particule solide, respectiv cu lichide [2].

2.1.2. Poluarea fonică

Vibrațiile particulelor unui mediu se concretizează prin intermediul sunetelor transmise sub forma unor unde elastice. Factorii care influențează propagarea sunetelor sunt: distanța, obstacolele întâlnite, sursa de zgomot și atmosfera. Zgomotul reprezintă o suprapunere dezordonată a mai multor sunete, acesta poate fi rezultatul atât a unor cauze naturale, dar și antropice cum ar fi: oameni, mijloace de transport, utilaje, etc. Zgomotul, are efecte negative, în special asupra omului [13].

În prezent se constată o tendință de creștere a nivelului de zgomot datorat dezvoltării ramurilor industriei și prin urmare ambianța în care populația își desfășoară activitatea și sănătatea acestora sunt afectate în mod negativ din ce în ce mai mult [16].

2.2. Zgomotul

2.2.1. Generalități

Printre principalele surse care produc zgomotul de mediu se regăsesc următoarele activități umane: traficul rutier, lucrările publice, traficul feroviar, aerian sau activități umane desfășurate în diferite ramuri ale industriei.

Nivelul zgomotului și a presiunii sonore se poate măsura cu ajutorul echipamentului denumit ”sonometru”. Acesta poate determina nivelul zgomotului atât în locuințele oamenilor, centre comerciale, clădiri de birouri, cât și în halele industriale.

Pentru protejarea omului și a mediului înconjurător este necesară o monitorizare continuă a nivelului zgomotului. Având în vedere faptul că zgomotul de mediu se regăsește peste tot și că populația nu se poate feri de acesta, duce la nevoia identificării unor soluții optime pentru reducerea nivelului, astfel încât populația să nu fie afectată [23].

2.2.2. Zgomotul în IMM-uri

Pentru a nu se produce vătămarea aparatului auditiv și pentru protecția angajaților din IMM-uri s-a stabilit un nivel maxim al zgomotului, respectiv 87 dB(A), reglementat prin legislație [26].

Pentru a se asigura de menținerea nivelului de zgomot sub pragul maxim admis de lege și pentru reducerea acestuia în cazul în care se depășește pragul, angajatorii trebuie să folosească unele soluții: evaluarea factorilor de risc și în funcție de rezultatul acestor evaluări să implementeze măsuri de prevenire a acestor riscuri, analizarea periodică a măsurilor implementate pentru a se verifica eficacitatea acestora [27].

2.3. Oscilații și unde acustice

2.3.1. Oscilații

Mișcarea oscilatorie reprezintă o mișcare periodică, care se reia cu regularitate la intervale egale de timp, fiind una dintre cele mai cunoscute mișcări din natură. Sistemele oscilante prezintă două modele operaționale simple. Primul model operațional este pendulul matematic, respectiv un corp de mici dimensiuni, suspendat în câmpul gravitațional de un fir sau o tijă de masă neglijabilă. Cel de-al doilea model operațional este reprezentat de pendulul elastic, respectiv un corp legat de capătul unui resort de masa neglijabilă [30].

2.3.2. Unde

2.3.2.1. Generalități

”Undele sunt definite ca fiind propagarea în timp și în spațiu a unei perturbații. Se realizează transportarea energiei de la locul producerii către spațiul exterior. Undele pot fi clasificate în funcție de natura lor în [33]”: unde mecanice, unde gravitaționale și unde electromagnetice.

2.3.2.2. Undele mecanice

2.3.2.2.1. Generalități [33]

Undele mecanice se deosebesc de celelalte tipuri de unde prin faptul că acestea se propagă numai în medii continue (lichide, solide, gaze). Atunci când particulele mediului oscilează, acestea antrenează în oscilație și particulele situate în vecinătatea lor. Oscilația se propagă de la o particulă la alta (particula vecină).

2.3.2.2.2. Ecuația undei [33]

Unda este definită de expresia matematică:

$$\psi(x) = \psi(x + \lambda), \quad (2.6)$$

2.3.2.2.3. Energia transportată de unde [34]

Perturbația, în procesul de propagare generează un transfer de energie și nu un transfer de substanță. Densitatea medie a energiei undei, respectiv ω , energia unității de volum a mediului în care se propagă unda, este exprimată prin relația:

$$\omega = \frac{1}{2} \rho \omega^2 A^2 \quad (2.7)$$

Fluxul energetic al undei, respectiv W , ce trece printr-o suprafață oarecare în unitatea de timp este exprimat prin relația:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = S v \omega, \quad (2.8)$$

2.3.2.2.4. Dispersia undelor. Viteza de grup [34]

Propagarea unui mulțimi de unde de frecvență apropiată între ele formează un pachet de unde sau un grup de unde.

Viteza de mișcare a unui punct de amplitudine constantă (**Fig. 2. 10**), este exprimată prin relația următoare:

$$d\omega t - dkx = constant \quad (2.9)$$

Prin derivare în raport cu timpul, se stabilește viteza de grup, v_g , a pachetului de unde:

$$v_g = \frac{dx}{dt} = \frac{d\omega}{dk} \quad (2.10)$$

2.4. Impactul zgomotului asupra sănătății oamenilor și legislația specifică

2.4.1. Generalități

În prezent **poluarea fonică** a devenit una dintre principalele forme de poluare datorită faptului că **afectează sănătatea oamenilor**, uneori, chiar a unei mase numeroase de oameni. Oamenii interpretează în mod diferit zgomotul în funcție de sănătate sau vârstă, însă cu toții sunt afectați negativ de intensitatea ridicată a zgomotelor, ajungându-se chiar și la producerea unor traumatisme ale aparatului auditiv [37].

2.4.2. Legislație specifică

La nivelul Uniunii Europene există numeroase directive de reglementare a zgomotului, printre care [49]:

- Directiva 2002/49/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 25 iunie 2002 privind evaluarea și gestiunea zgomotului ambiental.
- Directiva (UE) 2015/996/UE a Comisiei din 19 mai 2015 de stabilire a unor metode comune de evaluare a zgomotului.
- Directiva (UE) 2020/367 modifică anexa III la Directiva 2002/49/CE a Parlamentului European și a Consiliului.

2.4.3. Metode pentru reducerea/combateră zgomotului

Un rol esențial, în ceea ce privește gradul de poluare atmosferică, generală, dar și în ceea ce privește **gradul de poluare fonică, îl au activitățile umane**. Este necesar ca determinarea valorilor poluanților atmosferici și nivelul sunetului din diverse zone să se realizeze cu echipamente specifice, conform standardelor de profil. Pot fi identificate măsuri concrete pentru poluanți ai mediului înconjurător și elaborarea unui cadru legal cât mai optim [51 - 52].

CAPITOLUL 3

PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR COMPOZITE

3.1. Generalități

3.1.1. Istoricul materialelor compozite

”Materialele compozite se obțin prin amestecarea a două sau mai multe componente distincte. Rezultă materiale finale cu proprietăți superioare celor inițiale” [2].

Materialele compozite au apărut în contextul necesității înlocuirii materialelor de bază existente: feroase sau neferoase, materiale ce nu dețin cele mai performante caracteristici în ceea ce privește: metodele de obținere și de prelucrare, domeniile de utilizare, costurile sau masele. Aceste materiale prezintă proprietăți anizotrope, iar prin metoda de obținere și prelucrare permit valorificarea celor mai bune caracteristici deținute de materialele inițiale din care sunt produse [3].

3.2. Componenta materialelor compozite

3.2.1. Matricea materialelor compozite

Printre componentele materialelor compozite se identifică *”matricea”*. Aceasta este o componentă care deține un rol important în obținerea și caracterizarea materialelor compozite și totodată influențează proprietățile materialelor compozite prin natura și structura acesteia.

3.2.2. Armăturile materialelor compozite

O altă componentă a materialor compozite este reprezentată de armătură. Aceasta, ca și matricea deține un rol important în obținerea materialelor compozite, întrucât aceasta asigură ranforsarea matricei. Armăturile sunt clasificate în literatura de specialitate în particule și fibre [12].

3.3 Acustica materialelor compozite

Materialele compozite reprezintă o nouă sursă de materiale. Aceste materiale sunt obținute pe cale artificială, prin amestecul a cel puțin doi constituenți și dețin proprietăți superioare celor existente.

3.3.1. Proprietățile mecanice deținute de materialele compozite

Materialele compozite dețin următoarele proprietăți mecanice [16]: **rezistență** la solicitarea unor forțe exterioare; **elasticitatea** - deformarea sub acțiunea unor forțe exterioare și revenirea la forma inițială când acestea nu mai acționează; **duritatea** - proprietatea de a se opune pătrunderii unui corp străin pe suprafața exterioară; etc.

3.3.2. Proprietățile fizice deținute de materialele compozite

Materialele compozite dețin următoarele proprietăți fizice [16]: **densitatea materialului, conductibilitatea termică, culoarea, dilatarea, rezistența la corodare**, etc.

3.3.3. Proprietățile fonice și termice deținute de materialele compozite

3.3.3.1. Proprietăți fonice

Proprietățile fonice sunt stabilite în funcție de absorbția sunetului. Pentru ca materialele compozite să dețină proprietăți fonoabsorbante, gradul de absorbție trebuie să fie cât mai aproape de unitate, pe un interval cât mai larg de frecvență.

3.3.3.2. Proprietăți termice

Analiza comportamentului termoizolant al plăcilor biocompozite realizată în diverse experimentări științifice a dus la obținerea unor valori pentru rezistența termică crescute și o valoare a coeficientului global specific de izolare termică mai mică decât coeficientul global normat de izolare termică [31 - 33].

C A P I T O L U L 4

OPINII UZUALE PRIVIND EVALUAREA SOLICITĂRII MAXIME CAPABILE DE PRELUARE DE CĂTRE MATERIALELE COMPOZITE

4. 1. Introducere

Viața umană uzuală a condiționat permanent găsirea unor bunuri de consum favorabile, care nu de puține ori impun un mare grad de complexitate, în condiții diverse de lucru. Acest lucru nu se poate obține fără conceperea unor echipamente industriale performante, din punctul de vedere al prelucrării materiilor prime, în condiții nu de puține ori dificile din punctul de vedere al atacului chimic, mecanic și termic, singulare sau combinate.

Materialele clasice, naturale, limitate cantitativ sau pentru a căror fabricare este necesar un consum ridicat de energie, sunt înlocuite din ce în ce mai mult cu materiale compozite. Astfel, aceste materiale au fost numite “**materiale compozite**”, “**materialele viitorului**”, “**materiale din generația a doua**”, respectiv “**materiale din generația a treia**”. Trebuie remarcat faptul că astfel de materiale au o structură în care componentele își păstrează identitățile, chiar și după procesul de formare.

4. 2. Compozite armate cu fibre lungi

4. 2. 1. Matrice din materiale cu lungiri maxime inferioare celor ale fibrelor (matrice polimerică sau metalică)

În cele ce urmează se accepta ipoteza că ambele componente ale compozitului au aceeași deformație elastică (în cazul existenței unui contact excelent între materialul matricei și fibre).

În această grupare se găsesc compozitele refractare a căror distrugere este influențată în mod direct de lungirea materialului matricei. Pentru contactul dintre fibre și matrice, poate fi utilizată egalitatea [56, 57, 68, 71]:

$$(\sigma_{fm})_M = E_f \cdot (\varepsilon_{tm})_M, \quad (4.1)$$

în care sunt implicate rezistența admisibilă la întindere a fibrelor, deformația specifică maximă a materialului matricei, respectiv modulul de elasticitate longitudinală a materialului fibrelor.

Lucrarea [45], referindu-se la structuri din beton armat cu fire din oțel, indică următoarea relație pentru evaluarea rezistenței de rupere:

$$\sigma_{cr} = A \cdot \sigma_m \cdot (1 - p_{vf}) + B \cdot \sigma_f \cdot (l_f / d_f), \quad (4.2)$$

care poate fi valorificată pentru compararea cu rezistența minimă, când începe deteriorarea cimentului:

$$(\sigma_{cr})_m = A \cdot \sigma_{mr} \cdot (1 - p_{vf}) + B \cdot \sigma_f \cdot (l_f / d_f), \quad (4.3)$$

respectiv rezistența maximă, caz în care se rup toate firele metalice din conținut:

$$\left(\sigma_{cr}\right)_M = A \cdot \sigma_{mr} \cdot (1 - p_{vf}) + B \cdot \sigma_{fr} \cdot (l_f / d_f). \quad (4.4)$$

Analizând structura expresiilor anterioare se constată că cel mai bun compozit este cel cu fibre al căror modul de elasticitate longitudinală are valoarea cea mai mare.

