

**UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI**  
FACULTATEA DE CHIMIE APLICATĂ ȘI ȘTIINȚA MATERIALELOR  
CATEDRA DE ȘTIINȚA ȘI INGINERIA MATERIALELOR OXIDICE ȘI  
NANOMATERIALE

**REZUMAT**  
**TEZĂ DE DOCTORAT**

**MATERIALE COMPOZITE ECOLOGICE DESTINATE  
REDUCERII ZGOMOTULUI**

**Conducător științific**  
**Prof. Univ.Dr. Ing. MARCELA MUNTEAN**  
**Prof. Univ.Dr. Ing. NICOLAE ENESCU**

**Doctorand**  
**Ing. MIHAI BRATU**

BUCUREȘTI  
2012

## PREFAȚĂ

Prezenta lucrare de doctorat își propune să aducă unele contribuții privind obținerea de materiale performante, alcătite din compozite polimerice, pe bază de rășini poliesterice și formaldehidice ca matrice polimerică armate cu diverse deșeuri care pot afecta, mediul înconjurător, deșeuri de tip: granule de polipropilenă, deșeu din lemn de diferite dimensiuni, anvelope (pudretă de cauciuc), butelii de polietilen-tereftalat (PET), sticlă (cioburi), zgură de termocentrală, deșeu steril manajer, zgură de oțelărie, cenușă de la arderea cojilor de semințe (de la fabricile de ulei), fibră de sticlă, granule de polistiren și cenușă de termocentrală.

În lucrare se urmărește determinarea proprietăților fizico-mecanice (rezistența la compresiune și încovoiere, porozitatea și densitatea aparentă) ale compozitelor obținute, precum și a coeficientului de absorbție fonică .

Deasemenea sunt efectuate teste de atenuare a undelor sonore pe probă reală teste realizate în camera surdă din cadrul Universității Politehnice din Bucuresti, Facultatea de Ingineria Sistemelor Biotehnice Catedra de Mecanică.

Astfel pe această cale doresc să mulțumesc colectivului din catedră pentru sprijinul acordat, și în special domnului profesor doctor fizician Ioan Magheți.

Prin finalizarea acestei lucrări se deschid noi direcții de cercetare în acest domeniu atât în ceea ce privește obținerea de materiale compozite cu proprietăți fonoabsorbante cât și modelarea matematică a intensității acustice la reducerea nivelului de zgomot prin utilizarea compozitelor fonoabsorbante pe bază de panouri unistrat sau multistrat și reducerea zgomotului pe un spectru cât mai larg de frecvență.

Cu această ocazie, doresc să exprim respectul și prețuirea pentru conducătorii științifici, doamna profesor doctor inginer Marcela Muntean și domnul profesor doctor inginer Nicolae Enescu pentru sprijinul acordat, pentru îndrumarea permanentă și încrederea și înțelegerea dovedită pe parcursul elaborării și finalizării tezei de doctorat.

Calde mulțumiri îi aduc și domnului profesor doctor inginer Ovidiu Dumitrescu pentru ajutorul acordat pe parcursul redactării tezei în special la partea experimentală, precum și la crearea diverselor articole pentru publicare în reviste cotate ISI sau participarea la diverse manifestări științifice.

De asemenea, mulțumesc colectivului din cadrul Institutului Național de Cercetare Dezvoltare pentru Ecologie Industrială ECOIND în special doamnei director Margareta Nicolau, precum și colectivului din cadrul laboratorului Poluarea Aer pentru înțelegerea și sprijinul acordat pe toată perioada elaborării tezei.

În final, doresc să aduc calde mulțumiri soției mele Cristina, precum și copiilor mei care au crezut în mine, m-au încurajat și sprijinit în toate momentele grele ale acestei perioade.

Autor,  
Ing. Mihai Bratu

## INTRODUCERE

Prezenta lucrare „**MATERIALE COMPOZITE ECOLOGICE DESTINATE REDUCERII ZGOMOTULUI**” abordează un domeniu de cercetare de interes major în contextul actual, privind modalitățile de reducere a poluării fonice, datorate surselor din industrie sau transporturi.

Lucrarea de față vine să abordeze o modalitate directă și fezabilă de reducere a nivelului echivalent al presiunii sonore prin absorbția undelor fonice datorită noilor materiale compozite obținute din rășină poliesterică și formaldehidică armată cu diverse deșeuri care rezultă de la diferite procese tehnologice și care pot afecta mediul înconjurător.

În **capitolul 1** s-a realizat o prezentare succintă privind poluarea mediului în general dar și poluarea fonică în particular precum și importanța obținerii de materiale performante capabile să absoarbă undele fonice astfel încât să se obțină o reducere a nivelului de zgomot și încadrarea în limitele legislației în vigoare.

Deasemenea sunt prezentate obiectivele tezei privind *obținerea de noi materiale compozite polimerice pe bază de deșeuri organice sau anorganice cu proprietăți fonoabsorbante* la care s-au folosit diferite tipuri de matrici organice: poliesterice și formaldehidice. Ca material de armare s-au utilizat deșeurile organice de tip polietilen-tereftalat (PET), granule de polipropilenă, granule de polistiren sau lemn sub formă de așchii de diferite dimensiuni (rezultatul unor diferite procese tehnologice), precum și deșeuri anorganice sub formă de cioburi de sticlă, zgură de termocentrală, zgură de oțelărie, cenușă de la arderea cojilor de semințe (deșeu rezultat de la centrale termice la fabricile de ulei) precum și cenușă de termocentrală.

În **capitolul 2** se prezintă generalități privind materialele compozite și anume definiție, scut istoric, clasificarea și caracteristici. Deasemenea sunt prezentate detalii despre compozitele polimerice dar și câteva aplicații ale materialelor compozite respectiv materiale compozite fonoabsorbante.

Tot în cadrul acestui capitol se regăsește este pus în evidență sunetul ca vibrație a particulelor unui mediu, precum și zgomotul ca factor perturbator. În continuare sunt prezentate câteva tipuri de materiale compozite fonoabsorbante.

**Capitolul 3** trece în revistă soluții de diminuare a zgomotului prin reducerea zgomotului datorat barierelor antifonice precum și atenuatoare de zgomot de diferite tipuri. Deasemenea este prezentată teoretic atenuarea sunetului propagat în aer.