4. 2. 2. Încărcarea maximă admisă la solicitarea de întindere după o direcție oarecare raportată la orientarea fibrelor lungi

Rezistența de rupere $(\sigma_c^\theta)_{xmax}$, pentru o direcție oarecare θ , raportată la orientarea fibrelor, poate fi evaluată cu relația [9, 16, 59, 60, 68]:

$$\left(\sigma_c^\theta\right)_{xmax} = \frac{1}{\frac{(\cos \theta)^4}{\left(\sigma_c\right)_{xmax}^2} + \frac{(\sin \theta)^4}{\left(\sigma_c\right)_{ymax}^2} + (\cos \theta)^2 \cdot (\sin \theta)^2 \cdot \left[\frac{1}{\tau_{fR}^2} + \frac{1}{\left(\sigma_c\right)_{xmax}^2}\right]} \quad (4.9)$$

în care se află orientarea fibrelor, direcția perpendiculară pe fibre și tensiunea de rupere prin forfecare în planul fibrelor.

4. 2. 3. Încărcarea maximă admisă la întindere pe o direcție perpendiculară pe fibre

Tensiunea/rezistența limită de elasticitate a compozitului $(\sigma_c^{tr})_{xM}$, fibrele și matricea având un comportament liniar, poate fi stabilită cu egalitatea [1, 6, 12, 68]:

$$\left(\sigma_c^{tr}\right)_{xM} = \left(\sigma_m\right)_{el} \cdot \left[\left(E_c\right)_{tr} / E_m\right] \cdot \left(1 - \sqrt[3]{p_{vf}}\right). \quad (4.10)$$

Lungirea specifică a compozitului $(\varepsilon_c)_{tr}$, după o direcție perpendiculară pe cea a fibrelor, se poate calcula cu formula [6, 43, 68]:

$$\left(\varepsilon_c\right)_{tr} = \varepsilon_m \cdot \left(1 - \sqrt[3]{p_{vf}}\right). \quad (4.11)$$

Lucrările [12, 62, 68] prezintă următoarea relație de calcul pentru cazul de solicitare menționat:

$$\left(\sigma_c\right)_{tr} = \left[1 - \left(\sqrt{p_{vf}} - p_{vf}\right) \cdot \left(1 - E_m / E_2\right)\right] \cdot \sigma_{mt}. \quad (4.12)$$

4.2.4. Stabilitatea de formă a compozitului la comprimare în lungul fibrelor

Prin comprimarea compozitului, fibrele componente se pot deforma [63, 68], după unul sau altul dintre cele două moduri reprezentative (Fig. 4. 1). Unele fibre rezistă foarte puțin la o atare solicitare (exemplu este dat de fibrele de kevlar).

Primul mod de flambare (Fig. 4. 1.) se poate produce pentru un procent volumetric de armare mai mic de 30%, caz în care matricea rezistă la solicitarea de întindere - comprimare. În cel de al doilea mod de flambare matricea are un procent volumetric de armare mai ridicat, caz în care aceasta rezistă la forfecare [1, 6, 16]. Justificarea, pentru fiecare structură, este dată de rezultatele experimentale întreprinse [6, 9, 68].

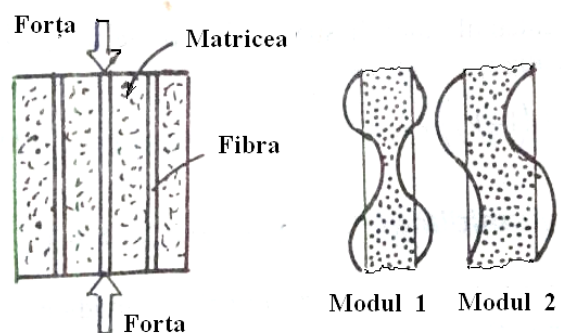


Fig. 4. 1. Moduri de flambare a fibrelor lungi ale compozitului [1, 6, 17, 68]

Pentru o solicitare **la comprimare a unui compozit armat cu fibre lungi**, evaluarea tensiunii limită de elasticitate pentru acest caz se poate evalua cu expresia (Fig. 4. 1 - Modul 1 de deformare) [17, 23, 29, 64, 65, 68]:

$$(\sigma_c)_{el}^f = 1,155 \cdot p_{vf} \cdot \sqrt{p_{vf} \cdot E_f \cdot E_m / (1 - p_{vf})}, \quad (4.13)$$

atribuită lui **Rosen W. B.** [23, 64] și, independent, lui **Scheuerch H.** [23].

Pentru modul 2 de deformare - Fig. 4. 1, lucrările [17, 23, 68] propun expresia:

$$(\sigma_c)_{el}^f = G_m / (1 - p_{vf}), \quad (4.15)$$

4. 2. 5. Limita de elasticitate la comprimare în direcție perpendiculară pe cea a fibrelor

Lucrările [29, 61, 68] indică următoarea relație de calcul al tensiunii/rezistenței la comprimare transversală pentru compozitul armat unidirecțional cu fibre:

$$(\sigma_c)_{com} = \left[1 - \left(\sqrt{p_{vf}} - p_{vf} \right) \cdot \left(1 - E_m / E_2 \right) \right] \cdot \sigma_{mc}. \quad (4.21)$$

Asemănător cu expresia anterioară, poate fi folosită pentru solicitarea de forfecare exprimarea [29]:

$$\tau_c^{com} = \left[1 - \left(\sqrt{p_{vf}} - p_{vf} \right) \cdot \left(1 - E_m / E_2 \right) \right] \cdot \tau_{mc}, \quad (4.22)$$

în care sunt prezente τ_c^{com} , τ_{mc} – tensiunile de forfecare pentru compozit și pentru materialul matricei.

Lucrarea [6] prezintă egalitatea de mai jos pentru evaluarea tensiunii de forfecare în planul 1 – 2, limită, considerând tensiunea de forfecare a fibrelor și a matricei, respectiv procentele volumetrice conținute de compozit:

$$(\tau_{12})_{lim} = \tau_f \cdot p_{vf} + \tau_m \cdot p_{vm}. \quad (4.23)$$

4. 2. 6. Rezistența compozitului la întindere transversală, la comprimare transversală și la forfecarea fibrelor

Pentru astfel de solicitări, tensiunile induse în matrice și în fibre sunt echivalente [6] cu observația ca tehnologia de fabricare să respecte cu strictețe cerințele impuse. Este evident faptul că proprietățile compozitului armat cu fibre, sub acțiunea unor astfel de solicitări, depind de valorile limită, de rezistența mecanică ale materialului matricei. Nu trebuie trecut cu vederea faptul că la solicitarea la întindere transversală a fibrelor, tensiunile admisibile sunt superioare celor corespunzătoare materialului matricei [6].

4. 3. Compozite armate cu fibre tocate sau cu particule

4. 3. 1. Rezistența la întindere a compozitelor armate cu fibre tocate

Pentru un compozit cu umplutură / armătură dispersată, tensiunea/rezistența de întindere se poate calcula cu relația [15, 49, 77, 82]:

$$\sigma_{tc} = 2 \cdot \sigma_{tf} \cdot p_{vf} \cdot \left(2 - l_{cf} / l_f\right) + \sigma_{tm} \cdot (1 - p_{vf}), \quad (4.25)$$

Lucrarea [79] oferă pentru tensiunea/rezistența de întindere din fibre discontinue, pe lungimea lor, următoarea exprimare (Cox H. L. – 1952):

$$\sigma_f = E_f \cdot \varepsilon_1 \cdot \left\{1 - ch \left[\beta \cdot (l_f / 2 - x) \right] / ch \left(\beta \cdot l_f / 2 \right)\right\}, \quad (4.27)$$

4. 3. 2. Rezistența mecanică a compozitelor cu particule

Tensiunea/rezistența mecanică critică este aproximativ egală cu rezistența de curgere a materialului care, la rândul său, depinde de gradul de dispersare a fazei secundare (“faza minoritară” [55, 82]). Legătura dintre participația volumetrică a particulelor (ceramice) p_{vp} , raza (eventual echivalentă) r și distanța dintre acestea este de forma [15, 82, 83]:

$$\lambda = r \cdot \sqrt[3]{4,19 / p_{vp}}. \quad (4.44)$$

Rezistența de rupere a compozitului prin forfecare τ_{rc} se poate exprima cu relația [15, 82, 83]:

$$\tau_{rc} = 3 \cdot \tau_p \cdot (p_{vp})^n, \quad (4.45)$$

Având în vedere structura unui compozit cu particule, lucrarea [84], pentru astfel de elemente slab legate (contact redus între particule și matrice), prezintă relația (Danusso F., Tieghi G. - 1986; Levita G., Marchetti A., Lazzeri A. – 1989):

$$\sigma_{tc} = \sigma_m \cdot (1 - p_{vp}), \quad (4.46)$$

cea ce arată o scădere a capacității portante a compozitului, odată cu sporirea conținutului de particule. Argumentul este acela că ariile active din matrice se diminuează cu creșterea numărului de particule. În aceeași ordine de idei, introducând și efectul formei particulelor, precum și modul lor de aranjare, prin prezența coeficienților a și b , egalitatea anterioară se modifică corespunzător (Nicolais L., Narkis M., Nicodemo L. - 1971, 1974) [84]:

$$\sigma_{tc}^* = \sigma_m \cdot \left[1 - a \cdot (p_{vp})^b\right], \quad (4.47)$$

dezvoltată de Bigg D. M. (1987), prin introducerea coeficienților c și d , cu valori alese corespunzătoare cazului practic (pentru o mai bună predicție a rezistenței compozitului):

$$\sigma_{tc}^* = \sigma_m \cdot \left[1 - a \cdot (p_{vp})^b + c \cdot (p_{vp})^d\right]. \quad (4.48)$$

Tot în lucrarea menționată sunt date și alte relații pentru evaluarea stării de solicitare dintr-un compozit cu particule (Tabelul 4. 1.).

4. 3. 3. Rezistența mecanică a compozitelor cu fibre whiskers/mustăți/filamente

Conform lucrării [85], în cazul compozitelor care conțin ca material de umplutură (în unele situații cu rol de duritate sporită, conducând la utilizarea compozitelor în realizarea

sculelor polizoare, de exemplu) sub formă de filamente, rezistența la rupere a acestora este influențată pozitiv, așa cum arată expresia:

$$\sigma_{rc} = \sigma_f \cdot \sqrt{\left\{ p_{vf} \cdot r / \left[B \cdot (1 - v_f^2) \right] \right\} \cdot (E_c / E_f) \cdot (e_m / e_f)}, \quad (4.61)$$

Rezultatele obținute prin experimentări, ilustrate de articole sau de teze de doctorat, pot aduce certitudini pentru utilizări practice și în cazul structurilor acceptate pentru izolare fonică sau termică. În altă ordine de idei pot fi evaluate stările de tensiuni dezvoltate în plăci compozite cu fibre tocate sau cu particule înglobate în structura diferitelor echipamente industriale, în funcție de sistemele de rezemare, pentru aflarea stărilor limită, admisibile [75, 76, 86, 87].

CAPITOLUL 5

MATERIALELE COMPOZITE ÎN CONTEXTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE

5.1. Avantajele și dezavantajele materialelor compozite

Materialele compozite sunt obținute printr-un proces de amestec a cel puțin două materiale diferite. Prin acest proces sunt obținute materiale cu caracteristici fizice, mecanice și chimice superioare celor deținute individual de materialele din structura compozitelor [1].

Astfel, materialele compozite prezintă **o serie de avantaje**, după cum urmează [9, 10]:

- prezintă rezistență la coroziune și oxidare;
- capacitate ridicată de amortizare a vibrațiilor;
- consum energetic scăzut;
- masa volumetrică mică raportată la masa metalelor;
- durabilitate mare;
- utilizare la scară largă, acestea putând fi utilizate în diferite ramuri industriale;
- coeficient de dilatare mic raportat la metale;
- rezistență la șoc ridicată;
- rezistență la temperatură ridicată;
- siguranță sporită în funcționare.

Deși prezintă numeroase avantaje, materialele compozite prezintă și **dezavantaje**, după cum urmează [9]:

- în general materialele compozite prezintă o comportare liniară, până la rupere;
- procesul materialelor compozite termorigide de reconvertire în materia primă din care au fost obținute este un proces dificil;
- procesul de reciclare este de asemenea unul dificil, în funcție de metoda aleasă, anumite materiale se pot pierde;
- grad crescut de inflamabilitate.

5.2. Domeniile de utilizare a materialelor compozite

Datorită proprietăților superioare deținute de materialele compozite, acestea pot fi utilizate în diferite domenii, după cum urmează [11 - 17]: **domeniul construcției autovehiculelor, domeniul aerospațial, domeniul construcțiilor navale, domeniul construcțiilor, domeniul medical, domeniul transporturilor, domeniul telecomunicațiilor și electronicii, domeniul sportului.**

5.3. Reciclarea materialelor compozite

Pentru **reciclarea și reutilizarea materialelor compozite** se utilizează numeroase **metode** la nivel global, printre care [18]:

- O metodă de reciclare a deșeurilor din materiale compozite armate constă în mărunțirea acestora, în dimensiuni de $2 - 5 \text{ mm}^2$.