**Capitolul 4** tratează detalii privind condițiile experimentale. Sunt prezentate materiile prime utilizate la obținerea compozitelor :

Rășini:

- Rășini poliesterice saturate și nesaturate:
  - ⇒ Sinteza poliesterilor nesaturați.
  - ⇒ Reticularea rășinilor poliesterice nesaturate.
  - ⇒ Procesul chimic de reticulare
- Rășini formaldehidice:
  - ⇒ Rășini fenol-formaldehidice.
  - ⇒ Rășini ureo-formaldehidice.
  - ⇒ Rășini melamino-formaldehidice.

Deșeuri :

- Organice:
  - ⇒ Lemn.
  - ⇒ Plastic.

➤ Anorganice :

- ⇒ Cioburi de sticlă.
- ⇒ Zgură și cenușă de termocentrală.
- ⇒ Cenușă de la arderea cojilor de semițe
- ⇒ Zgură de oțelărie.

Deasemenea în cadrul acestui capitol este prezentată obținerea compozitelor polimerice.

În **capitolul 5** sunt prezentate metodele experimentale utilizate în cadrul tezei atât pentru materiile prime cât și pentru materialele compozite elaborate.

Pentru materiile prime a fost imperios necesară operația de uscare a materialelor de armare precum și analiza distribuției granulometrice. În ceea ce privește materialele compozite pentru caracterizarea acestora s-au folosit metode standardizate precum :

- Rezistența la compresiune.
- Rezistența la încovoiere.
- Densitate, porozitate aparentă.
- Determinare absorbție apă-stabilitate față de apă.
- Microscopie electronică și analiză elementală
- Determinarea coeficientului de absorbție fonică cu interferometrul acustic.

În cadrul capitolului este prezentată teoretic reducerea nivelului de zgomot prin atenuarea undelor sonore datorat unei bariere confecționată din material compozit prin expunerea nivelului presiunii sonore fără barieră, apoi a nivelului presiunii sonore cu barieră și în cele din urmă a câmpurilor difractate datorate barierelor.

**Capitolul 6** al prezentei lucrări se referă la prezentare rezultatelor experimentale. Se începe prin a fi arătate rezultatele obținute la pregătirea materiilor prime respectiv uscarea materiilor prime de armare precum și rezultatele analizei distribuției granulometrice pentru materiile prime de armare atât pentru fracțiile grosiere cât și pentru fracțiile fine.

Pentru compozitele polimerice pe bază de deșeu sunt prezentate caracteristicile acestora respectiv proprietățile fizico-mecanice ale compozitelor aceleași descrise ca metode la capitolul 5. În cadrul acestui capitol s-a efectuat un studiu de caz de atenuare a undelor sonore experimentat în camera surdă dar și la nivel industrial prin prelevarea unor date preliminare din teren și apoi prin simulare pe programul de calculator privind reducerea nivelului presiunii acustice și încadrarea în limitele legislației în vigoare.

**Capitolul 7** este dedicat concluziilor finale și contribuțiilor originale cuprinse în teză ca rezultat al cercetărilor efectuate.

Lucrarea este însoțită de o lista bibliografică care cuprinde principalele articole și pasaje din cărți consultate pe parcursul elaborării tezei.

# CAPITOLUL 1

## 1. IMPORTANȚA ȘI ACTUALITATEA TEMEI

Evoluția rapidă în ultimul deceniu a științei și ingineriei materialelor, realizarea de noi materiale performante, mai ales în construcții, impune găsirea de noi soluții, de noi materiale performante, cu calități funcționale și estetice.

De-a lungul anilor au existat o serie de preocupări privind obținerea unor tipuri de materiale cu proprietăți superioare celor clasice (materiale compozite) a căror utilizare să acopere diferite domenii printre care de o mare importanță este reducerea poluării mediului.

Dezvoltarea economică atrage după sine preocupări în domeniul protecției mediului în general, și în particular, cea fonică. Poluarea, așa cum se știe, reprezintă contaminarea cu materiale care dăunează sănătății, calității vieții sau funcționării naturale a ecosistemelor. Cu toate că o parte din poluarea mediului este un rezultat al acțiunii naturii, cea mai mare parte este cauzată de activitatea omului.

Utilizarea pe scară largă a aparatelor electrice și mecanice la domiciliu și în industrie a condus la probleme referitoare la reducerea nivelului de zgomot. Acesta poate fi diminuat prin utilizarea diferitelor materiale care reduc nivelul presiunii acustice prin absorbția undelor sonore sau prin atenuarea acestora.

Adeseori materialele folosite pentru izolare fonică sunt materiale compozite, la care izolarea fonică se exprimă prin capacitatea acestora de a împiedica transmiterea de energie sonoră. Rezultatul unor procese tehnologice determină obținerea de diferite deșeuri, iar depozitarea acestora poate avea efecte negative asupra mediului.

De aceea sunt efectuate o serie de cercetări de recuperare sau re folosire a acestor deșeuri în scopul obținerii de energie sau materiale cu diferite utilități. Astfel utilizarea acestor deșeuri ca agenți de armare în matricea polimerică în scopul obținerii de materiale compozite noi, precum și de asemenea folosirea acestor materiale compozite pentru reducerea poluării fonice, este o soluție de actualitate în ceea ce privește diminuarea poluării mediului.

### 1.1. OBIECTIVELE TEZEI

- Obținerea de materiale performante, alcătuite din compozite polimerice, pe bază de rășini poliesterice și formaldehidice destinate reducerii poluării fonice.
- Recuperarea eficientă a unor deșeuri de tip : granule de polipropilenă, deșeu din lemn de diferite dimensiuni, butelii de polietilen-tereftalat (PET), sticlă (cioburi), zgură de termocentrală, deșeu steril manajer, zgură de oțelărie, cenușă de la arderea cojilor de semințe (de la fabricile de ulei), fibră de sticlă, granule de polistiren și cenușă de termocentrală.
- Determinarea proprietăților fonoabsorbante pentru noile tipuri de materiale compozite.
- Cercetare experimentală privind reducerea nivelului de zgomot datorat unei bariere confecționată din material compozit .
- Optimizarea compozițiilor realizate, funcție de proprietățile impuse maselor obținute.
- Conceperea și realizarea unui flux de producție optimizat
- Caracterizarea fizico-mecanică și structurală a produselor rezultate.
- Studiu privind interfața dintre matricea polimerică și ranforsantul utilizat.
- Corelații între proprietățile materialului obținut și absorbția undelor sonore.

Pentru realizarea principalului obiectiv al tezei – *obținerea de noi materiale compozite polimerice pe bază de deșeuri organice sau anorganice cu proprietăți fonoabsorbante* sau folosit diferite tipuri de matrici organice: poliesterice și formaldehidice. Ca material de armare s-au utilizat deșeurile organice de tip polietilen-tereftalat (PET), granule de polipropilenă, granule de polistiren sau lemn sub formă de așchii de diferite dimensiuni (rezultatul unor diferite procese tehnologice), precum și deșeuri anorganice sub formă de cioburi de sticlă, zgură de termocentrală, zgură de oțelărie, cenușă de la arderea cojilor de semințe (deșeu rezultat de la centrale termice la fabricile de ulei) precum și cenușă de termocentrală.

## CAPITOLUL 2.

### MATERIALE COMPOZITE

#### 2.1. DEFINIȚIE

Prin definiție, conceptul de „compozit” este atribuit unui sistem complex, alcătuit din mai multe materiale de natură diferită. În această categorie intră o clasă foarte vastă de produși.

Un material compozit : poate fi orice material compus din mai multe materiale de naturi și compoziții diferite, care au proprietăți și caracteristici specifice. Materialele compozite sunt formate din două sau mai multe materiale constituente, sintetice sau naturale cu proprietăți fizice și chimice diferite, care rămân separate și distincte la scară microscopică sau macroscopică, în interiorul structurii produsului final .

În general, compozitele sunt constituite din combinații polimerice , metalice sau ceramice cu una sau mai multe faze dispersate sub formă de fibre sau particule metalice , ceramice sau de sticlă. Materialele compozite sunt alcătuite dintr-o matrice cu rol de liere sau formare și componente incluse în matrice , cu apariția unor suprafețe de contact, care au rol hotărâtor în asigurarea proprietăților.

#### 2.2. SCURT ISTORIC

Omul a utilizat diferite tipuri de materiale compozite încă din timpurile cele mai vechi. Astfel, materiale compozite au fost amestecurile de paste de argilă și paie, combinate pentru a forma cărămizi pentru construcții de clădiri, folosite inițial de egipteni.

Betonul și în special, betonul armat este principalul material utilizat în construcții civile, este de asemenea, un compozit, având în componență atât ciment cât și nisip, pietriș și apă precum și diferite adaosuri .

#### 2.3. CLASIFICAREA MATERIALELOR COMPOZITE

Compozite polimerice sunt materiale alcătuite, în principiu, dintr-un compus macromolecular și un agent de ranforsare sau de umplură.

Clasificarea materialelor compozite se realizează în funcție de anumite caracteristici, rezultând astfel o primă clasare realizată după proveniența acestora:

- ❖ materiale compozite naturale
  - lemn
  - oase
  - bambus
  - mușchi
- ❖ materiale compozite sintetice
  - metalice
  - ceramice

Pentru studierea materialelor compozite trebuie să se țină cont de unele caracteristici foarte importante ale acestora și trebuie să se coreleze caracteristicile matricii polimerice cu cele ale ranforsatului.

În cazul prezentei lucrări, materialul de armare fie de natura organic sau anorganic este sub formă de particule sau aşchii de dimensiuni variabile de la  $< 1\mu\text{m}$  până la 15 mm astfel că prin urmare se pune problema obţinerii unui material compozit care să prezinte porozitate cât mai mare și la care absorbţia undelor sonore să fie cât mai bună.

## 2.4. CARACTERISTICILE MATERIALELOR COMPOZITE

Din punct de vedere tehnic un material compozit posedă următoarele caracteristici:

- prezintă proprietăți pe care nici un component luat separat nu le poate avea;
- reprezintă o asociere a cel puțin doi componenți cu proprietăți distincte din punct de vedere fizic;
- se realizează prin amestecarea componentelor individuale astfel încât dispersarea unui material în celălalt se poate face controlat pentru a obține proprietăți optime;
- compozitul este alcătuit prin combinarea voită a unui component de bază, matricea, în care se află înglobat (dispersat) elementul de armare cu următoarele scopuri:
  - îmbunătățirea proprietăților chimice;
  - îmbunătățirea proprietăților mecanice – rezistența la tracțiune, rezistența la uzură, rezistența la impact, densitatea;
  - proprietăți termice: refractaritatea, conductivitatea și stabilitatea termică, coeficientul de dilatare termică.

compozitul are proprietăți unice și mult mai bune decât componentele individuale.

Important la elaborarea compozitului este modul de armare, astfel că armătura se poate aranja în matrice sau se poate introduce de la început în amestecul de material compozit, rezultând o dispunere arbitrară după omogenizare. Matricea are proprietatea de a îngloba sau acoperi materialele folosite pentru armare și menține în timp pozițiile relative care sunt ocupate de acestea.

În cea ce privește armătura, fiind caracterizată prin proprietăți fizico- mecanice speciale, aceasta conferă materialului rezultat proprietăți superioare.

Astfel o alegere optimă a combinației de materiale componente ale compozitului duce la obținerea unui nou material performant.

Deasemenea alegerea corectă a procesului de fabricație a compozitului, ținând cont de cerințele impuse materialului, este o altă caracteristică importantă.

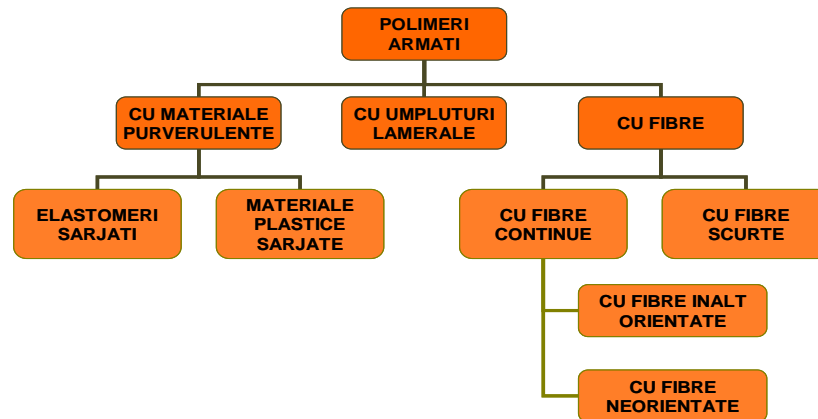
Factorii de care depinde metodologia de obținere a compozitului sunt : natura materialelor respectiv matrice și armătură, modul de realizare a consolidării, cantitatea de material care urmează să fie prelucrat.