- O altă metodă de reciclare a deșeurilor din materiale compozite constă în tratarea acestora la temperaturi înalte, până la descompunere termică, respectiv piroliza. Materialul obținut din reciclarea materialelor compozite utilizând această metodă este o pudră fină ce poate fi utilizată pentru realizarea altor materiale compozite.

- O altă metodă de reciclare a deșeurilor din materiale compozite este reprezentată de conversia catalitică. Această metodă constă în mărunțirea mecanică a deșeurilor până în momentul în care acestea devin fluide, apoi sunt amestecate cu catalizatorul, la presiune și temperaturi ridicate. Prin această metodă de tratare a deșeurilor pot fi obținute fibrele de carbon cu proprietăți similare cu cele deținute de fibrele inițiale.

- O altă metodă de reciclare a deșeurilor din materiale compozite este reprezentată de incinerare.

- Prin reciclarea deșeurilor compozite preimpregnate și laminate pot fi recuperate diferite fibre de armare, respectiv: fibre de sticlă, de Kevlar sau de carbon. Recuperarea acestor fibre este importantă deoarece acestea reprezintă un pericol pentru mediul înconjurător, întrucât prezintă o perioadă de absorbție îndelungată și totodată aceste fibre au un cost ridicat.

Reciclarea deșeurilor din materiale compozite reprezintă un **subiect de interes actual**. Numeroase institute și universități depun eforturi pentru crearea unui mediu propice inovației tehnologice în scopul cercetării și identificării unor metode optime de reciclare [19].

5.4. Efectele mediului înconjurător asupra materialelor compozite

Mediul exterior al materialelor compozite influențează în mod direct proprietățile, structura și procesul de prelucrare a materialelor compozite. Printre componentele mediului exterior care au o influență asupra materialelor compozite se regăsesc următoarele [20]: **coroziunea și temperatura**.

Proprietățile deținute de materialele compozite sunt influențate și de factorii asociați cu mediul înconjurător, cum ar fi [22]:

- **Expunerea materialelor compozite la lumină operatoare sau ambientală.**
- **Intensitatea luminii la care sunt supuse materialele compozite.**

Materialele compozite sunt influențate de mediul înconjurător, mai exact de acțiunile exercitate de către factorii mediului înconjurător. Aceste acțiuni pot produce numeroase deteriorări ale materialelor compozite, cum ar fi: ruperea fibrelor, deteriorarea matricei prin crăpare sau fisurare, desprinderea fibrelor de matrice, etc. [23].

5.5. Efectele materialelor compozite asupra mediului înconjurător

Materialele compozite contribuie la diminuare cantității de deșeuri, cu efect pozitiv asupra mediului înconjurător. De exemplu, lemnul compozit are un impact pozitiv asupra mediului înconjurător, întrucât re folosirea acestuia sub forma de material compozit duce la salvarea pădurilor, diminuarea cantității de noxe emise de procesul de producție și totodată reprezintă o soluție de lungă durată datorită durabilității acestuia, dar și un grad de rezistență crescut la expunerea la lumină, ceea ce face ca lemnul compozit să nu își modifice culoarea sau structura prin expunere îndelungată la soare [26].

CAPITOLUL 6

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND OBTINEREA UNOR PLĂCI COMPOZITE CU PROPRIETĂȚI FONOABSORBANTE

6. 1. Introducere

Dezvoltarea economică mondială, nu întotdeauna bine coordonată, a condus și la unele dezechilibre cărora natura trebuie să le facă față. În acest sens, schimbările climatice au un impact major asupra mediului înconjurător și asupra condițiilor social-economice [1].

Este necesar să se acorde o atenție sporită materialelor compozite pe bază de fibre naturale sau vegetale datorită faptului că a fost dovedită fiabilitatea acestora în timp și, totodată, datorită faptului că ele provin din surse regenerabile, putând fi amplasate în diferite tipuri de amestecuri [4, 48, 72, 85, 103, 122, 125, 130].

Scopul acestei cercetări experimentale este acela de a se obține materiale compozite din deșeuri și de a se determina proprietățile fonoabsorbante deținute de acestea, respectiv determinarea: coeficientului de absorbție, coeficientului de reflexie și raportului de impedanță. Implicit, se dorește identificarea unor soluții pentru reducerea cantității de deșeuri existente la nivel global și a gradului de poluare fonică. Panourile fonoabsorbante obținute sunt destinate a fi utilizate în diverse industrii pentru a reduce intensitatea zgomotului sau cu scopuri decorative și de absorbție a sunetului, în zone aglomerate, precum cinematografe, mall-uri și spa-uri [11, 12, 73, 74, 102].

Având în vedere problemele generate de nivelul ridicat de zgomot, se poate spune că descoperirea de noi materiale compozite cu proprietăți de absorbție a sunetului este o prioritate pentru domeniul cercetării și dezvoltării [17, 18].

6. 2. 1. Relații de calcul privind unele caracteristici ale acusticii

6. 2. 1. 3. Impedanța acustică specifică

Reprezintă rezistența mediului la propagarea sunetului. Se notează cu $Z(X)$ și se exprimă prin raportul dintre valoarea presiunii acustice specifică $p(x)$ și valoarea vitezei particulei $v(x)$ ($Z(X) = p_x / v_x$ - îndreptată către interiorul probei), într-un punct x al sistemului acustic.

6. 2. 1. 4. Propagarea undelor în materiale solide

Propagarea undelor se face în mediu transversal sau longitudinal (moleculele își transmit energia moleculelor vecine, manifestându-se o serie de comprimări și extensii alternative) [40, 42, 44 - 46].

a) Viteza undelor longitudinale

Viteza caracteristică undelor longitudinale c_l se prezintă sub forma (formula lui *Newton I.*; n. 1643 - d. 1727) [47, 117]:

$$c_l = \sqrt{E / \rho_0}, \quad (6.4)$$

ρ_0 reprezentând densitatea materialului.

b) Viteza undelor transversale [40, 84, 90, 91, 92]

În acest caz viteza de propagare c_t rezultă sub forma:

$$c_t = \sqrt{G / \rho_0}; \quad 0,5 \cdot E / (\mu + 1). \quad (6.6)$$

6. 2. 1. 6. Intensitatea acustică

Intensitatea acustică I este valoarea medie a fluxului de energie, raportată la unitatea de arie sau la unitatea de timp, adică [35, 44, 47, 48]:

$$I = \frac{d \bar{\varphi}_w}{d S} = \bar{E} \cdot c = \frac{P_M^2}{2 \cdot \rho_0 \cdot c^2}, \quad [\text{W/m}^2] \quad (6.15)$$

c sau v semnificând deplasarea frontului de undă în unitatea de timp.

În funcție de **presiunea maximă** (p_M), intensitatea acustică are expresia [35]:

$$I = 0,5 \cdot \frac{P_M^2}{\rho \cdot c}, \quad (6.17)$$

respectiv:

$$I = 0,5 \cdot v_M^2 \cdot \rho \cdot V, \quad (6.18)$$

în care intervine viteza particulelor materiale în structura mediului.

6. 2. 1. 7. Determinarea coeficientului (ponderat) de absorbție acustică

6. 2. 1. 7. 1. Evaluare teoretică

Coeficientul (ponderat) de absorbție acustică este utilizat pentru a aprecia capacitatea unui material de a absorbi sunetul [30, 31, 48].

Când o undă sonoră ajunge pe un material, energia acesteia se împarte în trei părți. Energia care ajunge pe material este cea incidentă (E_i), o parte din această energie este reflectată (E_r) în timp ce o parte din energie este absorbită/disipată (E_a) în material. Restul energiei este cea transmisă (E_t) de partea cealaltă a materialului, așa cum reiese din **Fig. 6. 1.** [115, 119, 120]:

$$E_i = E_r + E_a + E_t. \quad (6.20)$$

Coeficientul (ponderat) de absorbție acustică poate fi evaluat cu relația [35]:

$$\alpha = \frac{E_i - E_r}{E_i} = \frac{E_a + E_t}{E_i}, \quad (6.21)$$

cu valori cuprinse între 0 și 1,0.

Coeficientul (ponderat) de absorbție acustică ia valori între 0 (unda sonoră este reflectată de suprafața întâlnită) și 1,0 (toată energia este absorbită sau transmisă mai departe).

6. 2. 1. 7. 2. Determinare experimentală

Pentru a caracteriza proprietățile fonoabsorbante ale unui material, metodele de măsurare utilizate sunt [35, 43]:

- Metoda camerei de reverberație.
- Metoda tubului de impedanță.

Metoda tubului de impedanță (**Fig. 6. 2**) cuprinde două variante standard folosite pentru măsurarea coeficientului de absorbție acustică la incidență normală: metoda *raportului de undă staționară* [31, 52] și metoda *funcției de transfer* [30, 31, 33, 61].

Metoda *funcției de transfer* presupune utilizarea unui interferometru acustic, două poziții ale microfonului și a unui sistem de analiză digitală în frecvență. Metoda este limitată la studii parametrice la incidență normală, necesitând probe din obiectul supus încercării, de

aceeași mărime, cu secțiunea transversală a interferometrului acustic. Domeniul de frecvență utilizabil depinde de lungimea tubului și de distanța dintre pozițiile microfoanelor [54].

Metoda se bazează pe faptul că, în acest caz, nivelul absorbției sunetului poate fi determinat din funcția de transfer măsurată H_{12} între două poziții ale microfonului aflat în fața materialului supus încercării (Fig. 6. 3).

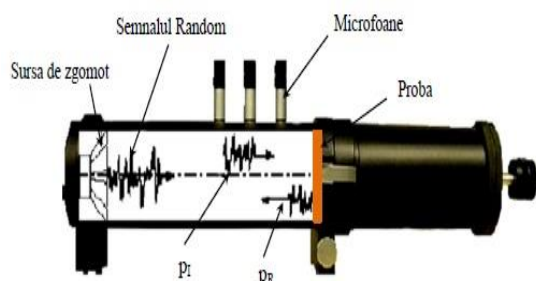


Fig. 6. 2. Prezentarea tubului de impedanță cu două microfoane [35, 53]

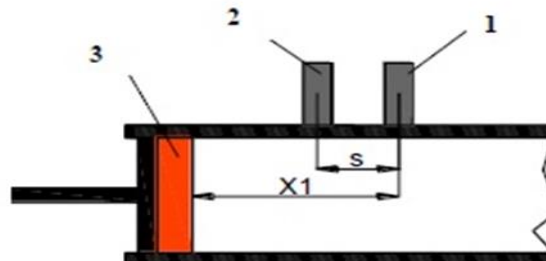


Fig. 6. 3. Poziția microfoanelor față de probă [35, 43]

Notă: Pentru determinarea coeficientului de reflexie r , a admitanței $G = 1/Z$ și a impedanței Z se iau în calcul valorile măsurate pentru lungimea de undă acustică λ_0 și distanța $x_{min,1}$ a primului minim de presiune acustică față de planul de referință $x = 0$.

Notă: Prin urmare, coeficientul (ponderat) de absorbție a sunetului este definit de raportul dintre energia sonoră absorbită E_a de mediul prin care trece unda și energia unei incidente E_i [32]:

$$\alpha = E_a / E_i . \quad (6. 45)$$

Pentru compozitele obținute în cadrul experimentului, supuse la *Tubul Kundt* [68] cu scopul efectuării determinărilor coeficientului de absorbție a sunetului la intervalul de frecvențe: 0 Hz- 3200 Hz, se poate calcula și coeficientul mediu de reducere a zgomotului, pentru frecvențele 800 Hz, 2000 Hz și 3200 Hz utilizând următoarea relație de calcul:

$$NRC = (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) = \alpha_m \quad (6. 46)$$

6. 2. 1. 11. Reducerea nivelului global de zgomot

Se calculează cu relația [35, 56 – 58]:

$$\Delta L = 10 \cdot \log (A / A_0), \quad (6. 55)$$

unde A reprezintă aria suprafeței echivalente de absorbție acustică, după aplicarea tratamentului acustic; A_0 - aria suprafeței echivalente de absorbție acustică, fără tratament acustic.

6.2.2. Metodologia de realizare a compozitelor obținute în cadrul experimentului

În cadrul prezentului experiment au fost realizate 15 materiale compozite cu diametrul de 63 mm și cu diferite dimensiuni de grosime: 6 bucăți cu grosimea de 20 mm, 6 bucăți cu grosimea de 40 mm și 3 bucăți cu grosimea de 60 mm. Aceste probe (Fig. 6. 11) au fost obținute la temperatura camerei, într-un interval de aproximativ 48 de ore, prin amestecul a unul, două sau trei materiale de bază cu liant și apă.



Fig. 6. 11. Obținerea compozitelor

6.4. Determinarea proprietăților fonoabsorbante prezentate de compozitele obținute în cadrul experimentului

6.4.1. Prezentarea sistemului acustic utilizat pentru determinarea coeficientului de absorbție, coeficientului de reflexie și raportului de impedanță a sunetului pentru compozitele obținute în cadrul experimentului

Pentru a determina coeficientul de absorbție a sunetului, coeficientul de reflexie și raportul de impedanță pentru materialele compozite obținute, se utilizează *metoda tubului de impedanță Kundt* (Fig. 6. 12), conform unei metode standardizate [30].