Pentru obținerea unor materiale compozite cu proprietăți de atenuare și absorbție a undelor sonore trebuie să se țină cont de factorii enumerați mai sus.

Astfel amestecul dintre matrice și ranforsant este turnat în tipare, apoi presate și/sau laminate în plăci, până la grosimea dorită. Se urmărește în principal obținerea unui material compozit cu porozitate suficient de mare încât să realizeze o absorbție bună a undelor sonore dar care să nu afecteze întrât mult celelalte caracteristici.

## 2.5. COMPOZITE POLIMERICE

Compozitele polimerice sunt materiale alcătuite dintr-un compus macromolecular și un agent de armare (ramforsare) sau de umplură. Compusul macromolecular este un polimer care constituie matricea polimerică, iar agentul de armare indiferent de natura și proveniența lui, nu se dizolvă în aceasta. În literatura de specialitate compozitele speciale sunt cunoscute și ca polimeri armați și clasificați după cum urmează:



**Figura 2.1.** Clasificarea materialelor compozite polimerice (polimeri armați)

**Figura 2.2.** Clasificarea compozitelor polimerice în funcție de natura componentelor din sistem

## 2.6. APLICAȚII ALE MATERIALELOR COMPOZITE

Aplicațiile materialelor compozite acoperă în prezent domenii foarte diverse, cum sunt cele din : aeronautică, zborurile spațiale, construcțiile navale, electronică, radioloctie, construcția de autovehicule, echipamente industriale, industria usoara, construcții industriale și civile etc.

Materialele compozite folosite în industria aeronautică sunt de tipul celor armate cu fibre sau filamente îmbrăcate într-o matrice polimerică. Cele mai obișnuite fibre de armare utilizate sunt cele de carbon, aramidice și de sticlă utilizate separat sau în combinații hibride. Matricile polimerice utilizate sunt , în general, rășinile epoxidice, care necesită temperaturi de folosire cuprinse între 120 -175 grade C.

## 2.7. MATERIALE COMPOZITE FONOABSORBANTE

Dezvoltarea unor soluții tehnice de realizare a unor structuri din materiale compozite fonoabsorbante și fonoizolante în concepție modulară este în plin avânt .

Scopul fundamental este acela de a stabili soluții tehnice inovative pentru structuri modulare din materiale compozite capabile să satisfacă simultan trei funcții pentru zgomotul și vibrațiile structurale :

- funcția de absorbție a zgomotului în spectrul de frecvențe înalte;
- funcția de izolare a zgomotului în spectrul frecvențelor joase (sub 1000 Hz);
- funcția de amortizare a vibrațiilor structurale.

În scopul reducerii zgomotului s-au creat produse și tehnologii curate atât prin folosirea materialelor noi cât și prin folosirea materialelor rezultate din reciclarea diverselor deșeurilor.

Avântul luat de către economia timpurilor actuale atrage după sine valori ale sunetului ce depășește pe alocuri limitele prevăzute în legislația în vigoare.

## 2.8. SUNETUL

Sunetul reprezintă o vibrație a particulelor unui mediu, capabil să producă o senzație auditivă, sau orice variație a presiunii (în aer, apă sau în alte medii) care poate fi detectată de către urechea umană, și care se propagă sub formă de unde elastice numai în substanțe și nu se propagă în vid, iar în aer viteza de propagare este de 340 m/s .

Este produs din surse naturale dar mai ales antropice: utilaje, mijloace de transport, aparate, oameni .

Sunetul se deplasează sub formă de unde; cu cât este mai mare înălțimea sau amplitudinea unde, cu atât este mai mare forța sau intensitatea sunetului. Cu cât este mai mare numărul de unde acustice care ating un punct într-o perioadă dată de timp, cu atât este mai mare frecvența sau tonalitatea. Intensitatea sonoră, sau sunetul, se măsoară în decibeli (dB).

## 2.9. ZGOMOTUL – FACTOR PERTURBATOR

Cuvântul ”zgomot” este utilizat în general pentru a descrie un sunet pe care un ascultător îl consideră deranjant, supărător, neplăcut, sau în cazuri extreme, fizic dureros.

Există șase caracteristici de sunet care descriu zgomotul, așa cum îl percepe un ascultător: intensitate, frecvență, durată, tărie sonoră, discordanță și iritabilitate. Dintre aceste șase caracteristici, cele care pot fi măsurate fizic sunt intensitatea, frecvența și durata. Tăria sonoră (intensitatea audibilă a zgomotului), discordanța și iritabilitatea sunt caracteristici subiective care diferă mult în funcție de percepția ascultătorului.

## 2.10. TIPURI DE MATERIALE COMPOZITE FONOAHSORBANTE

Crearea de noi materiale compozite cu proprietăți fonoabsorbante are la bază alături de matricea polimerică utilizarea ca material de armare a diverselor deșeuri organice sau anorganice care pot afecta mediul înconjurător.

Câteva tipuri de materiale compozite fonoabsorbante și caracteristicile acestora sunt reprezentate de structuri modulare din materiale compozite capabile să satisfacă simultan trei funcții pentru zgomotul și vibrațiile structurale :

- **absorbția** zgomotului în spectrul de frecvențe medii și înalte;
- **izolarea** zgomotului în spectrul frecvențelor joase (sub 1000 Hz);
- **amortizarea** vibrațiilor structurale în vederea reducerii vibrațiilor și zgomotului.

Astfel de composite sunt confectionate din diverse materiale și reprezintă următoarele structuri compozite tip sandwich :

- strat autoadeziv
  - strat fonoizolator de densitate mare: PVC, cauciuc, microcompozit (cauciuc,plută)
  - strat fonoabsorbant de densitate mica: PU, textil țesut/nețesut, fibră de sticlă, fibră minerală
  - strat fonoabsorbant (rezistent la uzură) cu proprietăți estetice: piele sintetică, textil țesut
  - strat fonoabsorbant : multistrat din țesătură cu nanofibre din PVA
- strat fonoabsorbant și antivibratil: peleti din cauciuc, PP.

S-au efectuat teste asupra coeficientului de absorbție pentru panourilor fonoabsorbante pe bază de ipsos de modelaj (ipsos 95% și perlit 5%) iar ca material de armare s-a utilizat fibră de sticlă figura 2.1. .



**Figura 2.1.** Panou fonoabsorbant din ipsos de modelaj

Alte tipuri de compozite fonoabsorbante sunt alcătuite din materiale textile sau fibră de sticlă permeabile la aer. Sunt utilizate panouri metalice, materiale plastice sau plăci de lemn, astfel încât sunt modificate caracteristicile absorbante ale structurilor, iar obținerea caracterului rezonant, va depinde de greutatea structurii și de numărul de găuri pe care îl are.

Asamblul format din materiale poroase și ecrane perforate lucrează asemenea unui sistem oscilatoriu, cu greutatea concentrată în ecranul perforat, iar elasticitatea și frecarea sunt concentrate în materialul poros.

Ecranul folosit pentru a da rigiditate înregului ansamblu crește capacitatea de absorbție la frecvențe joase și are un caracter rezonant la frecvențe medii (500 Hz).

Structurile neprotejate prezintă valori ale coeficientului de absorbție relativ constant pentru frecvențe > 500 Hz. Montarea materialelor pe cadre rigide, cu un spațiu între cadru și material, îmbunătățește absorbția pentru frecvențele joase.



**Figura 2.2.** Materiale compozite fonoabsorbante pe bază de spume poliamide

Deasemenea au fost proiectate modele experimentale de structuri fonoabsorbante, realizate prin combinarea de diferite materiale cu proprietăți fonoabsorbante, care au coeficienți de absorbție diferit. Aceste structuri vor reduce nivelul zgomotului la mai multe tipuri de aplicații industriale și nu numai.

Toate sistemele de control a zgomotului conțin cel puțin una din următoarele măsuri:

- ecrane;
- materiale fonoabsorbante – spume poliamide, rășini fibroase, paturi de material fibros;
- izolatori de vibrații – panouri izolatoare pentru deschideri, montanți pentru motoare;
- materiale atenuatoare - compozite pe baza de elastomeri, pelicule adezive [52].

Izolarea fonică a unui material compozit exprimă capacitatea sa de a împiedica transmiterea de energie sonoră. Factorul de transmitere a energiei sonore se definește astfel : raportul dintre energie transmisă și energia acustică emisă . Valoarea sa este cu atât mai mică cu cât capacitatea materialului compozit de a reține undele sonore este mai mare [53].

## CAPITOLUL 3

### SOLUȚII DE DIMINUARE A ZGOMOTULUI

Dacă nivelul de presiune acustică a zgomotului depășește valoarea maximă admisă, este necesar să se prevadă o atenuare suplimentară prin utilizarea sistemelor fonoizolante sau fonoabsorbante speciale. Pentru o reducere cât mai mare a nivelului de zgomot trebuie să se aibă în vedere traseul sunetului de la sursa sonoră pînă la receptor .

Combaterea zgomotului este o problemă de sistem de muncă; sistemul, în acest caz, reprezintă ansamblul format din sursele de zgomot , mediu de propagare (căile) a energiei acustice și receptorii.

Metodele de combatere a zgomotului trebuie încorporate elementelor acestui sistem. Astfel se disting:

- metode de combatere a zgomotului la sursă;
- metode de combatere a zgomotului pe căile de propagare ;
- metode de combatere a zgomotului la receptor.

Principalele soluții de combatere a zgomotului la sursă și pe căile de propagare, constau în montarea sursei de zgomot (utilaj, echipament) pe elemente vibroizolante, carcasarea sursei sau montarea de panouri fonoabsorbante.

În cazul în care este necesar să se micșoreze nivelul de zgomot într-un anumit punct (în cadrul procesului tehnologic), între acesta și sursa de zgomot se interpune un ecran fonoabsorbant.

Prin amplasarea unui asemenea ecran se obține o atenuare a nivelului de zgomot aproape pe întreaga gamă de frecvențe, atenuările mai mari fiind înregistrate la frecvențe de peste 2400 Hz. La amplasarea ecranului trebuie avut în vedere ca aceasta să nu deranjeze procesul tehnologic și să permită supravegherea funcționării mașinii și accesul la elemente de comnadă.

Pentru a realiza o atenuare mai mare a nivelului de zgomot , în cazul în care condițiile concrete permit, utilajul respectiv trebuie prevăzut cu o carcasă izolatoare fonic.

Pentru a diminua zgomotului, între sursă și receptor, se interpune un obstacol care prin absorbție, reflexie și difracție reduce nivelul zgomotului . Diminuarea zgomotului se face prin montarea unor astfel de obstacole denumite în general **bariere de zgomot**.

Panourile fonoabsorbante sunt elemente ale barierei de zgomot, prin îmbinarea mai multor panouri obținându-se o barieră de zgomot. Performanțele barierei pot fi influențate de materialul din care s-a obținut dar și de dimensiuni sau formă. Numai o parte din energie va fi absorbită de material, restul va fi transmisă prin barieră sau transmisă prin difracție de marginea superioară a acesteia.

#### 3.1. REDUCEREA ZGOMOTULUI DĂTORAT BARIERELOR ANTIFONICE

Principalul atu în ceea ce privește barierele de reducere a nivelului de zgomot este acela de a proteja comunitățile oamenilor de poluarea sonoră provocată atât de diferite activități industriale cât și de traficul rutier, feroviar sau aviatic. Astfel, există bariere de zgomot la care optimizarea designului, modul de amplasare, poziția și dimensiunea acestora ar putea ridica nivelul de protecție al poluării sonore.

Însă este important de precizat că evitarea unor costuri ridicate și pentru a avea o siguranță că fiecare barieră de zgomot oferă o protecție sonoră ridicată, este prioritară înțelegerea principiilor de bază din punct de vedere al teoriei barierele acustice.

Amplasarea unei bariere de zgomot între sursă și receptor poate reduce foarte mult puterea zgomotului direct, deși de cele mai multe ori, barierele practic reprezintă mediul prin care acesta este filtrat și transmis către receptor. Acest zgomot se numește zgomot transmis și se

notează cu  $L_{p,trans}$ . Undele de zgomot direct care depășesc bariera de zgomot sunt difractate către receptor, respectiv sol sau parte carosabilă, după cum este cazul. Acesta este zgomotul difractat și se notează cu  $L_{p,diff}$  după cum se observă în următoarea figură.

Prezența barierei, de asemenea, elimină zgomotul indirect  $L_{p,grd}$ , o altă sursă importantă de poluare sonoră. Utilizând metoda razelor, Maekawa, s-au pus în evidență performanțele acustice ale unei barierei de zgomot, adică diferența dintre  $L_{p,dir}$  și  $L_{p,diff}$ .