Valorile acestor coeficienți au fost determinate pentru lățimea benzii de frecvență 0÷3200 Hz. Datele din experiment au fost achiziționate și prelucrate de Bruël&Kjær PULSE Platform tip 7758 [31].

6.4.2. Prezentarea rezultatelor experimentale obținute și interpretarea acestora

6.4.2.1. Rezultatele experimentale obținute

Proba P_1^{20} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție = **0,95**, ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa A de absorbție acustică. Coeficientul de absorbție variază între 400 Hz ... 2000 Hz, moment în care acesta începe să scadă (Fig. 6. 13).

Proba P_2^{20} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție $\alpha = 0,55$, ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa D de absorbție acustică. Coeficientul de absorbție prezintă o creștere progresivă de la 400 Hz până la 1200 Hz, moment în care acesta începe să scadă. De la 2000 Hz coeficientul prezintă din nou o creștere până la 2800 Hz, însă pragul atins nu depășește 0.45 (Fig. 6. 14).

Proba P_3^{20} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție $\alpha = 1$ ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa A de absorbție acustică. Coeficientul de absorbție variază între 400 Hz și 3000 Hz, moment în care acesta începe să scadă (Fig. 6. 15).

Proba P_4^{20} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție $\alpha = 0,5$, ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa D de absorbție acustică. Coeficientul de absorbție prezintă o variație între 400 Hz ... 1600 Hz, moment în care acesta începe să scadă, însă pragul atins nu depășește 0.35. De la 2000 Hz coeficientul prezintă din nou o creștere până la 2800 Hz, moment în care coeficientul de absorbție atinge pragul de $\alpha = 0,5$, apoi acesta începe să scadă (Fig. 6. 16).

Proba P_5^{20} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție de aproximativ $\alpha = 0,85$ ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa B de absorbție

acustică. Coeficientul de absorbție variază între 400 Hz și 2000 Hz, moment în care acesta începe să scadă (**Fig. 6. 17**).

Proba P_6^{20} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție de peste $\alpha = 0,5$, ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa D de absorbție acustică. Coeficientul de absorbție variază între 400 Hz și 1200 Hz, moment în care acesta începe să scadă (**Fig. 6. 18**).

Pentru proba P_1^{40} s-a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție $\alpha = 0,85$, ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa B de absorbție acustică. Coeficientul de absorbție variază între 800 Hz și 1300 Hz, moment în care acesta începe să scadă (**Fig. 6. 19**).

Proba P_2^{40} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție $\alpha = 1$, ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa A de absorbție acustică. Coeficientul de absorbție prezintă o creștere progresivă de la 0 Hz până la 1000 Hz, moment în care acesta începe să scadă (**Fig. 6. 20**).

Proba P_3^{40} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție $\alpha = 0,6$, ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa C de absorbție acustică. Coeficientul de absorbție variază de la 2400 Hz la 3200 Hz, moment în care acesta începe să scadă (**Fig. 6. 21**).

Proba P_4^{40} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție $\alpha = 0,5$ ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa D de absorbție acustică. Coeficientul de absorbție variază de la 400 Hz până la 900 Hz, moment în care acesta începe să scadă (**Fig. 6. 22**).

Proba P_5^{40} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție $\alpha = 0,4$ ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa D de absorbție acustică. Coeficientul de absorbție se modifică de la 0 Hz până la 500 Hz, moment în care acesta începe să scadă (**Fig. 6. 23**).

Proba P_6^{40} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție $\alpha = 0,3$ ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa D de absorbție acustică. Coeficientul de absorbție se modifică de la 0 Hz la 400 Hz, moment în care acesta începe să scadă (**Fig. 6. 24**).

Proba P_1^{60} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție $\alpha = 0,1$ ceea ce plasează materialul compozit obținut în categoria fără clasă (**Fig. 6. 25**).

Proba P_2^{60} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție $\alpha = 0,6$ ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa C de absorbție acustică. Coeficientul de absorbție variază de la 0 Hz la 400 Hz, moment în care acesta începe să scadă (**Fig. 6. 26**).

Proba P_3^{60} a obținut în urma determinărilor experimentale un coeficient de absorbție $\alpha = 0,85$ ceea ce plasează materialul compozit obținut în Clasa B de absorbție acustică. Coeficientul de absorbție variază de la 0 Hz la 600 Hz, moment în care acesta începe să scadă (**Fig. 6. 27**).

6.4.2.2. Interpretarea rezultatelor obținute

Gradul de performanță acustică prezentat de materialele compozite obținute în cadrul cercetărilor experimentale este direct influențat, atât de grosimea materialului compozit, cât și de natura și procentul liantului utilizat [132]. Pentru ca materialele compozite să dețină proprietăți fonoabsorbante, coeficientul de absorbție trebuie să aibă o valoare cât mai apropiată de $\alpha = 1$ (valoare menținută pe un interval cât mai larg) (**Fig. 6. 28**).

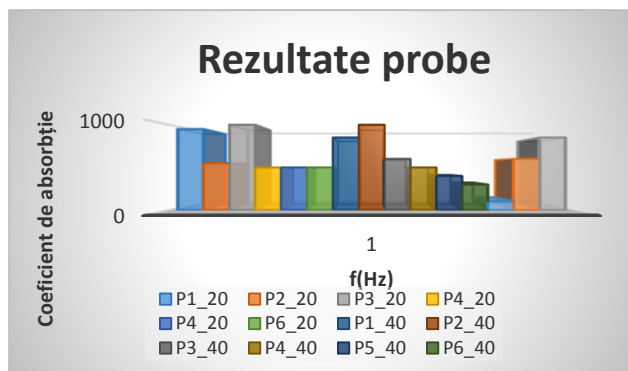


Fig. 6. 28. Diagrama rezultatelor probelor experimentale

Tabelul 6. 4. Clasa de absorbție în funcție de coeficientul de absorbție α [34]

Clasă de absorbție acustică	α
A	0,90; 0,95; 1,00
B	0,80; 0,85
C	0,60; 0,65; 0,70; 0,75
D	0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55
E	0,15; 0,20; 0,25
Fără clasă	0,00; 0,05; 0,10

Interpretarea valorilor coeficientului de absorbție a sunetului obținute de probele experimentale se realizează prin stabilirea apartenenței acestora la clase de absorbție a sunetului, conform tabelului de mai sus (**Tabelul 6. 4**).

Rezultatele probele experimentale sunt ilustrate în graficele de mai jos pentru o mai bună comparație (**Fig. 6. 29 - Fig. 6. 31**).

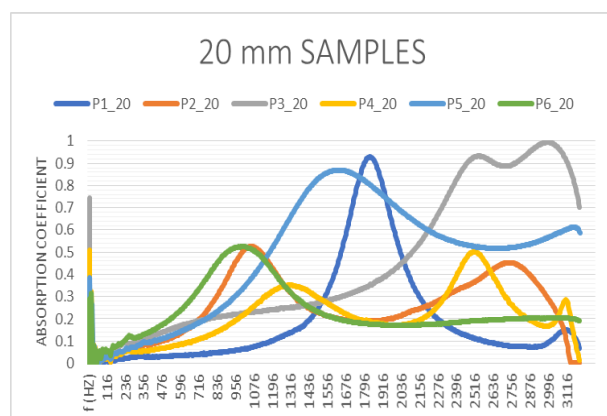


Fig. 6. 29. Reprezentare grafică comparativă rezultate probe 20 mm

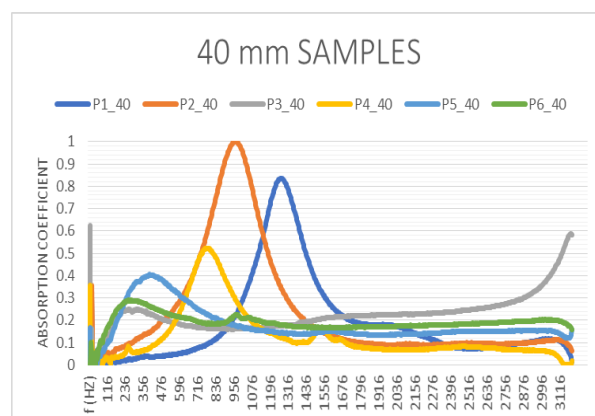


Fig. 6. 30. Reprezentare grafică comparativă rezultate probe 40 mm

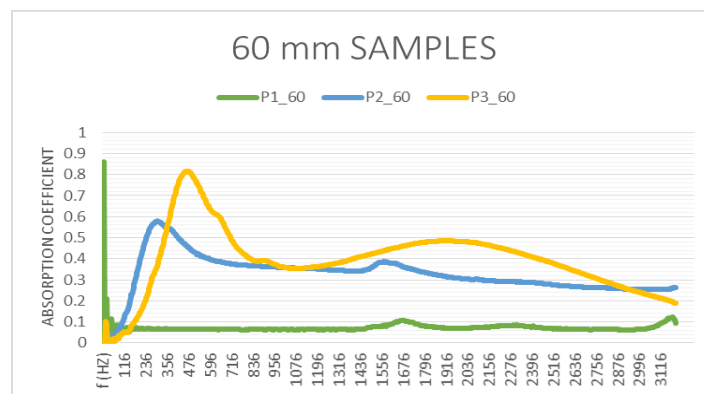


Fig. 6. 31. Reprezentare grafică comparativă rezultate probe 60 mm

Din interpretarea rezultatelor obținute de probe se poate observa faptul că un număr de 6 probe experimentale aparțin claselor A și B de absorbție în funcție de coeficientul de absorbție α , ceea ce rezultă faptul că aceste materiale compozite pot să fie folosite în crearea unor plăci pentru absorbția sunetului în scopul protejării oamenilor în hale industriale, săli de spectacole, pentru încăperi cu un grad ridicat de zgomot. Panourile obținute din probele experimentale care aparțin claselor C și D de absorbție în funcție de coeficientul de absorbție α pot fi utilizate pentru încăperi care prezintă un grad mai scăzut de zgomot.

În ceea ce privește coeficientul de reflexie, probele experimentale au obținut următoarele valori indicate în **Figurile 6.32 - 6.34**.

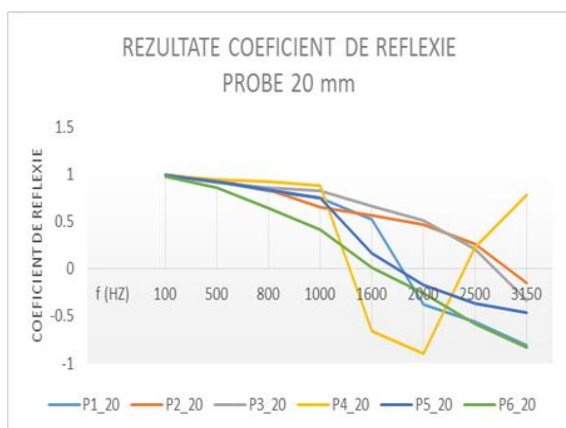


Fig. 6.32. Reprezentare grafică rezultate coeficient de reflexie probe 20 mm

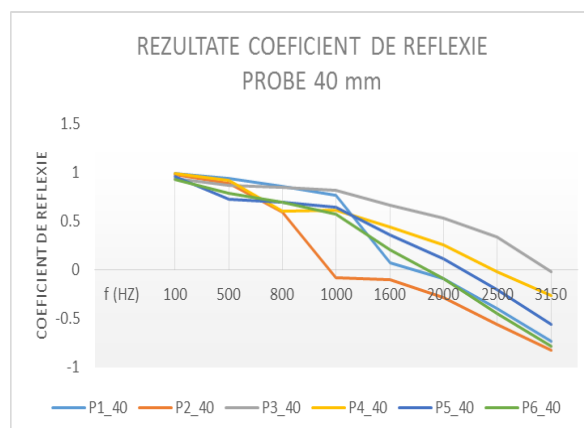


Fig. 6.33. Reprezentare grafică rezultate coeficient de reflexie probe 40 mm

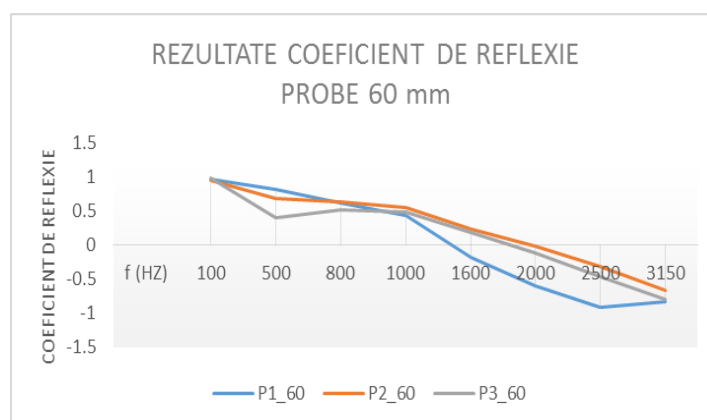


Fig. 6.34. Reprezentare grafică rezultate coeficient de reflexie probe 60 mm

Așa cum reiese din valorile obținute de probele experimentale, prezentate în graficele de mai sus, coeficientul de reflexie prezintă valori crescute, situate între 0.6 și 1 în intervalul de frecvență 100-1000 Hz.