Teoria dezvoltată de Maekawa calculează performanțele acustice ale unui ecran vertical în ceea ce privește numărul Fresnel  $N$ , care este definit ca:

$$N = \frac{2\delta}{\lambda} \quad (3.1)$$

unde:  $\delta$  este diferența dintre lungimea de undă a zgomotului difractat și lungimea de undă a zgomotului direct;  $\lambda$  este lungimea de undă a sunetului în aer;

O posibilitate de a îmbunătăți calitățile fonoabsorbante ale panourilor fonoabsorbante este arcuirea acestora sau simpla curbare a extremității superioare. Prin această modalitate se obține o putere de absorbție mărită de până la 3 ori, ceea ce echivalează cu reducerea înălțimii panourilor până la o treime ceea ce se poate observa din figura următoare.



**Figura 3.1.** Panouri fonoabsorbante cu arc sau curbate în partea superioară

## 3.2. ATENUATOARE DE ZGOMOT

Există mai multe tipuri de atenuatoare de zgomot: atenuatoare reactive, de absorbție și atenuatoare active.

### 3.2.1. Atenuatoare reactive

Atenuatoarele reactive reacționează la propagarea zgomotului, atenuază zgomotul numai prin concepția lor geometrică (măritori sau reduceri ale secțiunii). Ele au un efect de filtru.

Atenuatoarele cu camere de expansiune sau cu lărgirea bruscă a secțiunii precum și atenuatoarele cu lărgirea progresivă a secțiunii sau cele cu camere de rezonanță fac parte din această categorie.

### 3.2.2. Atenuatoare cu absorbție

Acest tip de atenuatoare se utilizează pentru reducerea zgomotului al cărui spectru este continuu și se fabrică de obicei sub forma unui canal căptușit cu materia absorbant.

Deasupra materialului absorbant se pun tole perforate pentru a nu permite destrămarea acestuia la viteze mari. În funcție de tipul și diametrul perforațiilor alese au un efect rezonator.

Ele pot crește atenuarea pentru undele de frecvențe joase și să le scadă pe cele pentru frecvențe mari.

### 3.2.2.1. Atenuatorul drept

Cel mai simplu tip de atenuator cu absorbție este atenuatorul drept ale cărui fețe interioare sunt căptușite cu materiale absorbante, fără schimbarea secțiunii interioare. În figura 3.1. este prezentat un astfel de atenuator .

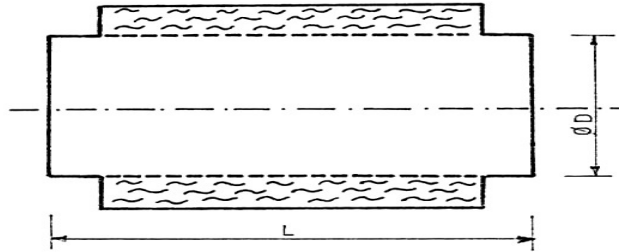


Figura 3.4. Atenuator drept

Atenuarea (pe unitate de lungime) se calculează cu relația :

$$\Delta L = \alpha^{1/4} \frac{P}{S} \left[ \frac{dB}{m} \right] \quad (3.2)$$

Unde :

- $\alpha$  = coeficientul de absorbție al materialului
- $P$  = perimetrul interior al atenuatorului, [m]
- $S$  = secțiunea interioară liberă a atenuatorului, [m<sup>2</sup>]

### 3.2.2.2. Atenuatoare cu lamele

Principali parametri ai acestui atenuator sunt grosimea și densitatea lamelelor, spațiul între lamele și lungimea lamelelor. Cu cât lamelele sunt mai groase și dense, cu atât frecvențele joase sunt mai atenuate. Cu cât spațiul este mai mic, cu atât atenuarea este mai mare la frecvențe mari.

Atenuarea care se obține cu acest tip de atenuator se calculează , cu relația :

$$\Delta L = \frac{4.35\alpha}{(1 + \sqrt{1 + \alpha})^2} \frac{P}{S} \quad (dB) \quad (3.3)$$

Unde :

- $P = 2(d + H)$ , [m]
- $S = dH$ , [m<sup>2</sup>]

### 3.2.3. Atenuatoare active

Atenuatoarele active sunt constituite de regulă sub forma unui canal căptușit cu material fonoabsorbant.

Dacă pe un astfel de atenuator sunt dispuse o serie de panouri fonoabsorbante se realizează atenuatoare active celulare, lamelare și circulare sau șicane fonoabsorbante.

Atenuatoarele active simple sunt eficace numai pentru zgomote ale căror lungimi de undă sunt mai mari decât jumătate din dimensiunea maximă a canalului.

Pentru a se înlătura acest dezavantaj s-au realizat atenuatoare active celulare, obținute prin împărțirea canalului într-o serie de celule identice, fiecare suprafață interioară a celulelor fiind căptușită.



**Figura 3.6.** Atenuatoare active sub forma unui canal căptușit

### 3.2. ATENUAREA SUNETULUI PROPAGAT ÎN AER

Este o metodă tehnică pentru calculul atenuării sunetului propagat în aer, în vederea predeterminării nivelurilor de zgomot ambiental la o distanță de diferite surse.

Metoda determină nivelurile de presiune acustică ponderate  $A$  continue echivalente în condiții meteorologice favorabile propagării de la surse cu emisia acustică cunoscută.

Aceste condiții sunt pentru propagare în direcția vântului sau echivalent, pentru propagare în condiții de inversiune de temperatură moderată, bine dezvoltată, în vecinătatea solului, așa cum există de obicei noaptea. Condițiile de inversiune la suprafața apei nu sunt considerate și pot avea ca rezultat niveluri de presiune acustică mai ridicate decât cele predeterminate.

Metoda constă în mod specific din algoritmi în benzi de octavă pentru calculul atenuării sunetului care provine dintr-o sursă acustică punctiformă sau dintr-un ansamblu de surse punctiforme. Sursa sau sursele pot fi staționare sau în mișcare. Termenii specifici sunt furnizați în algoritmi pentru următoarele efecte fizice :

- divergență geometrică
- absorbție atmosferică
- efectul solului
- reflexia de pe suprafețe
- ecranarea de către obstacole

Relațiile care trebuie să fie utilizate sunt pentru atenuarea sunetului provenit de la surse punctiforme. Prin urmare, sursele de zgomot de dimensiuni mari, cum sunt traficul rutier și feroviar sau un spațiu industrial (care poate obține câteva instalații sau utilaje, împreună cu traficul din interiorul acestui spațiu) trebuie să fie reprezentate de un ansamblu de secțiuni (celule), fiecare având o anumită putere acustică și directivitate.

Pentru a reprezenta atenuarea sunetului provenit din întreaga secțiune se utilizează atenuarea calculată pentru sunetul provenit de la un punct reprezentativ dintr-o secțiune. O sursă liniară poate fi împărțită în secțiuni de linie, o sursă sub forma de suprafață în secțiuni de suprafață, fiecare reprezentată de o sursă punctiformă în centrul său.

Nivelul de presiune acustică în benzi de octavă continuu echivalent în direcția vântului, în poziția receptorului,  $L_{ft}(DW)$  trebuie să fie calculat pentru fiecare sursă punctiformă și sursele imagine ale acesteia și pentru cele opt benzi de octavă cu frecvențele centrale standard de la 63 Hz până la 8 kHz, cu relația următoare :

$$L_{ft}(DW) = L_w + D_c - A \quad (3.4.)$$

Unde:

$L_w$  este nivelul de putere acustică în benzi de octavă, în decibeli, produs de sursa acustică punctiformă în raport cu o putere acustică de referință de un picowatt (1pW);

$D_c$  este corecția de directivitate, care descrie gradul în care nivelul de putere acustică continuu echivalent al sursei acustice punctiforme diferă, într-o direcție precizată, de nivelul unei surse acustice punctiforme omidirecționale care produce un nivel de putere acustică  $L_w$ ;  $D_c$  este egal cu indicele de directivitate  $D_1$  al sursei acustice punctiforme plus un indice  $D_\Omega$  care ține seama de propagarea sunetului într-un unghi solid mai mic de  $4\pi$  steradiani; pentru o sursă acustică punctiformă omidirecțională care radiază în camp liber,  $D_c = 0$  dB;

$A$  este atenuarea în benzi de octavă, în decibeli, care se produce la propagarea de la sursa acustică punctiformă la receptor.

Termenul de atenuare  $A$  din relația (3.4) se obține cu relația (3.5.)

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{sol} + A_{ecran} + A_{dif} \quad (3.5.)$$

Unde :

- $A_{div}$  este atenuarea datorată divergenței geometrice;
- $A_{atm}$  este atenuarea datorată absorbției atmosferice;
- $A_{sol}$  este atenuarea datorată efectului solului;
- $A_{ecran}$  este atenuarea datorată unui ecran;
- $A_{dif}$  este atenuarea datorată altor efecte diferite;

Divergența geometrică se referă la împrăștierea sferică în câmp liber de la o sursă acustică punctiformă, care determină o atenuare, în decibeli, egală cu :

$$A_{div} = \left[ 20 \lg \left( \frac{d}{d_0} \right) + 11 \right] \text{ dB} \quad (3.6.)$$

Unde:

- $d$  este distanța de la sursă la receptor;
- $d_0$  este distanța de referință (= 1 m)

atenuarea datorată absorbției atmosferice  $A_{atm}$ , în decibeli, în timpul propagării pe o distanță  $d$ , în metri se obține cu relația (3.7.)

$$A_{atm} = \alpha * d / 1000 \quad (3.7.)$$

Unde  $\alpha$  este coeficientul de atenuare atmosferică, în decibeli pe kilometr, la frecvența centrală, pentru fiecare bandă de octavă

Atenuarea datorată solului,  $A_{sol}$ , este rezultatul reflectat de suprafața solului, care interferează cu sunetul care se propagă direct de la sursă la receptor. Curba căii de propagare îndreptată în jos (în direcția vântului) face ca această atenuare să fie determinată în principal de suprafețele solului din apropierea sursei și din apropierea receptorului

Un obiect trebuie considerat ca un ecran (adesea numit barieră) dacă îndeplinește următoarele cerințe:

- densitatea pe suprafață este de cel puțin  $10 \text{ kg/m}^2$ ;
- obiectul are o suprafață închisă fără crăpături sau goluri mari;
- dimensiunea pe orizontală a obiectului perpendiculară pe linia sursă – receptor este mai mare decât lungimea de undă acustică  $\lambda$  la frecvența centrală standard a benzii pentru banda de octavă; cu alte cuvinte  $l_1 + l_2 > \lambda$

Atenuarea realizată pe un ecran,  $A_{ecran}$ , trebuie să fie dată de pierderea prin inserție.

Atât difracția la marginea de sus cât și cea în jurul unei margini verticale ale ecranului pot fi importante. Pentru propagare în direcția vântului, efectul de difracție (în decibeli) la marginea de sus trebuie să se calculeze cu relația :

$$A_{\text{ecran}} = D_z - A_{\text{sol}} > 0 \quad (3.8.)$$

iar pentru difracția în jurul unei margini verticale, cu relația :

$$A_{\text{ecran}} = D_z > 0 \quad (3.9.)$$

Unde :

$D_z$  este atenuarea datorita ecranului pentru fiecare bandă de octavă

$A_{\text{sol}}$  este atenuarea datorită solului în absența ecranului (adică fără obstacolul care produce ecranare) .

## CAPITOLUL 4

### CONDIȚII EXPERIMENTALE

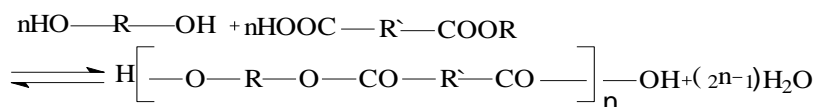
S-au confecționat probe din diferite tipuri de materiale compozite având ca matrice polimeri de tipul rășină poliesterică și rășină formaldehidică, iar ca agent de armare s-a utilizat diferite materiale considerate deșeuri care pot afecta mediul înconjurător.

#### 4.1. MATERII PRIME UTILIZATE LA OBTINEREA COMPOZITELOR

##### 4.1.1. Rășini

##### 4.1.1.1. Rășini poliesterice

Poliesterii reprezintă polimerii obținuți prin condensarea directă, cu dioli, a acizilor dicarboxilici la temperaturi între 150- 200°C, cu și fără prezența catalizatorilor



Materiile prime utilizate la fabricarea poliesterilor sunt : acizi de modificare saturați, acizi policarboxilici nesaturați (acid maleic, acid fumaric), dietilen glicolul, glicoli precum etilen glicolul, dietilen glicolul, propilen glicolul și butilen glicolul sau monomeri ca stirenul și metacrilatul de metil, stabilizatori sau inhibitori ca hidrochinona, săruri cuaternare de amoniu și hidrazinele, catalizatori (peroxizi organici), acceleratori (naftenați de cobalt, plumb, zinc.).