Supuse la frecvențe înalte, probele experimentale au obținut valori negative.

Probele experimentale P_4^{20} , P_3^{20} , P_3^{40} , P_1^{40} și P_1^{60} au obținut cele mai bune valori pentru coeficientul de reflexie.

În ceea ce privește raportul de impedanță, probele experimentale au obținut valorile indicate în **Figurile 6.35 - 6.37**.

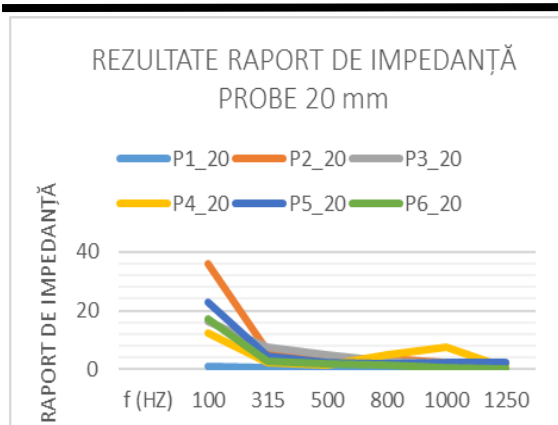


Fig. 6. 35. Reprezentare grafică rezultate raport de impedanță probe 20 mm

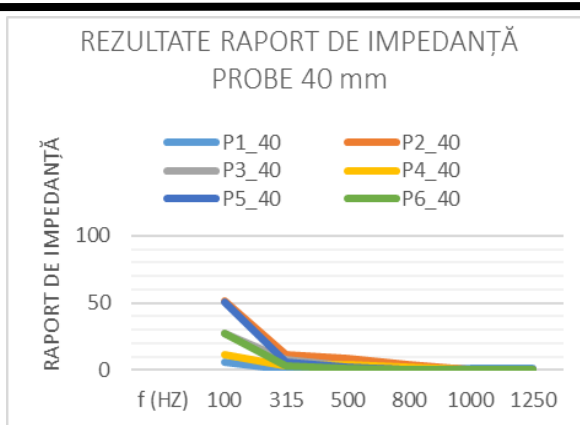


Fig. 6. 36. Reprezentare grafică rezultate raport de impedanță probe 40 mm

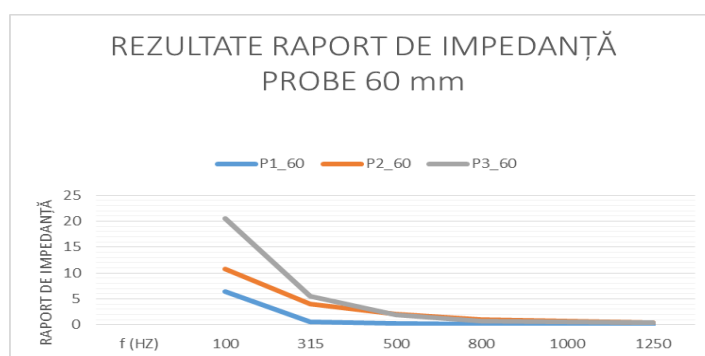


Fig. 6. 37. Reprezentare grafică rezultate raport de impedanță probe 60 mm

În urma prelucrării datelor și a interpretării rezultatelor probelor experimentale se constată faptul că acestea au obținut o importantă variație a raportului de impedanță în intervalul de frecvență 100-1000 Hz.

În cazul expunerii la frecvențe înalte valorile obținute de probele experimentale pentru impedanță tind către 0.

Având în vedere rezultatele pozitive individuale obținute de probele experimentale, se poate afirma că din acestea se pot realiza panouri care prezintă proprietăți mecanice și fonoabsorbante și care pot fi utilizate în diverse domenii. Totodată, aceste rezultate reprezintă o încurajare pentru dezvoltarea cercetării în domeniu pentru alte materiale compozite obținute din deșeuri reciclate.

6.5. Determinări comparative nivel sunet

6.5.1. Descrierea experimentului

În prezentul experiment s-a măsurat capacitatea structurilor compozite, realizate și evaluate în prezenta teză, de a absorbi sunetul. Valorile obținute de aceste structuri compozite au fost comparate cu valorile obținute de plăci realizate din deșeuri ligno-celulozice.

Plăcile din deșeuri ligno-celulozice, tip sandwich (MDF/PS/MDF), asamblate în formă de cutie) au următoarea structură:

- deșeuri de lemn, pulbere fină de lemn cu rășină formaldehidică (MDF) cu o grosime de 20 mm;
- miez polimeric din polistiren extrudat (PS) de grosime 20 mm;

- adeziv transparent pentru lipire peliculară în strat subțire ultra-aderent-Polymax/crystal express BISON.

Pentru măsurarea capacității de absorbție a sunetului pentru probele experimentale, acestea (probele care aparțin claselor A și B în funcție de valoarea coeficientului de absorbție) au fost inserate (una câte una, individual) într-un perete lateral al cutiei din deșeuri ligno-celulozice, conform **Figurilor 6. 38 – 6. 39**:



Fig. 6. 38. Crearea orificiului



6. 39. Prezentarea probe inserate

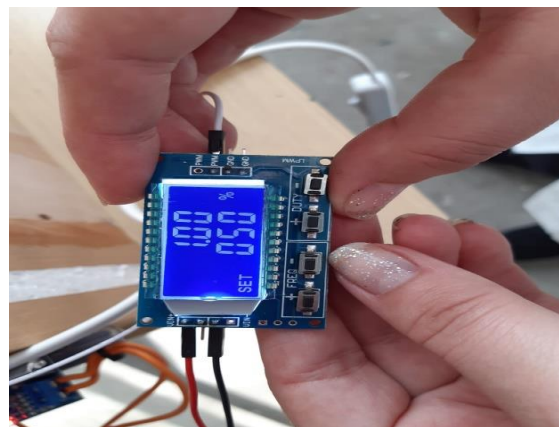
6.5.2. Echipamentele utilizate

Nivelul zgomotului s-a măsurat cu ajutorul ”sonometrului” (**Fig. 6. 40**), iar producerea de sunete a fost efectuată cu ajutorul unui echipament generator de sunete, pentru lățimea benzii de frecvență 0÷1000 Hz (**Fig. 6. 41**).

Echipamentul este format dintr-un generator (difuzor), un cadran luminos, butoane pentru setarea frecvenței (+, -), comutator de sarcină, terminale de ieșire. Acesta permite introducerea generatorului (difuzorului) în interiorul cutiei și schimbarea frecvenței din exteriorul cutiei prin intermediul cadranului cu butoane pentru setarea frecvenței, după cum se poate observa în **Figura 6. 42**.



6. 41. Echipamentul generator de sunete



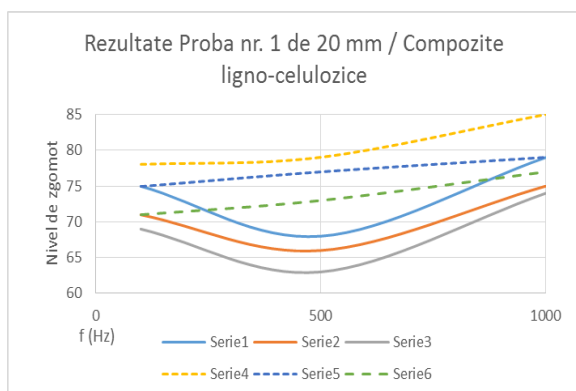
6. 42. Cadranul echipamentului

Măsurătorile au fost realizate pentru frecvențele de 100 Hz, 500 Hz și 1000 Hz și pentru distanțele de 0 m, 1 m și 2 m. Măsurătorile pentru distanțele de 1 m / 2 m s-au realizat cu ajutorul unor țevi din polipropilenă.

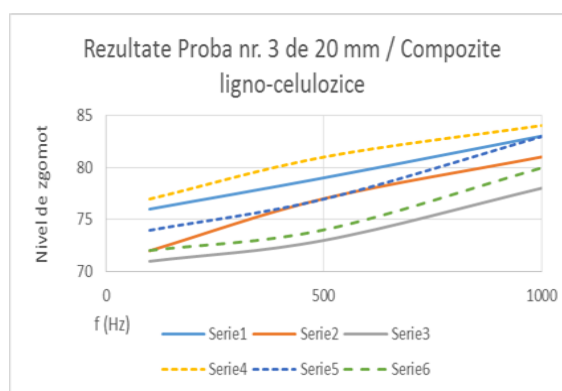
6.5.3. Rezultate și interpretare

Rezultatele obținute de probele experimentale și de compozitele din deșeuri ligno-celulozice sunt ilustrate în graficele de mai jos (**Fig. 6. 43 – 6. 48**). Rezultatele probelor

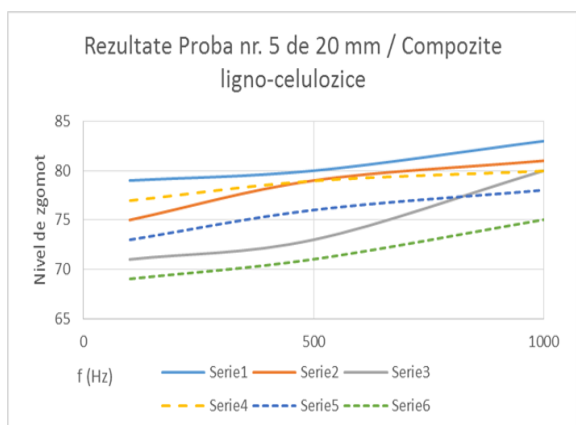
experimentale realizate și evaluate în prezenta teză sunt reprezentate grafic cu linii continue (seriile 1-3), iar rezultatele obținute de compozitele ligno-celulozice sunt reprezentate grafic cu linii întrerupte (seriile 4-6).



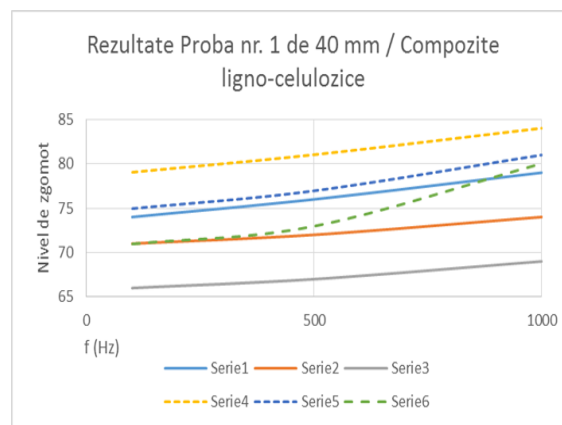
6. 43. Reprezentare grafică P_1^{20} / compozite ligno-celulozice



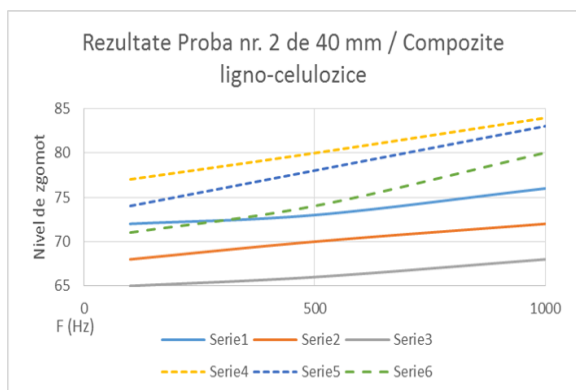
6. 44. Reprezentare grafică P_3^{20} / compozite ligno-celulozice



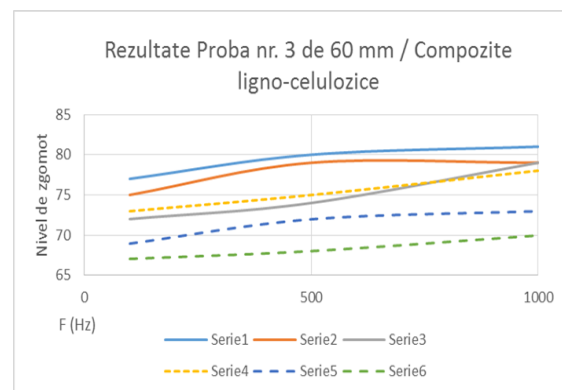
6. 45. Reprezentare grafică P_5^{20} / compozite ligno-celulozice



6. 46. Reprezentare grafică P_1^{40} / compozite ligno-celulozice



6. 47. Reprezentare grafică P_2^{40} / compozite ligno-celulozice



6. 48. Reprezentare grafică P_3^{60} / compozite ligno-celulozice

Din interpretarea rezultatelor rezultă faptul că probele P_1^{20} , P_3^{20} , P_1^{40} și P_2^{40} au obținut valori mai bune în ceea ce privește nivelul de zgomot, comparativ cu valorile obținute de compozitele ligno-celulozice.

Probele P_5^{20} și P_3^{60} au obținut valori mai slabe comparativ cu valorile obținute de compozitele ligno-celulozice pentru nivelul de sunet.

Notă: Se evidențiază faptul că dimensiunea și grosimea plăcilor prezintă o influență asupra vibrațiilor și implicit, asupra caracteristicilor fonoabsorbante deținute de compozitele realizate și evaluate în prezenta teză.

CAPITOLUL 7

CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PROPRII ȘI PERSPECTIVE

7.1. Concluzii finale

Prezenta lucrare de doctorat ”Cercetări privind caracteristicile mecanice și fonoabsorbante ale unor structuri compozite armate cu fibre sau cu particule” prezintă atât aspecte teoretice cu privire la caracteristicile mecanice și fonoabsorbante ale unor structuri compozite armate cu fibre sau cu particule, cât și aspecte experimentale privind metodologia de obținere a unor structuri compozite cu proprietăți fonoabsorbante, din deșeuri.

Materialele compozite reprezintă o alternativă la materiile prime existente pe care le poate înlocui datorită proprietăților superioare deținute [9-10-cap. 5]. Metoda de obținere a materialelor compozite este una complexă [1 - cap. 3].

Astfel de materiale sunt găsite în numeroase categorii, în funcție de caracteristicile pe care le au sau comportarea lor în anumite condiții. Comportamentul mecanic al materialelor compozite este influențat de proprietățile fiecărui material component și de proporția materialelor componente [8 - cap. 3].

Datorită proprietăților superioare deținute de materialele compozite, acestea pot fi utilizate în diferite domenii, după cum urmează [11 – 17 - cap. 5]: construcției autovehiculelor, aerospațial, construcțiilor navale, medical, transporturilor, telecomunicațiilor și electronicii, sportului, etc.

În cadrul cercetării experimentale s-au realizat 15 probe experimentale cu compoziții și grosimi diferite, respectiv: 6 bucăți cu 20 mm, 6 bucăți cu 40 mm și 3 bucăți 60 mm. Aceste probe, prin natura lor, respectiv deșeuri biodegradabile, prezintă avantajul că se pot recicla mai ușor.

Analizând rezultatele obținute în urma determinării valorilor coeficientului de absorbție a sunetului pentru materialele compozite obținute în cadrul experimentului se poate afirma că din acestea, în special cele 6 probe experimentale care aparțin claselor A și B de absorbție în funcție de valoarea coeficientului de absorbție α obținut, se pot realiza plăci pentru absorbția sunetului în scopul protejării oamenilor în hale industriale, săli de spectacole, pentru încăperi cu un grad ridicat de zgomot. Panourile obținute din probele experimentale care aparțin claselor C și D de absorbție în funcție de coeficientul de absorbție α pot fi utilizate pentru încăperi care prezintă un grad mai scăzut de zgomot.

Rezultatele obținute prin experimentări, ilustrate de articole sau de teze de doctorat, pot aduce certitudini pentru utilizări practice în cazul structurilor compozite pentru izolare fonică sau termică [86, 87 - cap. 4].

7.2. Contribuții proprii

Prezenta teză conține atât elemente existente în literatura de specialitate, cât și elemente noi, respectiv contribuții proprii, îmbinate armonios cu scopul îndeplinirii obiectivelor propuse. Printre contribuțiile proprii aduse prezentei teze se regăsesc următoarele:

a) Cu caracter teoretic:

- Studiarea elementelor utile pentru subiectul tezei, privind stadiul actual al cercetărilor, ca punct de începere a tezei, din literatura de specialitate: cărți, cursuri, articole științifice, teze de doctorat, surse de internet, etc. Existența nenumăratelor surse bibliografice denotă faptul că subiectul prezentei lucrări prezintă un grad crescut de interes din partea cercetătorilor din întreaga lume.

- Extragerea și prelucrarea elementelor din literatura de specialitate privind materialele compozite, respectiv: istoria, clasificarea, metodele de obținere, metodele de testare, caracteristicile deținute, metodele de reciclare, etc.

- Detalierea caracteristicilor fizice, mecanice, termice și fonoabsorbante deținute de către materialele compozite prin prezentarea expresiilor matematice utilizate în funcție de categoria de structuri compozite analizate.

- Realizarea unui capitol privind caracteristicile mecanice prezentate de materialele compozite (rezistența mecanică maximă a structurilor compozite armate cu fibre lungi, cu fibre tocate sau cu particule), luând în considerare comportarea legăturii dintre matricea compozitului și elementele de armare, pe baza opiniilor formulate de cercetătorii din domeniu.

În concluzie prima parte a lucrării prezintă un istoric privind poluarea sonoră, provocată de zgomot, și impactul negativ pe care acesta îl are asupra mediului înconjurător și a omului și totodată datele teoretice privind materialele compozite, în special datele privind caracteristicile fonice și mecanice deținute de acestea.

b) Cu caracter experimental:

- Alegerea direcției de cercetare s-a realizat prin studierea diferitelor studii existente în literatura de specialitate și, implicit a comparării rezultatelor obținute în cadrul acestor studii cu scopul de a se alege o direcție de cercetare cât mai optimă pentru prezenta teză de doctorat.

- Elaborarea metodologiei de realizare a probelor experimentale (structurilor compozite) studiate în prezenta teză, respectiv: alegerea categoriilor de deșeuri necesară obținerii probelor experimentale; stabilirea compoziției și grosimii probelor experimentale; stabilirea cantității de deșeuri necesară pentru fiecare probă, individual, în funcție de compoziția aleasă; tratarea deșeurilor alese pentru realizarea probelor (mărunțire).

- Obținerea probelor experimentale (structurilor compozite) din deșeurile alese, în conformitate cu planul elaborat pentru realizarea experimentului.

- Determinarea caracteristicilor fonoabsorbante pentru probele experimentale, respectiv determinarea valorilor coeficientului de absorbție a sunetului, a coeficientului de reflexie și a raportului de impedanță pentru fiecare probă în parte, individual.

- Colectarea datelor rezultate în urma supunerii probelor experimentale realizate la tubul Kundt.

- Prelucrarea datelor obținute în vederea realizării reprezentării grafice individuale, pentru fiecare probă în parte, pentru evidențierea curbelor de variație a coeficientului de absorbție a sunetului, a raportului de impedanță și a coeficientului de reflexie în funcție de frecvență (0÷3200 Hz).

- Interpretarea rezultatelor obținute de probele experimentale individuale și compararea acestor rezultate pe categorii, în funcție de grosimea acestora și pe clase de

absorbție a sunetului conform prevederilor legislative internaționale în funcție de rezultatele obținute de coeficientul de absorbție a sunetului.

- Stabilirea combinațiilor optime pentru realizarea panourilor fonoabsorbante ce ar putea să fie utilizate pentru protecția mediului înconjurător și a omului împotriva poluării sonore.

- Diseminarea rezultatelor obținute în cadrul conferințelor internaționale, în reviste/jurnale indexate în baza de date internațională sau indexate de ISI (Institute for Scientific Information).

7.3. Perspective

Probele experimentale (structurile compozite) realizate și studiate în prezenta teză au obținut rezultate pozitive în urma determinărilor efectuate, și astfel s-a dovedit științific faptul că acestea dețin proprietăți fonoabsorbante.

Prin urmare, s-au deschis noi perspective de cercetare în acest domeniu, după cum urmează:

- Studiarea pe viitor și a altor deșeuri reciclate în vederea obținerii unor materiale compozite cu proprietăți mecanice și fizice superioare celor deținute individual de materialele inițiale.

- Studiarea perioadei de timp de degradare pentru structurile compozite realizate și studiate în prezenta teză.

- Obținerea și studiarea unor materiale compozite de diferite dimensiuni, grosimi și compoziții, întrucât s-a dovedit că aceste caracteristici influențează direct proprietățile acestora, în vederea determinării proprietăților fonoabsorbante sau non-fonoabsorbante deținute și respective, a posibilităților de valorificare a acestora.

- Studiarea structurilor compozite obținute prin utilizarea unor materiale diferite ca materiale liante.

- Utilizarea și studiarea comportamentului materialelor compozite obținute ca materiale fonoizolatoare în diferite încăperi.

- Studiarea duratei de viață pentru materialele obținute în prezenta teză sau a capacității portante, sub acțiunea diferitelor sarcini simple, variabile sau multiple.

- Studiarea posibilităților de reciclare a acestor materiale compozite cu scopul de a se identifica metode cât prietenoase cu mediul înconjurător și cu sănătatea societății umane.

- Realizarea optimizării structurilor compozite obținute prin studiarea defectelor prezentate de către acestea.

- Studiarea comportamentului structurilor compozite obținute la expunerea la șocuri termice sau sarcini mecanice.

- Elaborarea strategiei de traspunere a materialelor compozite studiate și realizate în prezenta teză, de la stadiul de proiect, la atestare și comercializare la scară largă.

- Rezultatele prezentului studiu pot să fie utilizate în domeniul predicției zgomotului, respectiv pentru dezvoltarea bazelor de date conform prevederilor legislației internaționale din acest domeniu.

Având în vedere rezultatele pozitive obținute de probele experimentale, structurile compozite realizate și studiate în prezenta teză, se poate afirma faptul că din acestea se pot obține panouri fonoabsorbante ce pot fi utilizate în diverse domenii. Totodată, aceste rezultate reprezintă o încurajare pentru dezvoltarea cercetării în domeniu, pentru realizarea de materiale compozite și din alte tipuri de deșeuri.

BIBLIOGRAFIE GENERALĂ (SELECTIVĂ)

CAPITOLUL 1

ISTORICUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE. CAUZE, EFECTE ȘI SOLUȚII TEHNICE PENTRU DIMINUAREA EFECTELOR SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ASUPRA OMULUI

- [1] Mureșanu C., *Apocalipsa Eco-Climatică și Factorii Generatori. Descriere, cazuistică, modele, proiecte, implicații socio-umane*, Editura AcademicPres, Cluj-Napoca, 2007.
- [2] Simota C., Dumitru S., Vizitiu O., Coteș V., Ignat P., Mateescu E., Alexandru D., Cofas E., *Ghid de bune practici agricole pentru atenuarea efectului schimbărilor climatice asupra agriculturii*, București, 2014.
- [3] Ivan R., *Cercetări privind prognoza emisiilor pentru principalele gaze cu efect de seră*, Universitatea Politehnică Timișoara, Timișoara, 2017.
- [5] *** *Cum este afectată Europa de schimbările climatice* - <https://www.europarl.europa.eu/news/ro/headlines/priorities/schimbarile-climatice/20180905STO11945/infografic-cum-este-afectata-europa-de-schimbarile-climatice> (accesat 08.04.2022)
- [6].*** *Fenomenul de schimbări climatice. Consecințe și măsuri de adaptare*, Chișinău 2016 - <https://www.environment.md/public/files/6f37fc94a870189b8b184e6f3a237a61.pdf>. (accesat 17.10.2021)
- [17] Baci C., *Îmbunătățirea performanțelor sistemelor de gestiune a deșeurilor menajere*, Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, 2018 - <https://teze.doctorat.ubbcluj.ro/doctorat/teza/fisier/4747> (accesat 08.04.2022)
- [25] *** *Capitolul 6. Evaluarea tehnicilor potențiale privind gestionarea deșeurilor municipale nepericuloase* - <https://www.primariatm.ro/uploads/files/wwwwww/Capitolul%2006.pdf>. (accesat la 04.11.2018)
- [26] *** *Metode și tehnologii de gestionare a deșeurilor. Colectarea și transportul deșeurilor și a materialelor reciclabile* – <http://www.deseuri-online.ro/new/download/Colectaretransport.pdf>. (accesat 17.10.2021)
- [28] *** *Cartea Verde privind gestionarea deșeurilor biologice în Uniunea Europeană* - <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2008/RO/1-2008-811-RO-F1-1.Pdf>. (accesat la 04.11.2018)
- [35] *** Mateescu C., Băran Gh., Constantinescu I., *Noi tendințe în tratarea și valorificarea energetică a deșeurilor municipale biodegradabile* - http://www.inginerie-electrica.ro/acqu/pdf/2008_9.pdf. (accesat la 04.11.2018)
- [36] *** *Curs Tratarea mecanică a Deșeurilor* – <https://biblioteca.regielive.ro/cursuri/ecologie/tratarea-mecanica-a-deseurilor-89146.html>. (accesat 08.04.2022)

- [39] *** <http://www.deseuri-online.ro/new/download/Trataremecanica.pdf>. (accesat la 04.11.2018)
- [40] *** [file:///C:/Users/3456/Downloads/Ghid.privind.sortarea.deseurilor%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/3456/Downloads/Ghid.privind.sortarea.deseurilor%20(1).pdf). (accesat la 04.11.2018)
- [42] *** *Utilizare compost* - <http://www.managementuldeseuriloriasi.ro/utilizare-compost/>. (accesat 08.04.2022)
- [43] *** *Raport amplasament* - <http://www.cjph.ro/files/Documente/Anunturi/2018/Raport-amplasament-Ploiesti.pdf> (accesat la 04.11.2018)
- [49] *** *Reciclarea deșeurilor, o piață emergentă* - <http://profitpentruoameni.ro/wp-content/uploads/2013/07/RaportReciclare.pdf> (accesat la 04.11.2018)
- [68] **Nitu A. S.**, Mitucă (Corleciuc) M., Săcuiu V., Durbacă I., Iatan I.R., *Actual concepts on european policy for reducing emissions of carbon dioxide*, Conference Proceedings – Abstracts, Bacău, 2019, p 40.

CAPITOLUL 2

ACUSTICA ȘI IMPACTUL ZGOMOTELOR ASUPRA SĂNĂTĂȚII OAMENILOR

- [1] Munteanu C., Dumitrascu M., Iliuta Al., *Ecologia și protecția calității mediului*, Editura Balneară, anul 2011.
- [2] *** *Capitolul I. Introducere în protecția mediului* - <http://www.biotehnologii.usamv.ro/images/pdf/ecologie.pdf>. (accesat la 05.03.2022)
- [13] *** *Poluarea sonoră* - http://www.anpm.ro/en/web/apm-giurgiu/emisii-poluanti-atmosferici/-/asset_publisher/FjMVEytD24kK/content/poluarea-sonora?_101_INSTANCE_FjMVEytD24kK_redirect=http%3A%2F%2Fwww.anpm.ro%2Fen%2Fweb%2Fapm-giurgiu%2Femisii-poluanti-atmosferici%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_FjMVEytD24kK%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D1&redirect=http%3A%2F%2Fwww.anpm.ro%2Fen%2Fweb%2Fapm-giurgiu%2Femisii-poluanti-atmosferici%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_FjMVEytD24kK%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D1. (accesat 03.04.2022)
- [16] *** S.C. Acoustic Design S.R.L., *Studiu de fezabilitate acustic*, 2020 - https://mfinante.gov.ro/documents/35673/980619/sfezabilitatesi679395_25022021.pdf. (accesat 03.04.2021)
- [23] Șchiopu N., Bardac D. I., *Zgomotul și efectele sale*, Universitatea Lucian Blaga din Sibiu, AMT, vol. II, nr. 1, 2012, p. 117-118.
- [26] *** Voinoiu N., *Factori de risc: zgomotul și vibrațiile* - <https://www.inspectiamuncii.ro/documents/66402/260286/Factori+de+risc+-+zgomotul+%C5%9Fi+vibra%C5%A3iile/d6f74030-b4eb-4190-b748-05bde2ff8e96>. (accesat 8.04.2022)
- [27] *** http://publications.europa.eu/resource/cellar/7113ad88-439c-46a1-a23b-c4bd8dfa2810.0021.02/DOC_3. (accesat 8.04.2022)
- [33]. *** *Oscilații și unde, curs nr. 8-9-10* - https://www.academia.edu/12756370/Cursul_8-9-10. (accesat la 23.05.2022)
- [34] *** *Fenomene Ondulatorii Capitolul 3* – http://fiz.upt.ro/articole/2086247368IMT_Curs_6.pdf. (accesat la 17.01.2020)

- [37] Sili V., Crivoi A., *Studiul poluării sonore și influența sa asupra populației*, Universitatea de Studii Politice și Economice Europene „Constantin Stere”, Revista științifică de educație, spiritualitate și cultură ecologică, nr. 15, Chișinău, 2015, p. 83-91.
- [49] *** http://publications.europa.eu/resource/cellar/b24a9f90-0520-11ec-b5d3-01aa75ed71a1.0005.02/DOC_1. (accesat la 01.06.2022)
- [51] Mitucă (Corleciuc) M., Durbacă I., Iatan I. R., **Nițu A.**, Săcuiu V., Nistea L., *Measuring of PM 10 powders from the ambient environment with sampling equipments, according to standards in force*, Conference Proceedings – Abstracts, Bacău, 2019, p 39.
- [52] Mitucă (Corleciuc) M., Durbacă I., Iatan I. R., **Nițu A.**, Săcuiu V., Nistea L., *Study on the technical-economic efficiency of measures to reduce emissions of particulate pollutant in air provided for in air quality plans for large urban agglomerations*, Conference Proceedings – Abstracts, Bacău, 2019, p 39.

CAPITOLUL 3

PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR COMPOZITE

- [2] *** Păun L., *Materiale compozite. Materialele viitorului*, Colegiul Tehnic Costin D. Nenitescu, Craiova, 2012 - <https://www.slideshare.net/larisapaun/prezentare-materiale-compozite>. (accesat 13.06.2022)
- [3] *** Nanora G., *Nanocompozite ceramice armate cu polimeri*, Universitatea Politehnica din București, București, 2013 - <https://fdocumente.com/document/compozite-termoplastice.html>. (accesat 13.06.2022)
- [12] Pop L., Oltean S., *Studiul materialelor*, Universitatea de Medicină, Farmacie, Științe și Tehnologie din Târgu Mureș, Târgu Mureș, 2017.
- [16] Iașnicu I., *Cercetări privind capacitatea de izolare fonică și rezistența mecanică a plăcilor compozite stratificate conținând deșeuri textile recuperate*, Universitatea Politehnica din București, București, 2015.
- [31] Mihali G., *Studiul proprietăților electromagnetice și termice ale unor materiale compozite în câmp de joasă frecvență*, Universitatea de Vest din Timișoara, Timișoara, 2020.
- [32] Al- Shawabkeh A. F., Sawalheh S., Ikhries I., Omar W., *Experimental investigation and numerical simulation on the thermal insulation materials using recycled thermoplastic polymers*, Revista Materiale Plastice, vol. 59, nr. 1, 2022, p. 177-187.
- [33] Geamăn V., POP M. A., Radomir I., Semenescu A., Florea B., Chivu R. O., *The influence of thermal behaviour to composite based on cotton tissue and unsaturated polyester resin*, Revista Materiale Plastice, vol. 57, nr. 1, 2020, p. 197-201.

CAPITOLUL 4

OPINII UZUALE PRIVIND EVALUAREA SOLICITĂRII MAXIME CAPABILE DE PRELUARE DE CĂTRE MATERIALELE COMPOZITE

- [1] Alămoreanu E., Negruț C., Jiga G., *Calculul structurilor din materiale compozite*, Universitatea Politehnica din București, 1993.
- [6] Alămoreanu E., Chiriță R., *Bare și plăci din materiale compozite*, Editura Tehnică, București, 1997.
- [9] Hadăr A., *Structuri din compozite stratificate*, Editura Academiei și Editura AGIR, București, 2002.

- [12] Alămoreanu E., Constatinescu D. M., *Proiectarea plăcilor compozite laminate*, Editura Academiei Române, București, 2005.
- [15] Mallick K. P., *Fiber-reinforced composites-materials, manufacturing and design* (third edition), CRC Press Taylor&Francis Group, New York, USA, 2008.
- [16] Tacă C. D., Păunescu M., *Materiale compozite*, Editura MatrixRom, București, 2012.
- [17] Talreja R., Singh V. Ch., *Damage and failure of composite materials*, Cambridge University Press, USA, New York, 2012.
- [23] Türkmen D., *Compressive behavior of CFRP laminates exposed in hot – wet environments*, Thesis, University of Leicester, England, 1996.
- [29] Boccolini V., *Dimensionamento strutturale effettuato con le norme CE 94/25 e confronto con il metodo degli elementi finiti*, Tesi di Dottorato di ricerca in Ingegneria Industriale, Università degli studi di Napoli Federico II di Napoli, Italy, 2009.
- [43] Slade A. R., *Failure analysis of impact-damage metallic poles repaired with reinforced polymer composites*, Thesis, University of Central Florida Orlando, USA, 2012.
- [45] Bai J. (editor), *Advanced fibre – reinforced polymer (FRP) composites for structural applications*, Woodhead Publishing Limited, Oxford, 2013.
- [49] Gălățeanu M., *Studii asupra materialelor compozite avansate destinate reactoarelor de fuziune nucleară*, Teză de doctorat, Universitatea din București, 2018.
- [56] Ispas Șt., *Materiale compozite. Aplicații, perspective*, Tehnologii, Calitate, Mașini, Materiale – Progres Tehnic, nr. 2, Editura Tehnică, București, 1987, p. 170 – 175.
- [57] Suci Valeria, Suci V. M., *Studiul materialelor*, Editura Fair Partners, București, 2008.
- [59] Tuberosa B., *Proprietà meccaniche a trazione di compositi polimerici rinforzati con fibre lunghe di carbonio di interesse per il settore automotive*, Tesi, Università di Bologna Anno accademico, 2011 – 2012.
- [60] Gay D., *Matériaux composites*, Hermes, Paris, Franța, 1999.
- [61] Bhalchandra A. S., Shiradhonkar Y., Daimi S. S., *Comparison of properties of transversely isotropic lamina using method of cells and composite cylinder assemblage*, International Journal of Advanced Science and Technology, vol. 64, 2014, p. 43 – 58.
- [62] Cerbu Camelia, Curtu I., Botiș M., *Tensiunile și deformațiile generate în materiale compozite de un mediu agresiv*, Buletinul Universității Petrol-Gaze din Ploiești, Seria Tehnică LIV, nr. 3, 2002, p. 1 – 8.
- [63] Buzdugan Gh., *Rezistența materialelor*, Editura Tehnică, București, 1986.
- [64] Daniel M. I., Ishai O., *Engineering mechanics of composite materials*, Oxford University Press Inc., New York, SUA, 1994.
- [65] Aboudi J., Gilat Rivka, *Buckling analysis of fibers in composite materials by wave propagation analogy*, International Journal of Solids and Structures, 43, 2006, p. 5168 – 5181.
- [68] Iatan I. R., Sporea N., Popa T. C., Enăchescu G. L., Ciocoiu C., Corleciuc (Mitucă) M., **Nițu S. A.**, *Exprimări comparative privind evaluarea tensiunilor maxime din compozitele armate cu fibre lungi*, Sinteze de Mecanică Teoretică și Aplicată, vol. 13, nr. 1, 2022, p. 71 – 80.
- [71] Bansal P. N. (editor), *Handbook of ceramic composites*, Kluwer Academic Publishers, New York, USA, 2005
- [75] Vasiliu - Oprea Cleopatra, Constantinescu A., Bârsănescu P., *Ruperea polimerilor – teorie și aplicații* (Polymer breakdown - theory and applications), Editura Tehnică, București, 1992.
- [76] Gu P., Dao M., Asaro R. J., *Structural stability of polymer matrix composite panels in fire*, Marine Structures, 22, 2009, p. 354 – 372.
- [77] Țocu F., *Contribuții privind studiul conlucrării plăcilor componente dintr-o structură navală confecționată din materiale compozite* (Contributions regarding the study of the

- cooperation of the component plates from a naval structure made of composite materials), Teză de doctorat, Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați, 2012.
- [82] Iatan I. R., **Nițu S. A.**, Sporea N., Enăchescu L. G., Corleciuc (Mitucă) M., *Moduri practice pentru evaluarea rezistenței mecanice admisibile a compozitelor armate cu fibre tocate sau cu particule*, Sinteze de Mecanică Teoretică și Aplicată, vol. 13, nr. 2, 2022, p. 147-158.
- [83] Marinciuc M., *Charles Augustin Coulomb*, Fizica și Tehnologiile moderne, vol. 6, no. 1 – 2, 2008, pp. 59 – 64.
- [84] Fu Y. Sh., Feng Q. X., Lauke B., Mai W. V., *Effects of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate – polymer composites*, Composites: Part B, **39**, 2008, pp. 933 – 961.
- [85] Bansal P. N. (editor), *Handbook of ceramic composites*, Kluwer Academic Publishers, New York, USA, 2005.
- [86] Buzdugan Gh. (coordinator lucrare), *Manualul inginerului mecanic*, Editura Tehnică, București, 1973.
- [87] Young C. W., *Roark's formulas for stress and strain*, McGraw-Hill, Inc.1989.

CAPITOLUL 5

MATERIALELE COMPOZITE ÎN CONTEXTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE

- [1] *** *Materiale compozite* - <https://vdocuments.mx/download/materiale-compozite-55ab58d91db6f> (accesat 13.09.2022)
- [9] Sima E., *Materiale compozite – necesitate și provocare în contextul dezvoltării durabile*, Buletinul AGIR, nr. 4, 2017, p. 143-146.
- [10] *** Banu M., *Tehnologia materialelor compozite* – <https://pdfslide.net/documents/tehnologia-materialelor-compozite.html?page=1> (accesat 20.06.2022)
- [11] *** *Materiale compozite* - <https://dokumen.tips/download/link/materiale-compozite-559799189749e> (accesat 13.09.2022)
- [12] *** Porcescu M., *Studiul materialelor compozite*, Universitatea de Stat ”Alec Russo” din Bălți, https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/66-72_23.pdf (accesat 13.09.2022)
- [13] *** Macovei M. C. M., *Materiale compozite* - <http://www.sinuc.utilajutcb.ro/SINUC-2015/SECTIA--IV/IV.11.PDF> (accesat 13.09.2022)
- [14] *** *Materiale polimerice și compozite*, Curs 7 - http://tsocm.pub.ro/educatie/mpc_im/cursuri/MPC-Curs7.pdf (accesat 13.09.2022)
- [15] *** <https://pdfslide.net/download/link/materiale-compozite-cu-aplicatii-medicale> (accesat 13.09.2022)
- [16] Tamas L. C., *Noi materiale compozite cu funcționalități multiple utilizate în medicină*, Universitatea ” Babeș Bolyai”, Cluj Napoca, 2010.
- [17] Părpăriță E., *Contribuții la obținerea și caracterizarea unor noi materiale polimerice degradabile în mediu*, Academia Română, Institutul de Chimie Macromoleculară ”Petru Poni” din Iași, Iași, 2014.
- [18] *** Nemeș O., Rusu T., Soporan V. F., *Valorificarea deșeurilor din materiale compozite polimerice*, Universitatea Tehnică Cluj Napoca, Cluj Napoca - file:///C:/Users/PFOCJHZC/Downloads/c9-reciclarea-materialelor-compozite_compress.pdf (accesat 13.09.2022)

- [19] *** *Noi tendințe în reciclarea materialelor compozite și a materialelor plastice* - <http://rom.plasticrecyclingsystem.com/news/new-trends-in-the-recycling-of-composite-materials-and-plastics> (accesat 13.09.2022)
- [20] *** Balteș L., *Știința și ingineria materialelor*, Curs 1 - <https://gabriel2design.files.wordpress.com/2011/11/sim-curs-1.pdf> (accesat 13.09.2022)
- [22] *** Malhotra N., Mala K., *Light-Curing Considerations for Resin-Based Composite Materials*, Compendium of Continuing Education in Dentistry - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20960988/>. (accesat 02.10.2022)
- [23] Gheorgh V., *Structuri cu rigiditate ridicată, din materiale compozite, utilizate în construcția de autovehicule*, Universitatea Transilvania din Brașov, Brașov, 2013.
- [26] *** *Ce impact are lemnul compozit în amenajările exterioare* - <https://www.forbes.ro/ce-impact-lemnul-compozit-wpc-amenajarile-exterioare-218664>. (accesat 02.10.2022)

CAPITOLUL 6

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND OBTINEREA UNOR PLĂCI COMPOZITE CU PROPRIETĂȚI FONOABSORBANTE

- [1] Neacșa F., *Schimbările climatice și adaptarea societății la efectele acestora*, Revista de Științe ale securității naționale, 1/2017, p. 83-75.
- [4] Nemeș O., *Analiza, modelarea și proiectarea ecologică a materialelor și structurilor complexe*, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2016, p. 42.
- [11] Enescu N., Vasile O., *The decrease of noise with acoustics barriers*, *Rom. J. Acoust. Vib.*, 4 (2), 2007, 71-74.
- [12] Bratu M., Dumitrescu O., Vasile O., Ropotă I., Pascu L.F., *Research on attenuation of sound waves by using panels made of composite materials*, *Rom. J. Mater.*, 46 (1), 2016, 121-126.
- [17] Guan Y., Zhao D., Sen Low T., *Experimental evaluation on acoustic impedance and sound absorption performances of porous foams with additives with Helmholtz number*, *Aerospace Sci. Technol.*, 119, 2021, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2021.107120>
- [18] Durbaca I., Sporea N., Vasile O., *Assessment of the Acoustic Absorption Characteristics of Layered Composite Structures Obtained from Plates with Lignocellulosic Coatings (I)*, *Mater. Plast.* 57(1), 2020, 8-14. <https://doi.org/10.37358/MP.20.2.5345>
- [30] * * * SR EN ISO 10534-1, *Determination of sound absorption coefficient and acoustic impedance with the interferometer, Part 1: Stationary radio wave method*, 2002.
- [31] * * * SR EN ISO 10534-2, *Determination of sound absorption coefficient and acoustic impedance with the interferometer, Part 2: Transfer function method*, 2002.
- [32] Tiuc A. E., Rusu T., Vasile O., *The influence of perforations on the surface of a sound absorbing material on the sound absorption coefficient*, *Romanian Journal of Acoustic and Vibration*, vol. 10, nr. 1, 2013, p. 59-62.
- [33] Doutres O., Salissou Y., *Evaluation of the acoustic and non-acoustic properties of sound absorbing materials using a three-microphone impedance tube*, *Applied Acoustics*, vol. 71, 2010, p. 506 - 509.
- [34] * * * SR EN ISO 11654, *Acoustics. Acoustics absorbers for use in buildings. Evaluation of acoustic absorption*, 2002.
- [35] Iașnicu (Stamate) I., *Cercetări privind capacitatea de izolare fonică și rezistența mecanică a plăcilor compozite stratificate conținând deșeuri textile recuperate*, Teză de doctorat, Universitatea POLITEHNICA din București, octombrie 2015.
- [40] Ene Gh., Pavel C., *Introducere în tehnica izolării vibrațiilor și a zgomotului*, Editura Matrix România, București, 2012.

- [42] Hubert M., *Producerea zgomotului și reducerea lui la instalațiile de ventilație*, Probleme tehnice de protecția muncii, I.D.T., nr.5, 1969, p. 330 – 333.
- [43] Gheorghe A., *Analiza nivelului de performanță a materialelor fonoabsorbante și Antivibrațiile pentru construcții în vederea atestării de conformitate*, Teză de doctorat, Galați, 2013.
- [44] * * * ARBORELE LUMII - ENCICLOPEDIA MARSHALL CAVENDISH, Catalog Universal - Știință și tehnologie, *Poluarea Fonică*, S.C. Infopress S.A., București, 2004, nr. 46, p. 153.
- [45] Giczay A., *Combaterea zgomotului produs de roțile dințate*, Munkavedelem, R.P.U., 15, nr. 4 - 6, 1970, pp. 4 - 6.
- [46] Yang T.L., Chiang D.-M., Rongshun C., *Development of a Novel Porous Laminated Composite Material for High Sound Absorption*, Journal of Vibration and Control, vol. 7, p. 675 - 698, 2001.
- [47] Pupăzan C., *Acustica în construcții. Propagarea zgomotului și izolarea fonică*, Editura Academiei R.S.R., București, 1970.
- [48] Borlea (Tiuc) A. E., *Studii și cercetări privind obținerea unor materiale fonoabsorbante din deșeuri*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, 2012.
- [52] * * * ISO 10534-1:1996 *Acoustics – Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes – Part 1: Method using standing wave ratio*.
- [53] Ryu Y., *The acoustic impedance measurement system using two microphones*, Bruel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, Denmark, 2002.
- [54] Malogi D., Gupta A., Kathawate G.R., *Center Impedance Method for Damping Measurement*, Advances in Acoustics and Vibration, Hindawi Publishing Corp., In Vol.7, 2009, Article ID 319538, pp. 1110-1155.
- [56] Sunder A., Hanselmann R., Frey H., *Controlled synthesis of hyperbranched polyglycerols by ring-opening multibranching polymerization*. Macromolecules, vol. 32, 1999, p. 4240 – 4246.
- [57] Yang X., Wang Y.S., Yu H.W., *Sound absorption properties of multilayered polymer composite materials with nonplanar interfaces*, Acta Mater. Compos. Sin. 2006, vol. 23, p. 19 – 23.
- [58] Fatima S., Mohanty A.R., *Acoustical and fire-retardant properties of jute composite materials*, Applied Acoustics, Nr. 72, 2011, p. 108 – 114.
- [61] Farina A., Torelli A., *Measurement of the sound absorption coefficient of materials with a new sound intensity technique* - <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.621.4587&rep=rep1&type=pdf>
- [68] * * * *Tub Kundt* - https://ro.frwiki.wiki/wiki/Tube_de_Kundt; https://wikicro.icu/wiki/Kundt%27s_tube; https://ro.wikipedia.org/wiki/August_Kundt.
- [72] Benmausour A. S., Benmoussat A., Mahi E. A., Bourdim A., *Static and dynamic characterization of a woven eco-composite Young's modulus and acoustic emission analysis*, U.P.B., Sci. Bull., Series D., vol. 82, nr. 1, 2020, p. 19 – 30.
- [73] Nedeff M. Fl., Agop M., Moșneguțu Fl. Em., Bârsan N., *Evaluation of the reverberation time improvement in a speaking hall*, Journal of Engineering Studies an Research, vol. 22, nr. 2, 2016, p. 49 – 54.
- [74] Tomozei Cl., Pipa A., Irimia O., Panainte – Lehadus M., Nedeff Fl., *Measuring noise level in the textile industry*, Journal of Engineering Studies an Research, vol. 24, nr. 4, 2018, p. 43 – 49.
- [84] Fouladi H. M., Nor M. J. M., Ayub M., Leman A. Z., *Utilization of coir fiber in multilayer acoustic absorption panel*, Applied acoustics, 71, 2010, p. 241 – 249.

- [85] * * * <http://www.izolatii-pluta.ro/confort-acustic/stoparea-zgomotelor/>; <http://www.izolatii-pluta.ro/confort-acustic/acustica-incaperilor/>; <http://www.izolatii-pluta.ro/produse/pluta-aglomerata/>.
- [90] Smarzewski J., Batko W., Kamisinski T., Flach A., Pilch A., Dyimka D., Mirski R., Roszyk E., Majeewski A., *Experimental study of wood acoustic absorption characteristics*, De Gruyter, 2013, p. 1 – 10.
- [91] Kino N., Takayasu U., Yasuhiro S., Hiroshi M., *Investigation of non – acoustical parameters of compressed melamine foam materials*, Applied Acoustics, 70, 2009, p. 595 – 604.
- [92] Kino N., Nakano G., Suzuki Y., *Non – acoustical an acoustical ptoperties of reticular and partially reticulated polyurethane foams*, Applied Acoustics, 73, 2012, p. 95 – 108.
- [102] Gâțlan A., *Poluarea fonică în transportul feroviar și feroviar urban*, Buletin Agir, Supliment 1, 2012, p. 49 – 62.
- [103] Stan I. G., Curtu I., *Materiale reciclabile utilizate la construcția barierelor stradale*, Lucrările celei de a IV – a Conferințe a Academiei de Științe Tehnice din România, Iași, 19 – 20 noiembrie 2009, vol. 2, p. 205 – 210.
- [115] Lainati M., *Contributo dell'effitto lombard nell'aumento del confort acustico di un ambiente*, Tesi di Laurea, Politecnico di Milano, Italy, 2011 – 2012 - <file:///C:/Users/3456/Downloads/Contributo%20dell'effetto%20Lombard%20nell'aumento%20del%20confort%20acustico%20di%20un%20ambiente.pdf>
- [117] Cellai G., Secchi S., *Fondamenti di Acustica*, Università degli Studi di Firenze, Italy <http://www.taed.unifi.it/cellai/Corso%20FTA/acustica.PDF>
- [119] Fausti P., *Principi base di Acustica – cap. 1; Acustica edilizia – cap. 2; Asorbimento acustico dei materiali in lana di roccia rockwool – cap. 3; D.P.C.M. 5/12/1997 sui requisiti acustici passive dogli edifice – cap. 4* - <http://download.rockwool.it/media/74935/acustica%20in%20edilizia.pdf>.
- [120] * * * I. Niveaux acoustique et sorces sonores; II. Le champ réverbéré; III. Absorbtion et reverberation; IV. Isolation acoustique - <http://ilm-perso.univ-lyon1.fr/~pvincent/docaudio/cours.pdf>
- [122] Sanchis J. E., *Modelacion, simulacion y caracterización acústica de materiales para su uso en acústica arquitectónica*, Thesis doctoral, Univerdad Politecnica de Valencia, España, 2008 -<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/2932/tesisUPV2840.pdf>
- [125] Soto P. A. D., *Caracterizacion delas propiedades de absorción acústica dela fibra de guadua*, Thesis, Universidad Nacional de Colombia, 2016.
- [130] Bakri B. K.M., *Investigation of acoustical and mechanical properties of epoxy based natural fibre composites*, Thesis, Swinburne University of Technology, Melbourne,Victoria, Australy, 2015.
- [132] **Nitu A. S.**, Mitucă (Corleciuc) M., Panait I. C., *Sound absorbing characteristics presented by the new composites obtained and evaluated*, U.P.B. Scientific Bulletin, Serie D: Mechanical Engineering, Volume 85, no. 1, 2023, p 27-36.