Rezultă produse obținute prin esterificarea unui poliacid cu un polioli .

În funcție de utilizarea lor sunt :

- Poliesteri saturați
- Poliesteri nesaturați

**Rășini poliesterice saturate** se obțin prin reacția dintre mai mulți polioli și poliacizi sau anhidridele lor. La bază se află reacția de esterificare esterificarea.

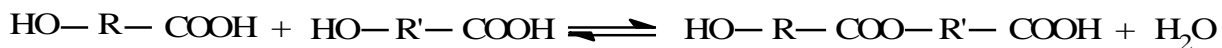
Elaborarea unor diverse rășini ce prezintă diferite caracteristici se urmăresc la fabricație următoarele :

- Rezistența la apă și agenții chimici este dată de ciclurile aromatice
- Reactanții alifatici conferă flexibilitate;
- masa moleculară care poate fi controlată de raportul acid/alcool.

La poliesterificarea acizilor bibazici (acid adipic, anhidrida ftalică, acid azeloic) cu glicoli (neopentilglicol, etilen, propilen ), trioli (glicerină, trimetilolpropan) sau alți polioli rezultă rășini poliesterice pentru poliuretani (rășini care prezintă rezistență termică foarte bună).Rășinile tereftalice se folosesc pentru prepararea emailurilor pentru conductori electrici. Punctul de topire al polimerului este influențat de proporția de acid izoftalic.

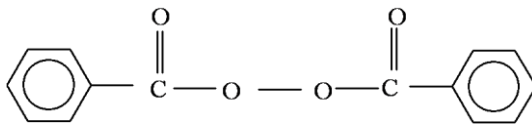


Cea de-a doua etapă constă în poliesterificarea semiesterilor și decurge la temperaturi mult mai ridicate (165 – 225<sup>0</sup>C). Reacția are loc după următoarea schemă:

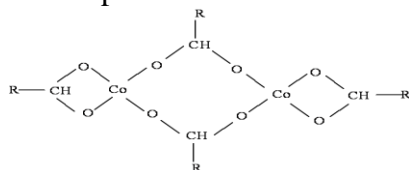


**Reticularea rășinilor poliesterice nesaturate** reprezintă procesul chimic de reacție între RPN și agentul de reticulare (*stirenul*)

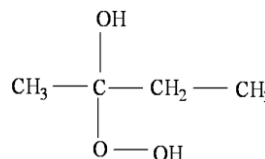
a) reticulare la cald (70-100 grd C) cu catalizatori de tip peroxizi organici, de ex. peroxid de benzoil:



b) Reticulare la temperatura camerei cu catalizatori de tip sistem redox:



Naftenat de cobalt



Peroxid de metiletiletetona

#### 4.1.1.2. Rasini formaldeidice

Formaldehida constituie, printre altele, materia primă de bază pentru fabricarea rășinilor formaldehidice, utilizate în mod prioritar și astăzi în sectorul industrializării lemnului din România în calitate de adezivi sau produse pelicologene pentru finisarea lemnului.

Încă din anul 1992 formaldehida era una din primele 10 substanțe chimice utilizate în industrie astfel încât 90% din aceasta fiind utilizată ca intermediar în sinteza unui mare număr de produse chimice, printre care se numără: rășinile fenol-formaldehidice, ureo-formaldehidice, melamin formaldehidice, etilenglicolul, substanțe pentru fertilizarea solului, dezinfectanți, coloranți, produse cosmetice, etc .

**Rășini fenol-formaldehidice** se împart în două grupe principale:

- Rășini termoplastice care la păstrare îndelungată sau la încălzire până la o temperatură de 200-250° C își mențin solubilitatea și fuzibilitatea. În tehnică aceste rășini se numesc de obicei novolacuri, ele putând să treacă în produși infuzibili după o tratare suplimentară cu aldehydă formică sau hexametilentetramină;
- Rășini termoreactive care la păstrare îndelungată, încălzire sau la rece și în prezență de acizi trec în stare infuzibilă și insolubilă. Rășinile fenol-formaldehidice termoreactive se mai numesc și rășini rezolice.

**Rășini ureo formaldehidice și melamino-formaldehidice** - se obțin prin reacția melaminei și a ureei cu formaldehida în prezența catalizatorilor acizi. Rășinile melamino-formaldehidice reticulează la încălzire, iar rășinile ureo-formaldehidice necesită prezența unui catalizator acid.

**Rășinile ureo-formaldehidice** - se utilizează pentru a produce piese formate colorate cu umplutura din celuloză.

Această umplutură este necesară pentru a produce rezistență mare și o prelucrabilitate bună. Au proprietăți electrice bune la frecvențe scăzute. Aceste rășini au rezistență la apă mai scăzută decât rășinile fenolice și nu se folosesc dacă trebuie menținute în contact îndelungat cu apa. Nu sunt rezistente la acizi sau baze tari. Rășinile ureo-formaldehidice se utilizează la fitinguri și dispersoare pentru lumină, iar în cazul în care se folosește ca umplutură -celuloza se

obțin produse translucide albe. Se pot folosi ca strat superior pentru laminatele decorative (tipul Formica) dacă se utilizează ca umplutură hârtie rezistentă tip sulfat. Restul laminatului este format din rășină fenolică cu umplutură rezistentă tip sulfat.

**Rășinile melamino-formaldehidice** - sunt incolore și se pot utiliza pentru a se produce piese formate incolore, translucide și pentru producerea de laminate.

Dacă sunt umplute cu celuloză piesele sunt mai dure și au o rezistență la temperaturi ridicate mai mare și o rezistență chimică superioară celorlalte produse din rășini ureo-formaldehidice. Ele au de asemenea o absorbție de apă mult mai scăzută. Spre deosebire de rășinile ureo-formaldehidice, rășinile melamino-formaldehidice se pot umple cu azbest, pentru a se obține compoziții cu rezistență superioară la temperaturi mari. Laminatele cu un strat exterior din rășini melamino-formaldehidice sunt mai dure decât cele obținute din rășini ureo-formaldehidice și se folosesc pentru aplicații decorative unde e necesară o suprafață rezistentă la uzură.

#### 4.1.2. Deșeuri

Pentru armarea matricilor polimerice s-au utilizat diverse materiale organice și anorganice considerate deșeuri care pot afecta mediul înconjurător.

**Tabelul 4.6.** Deșeuri organice utilizate la ranforsare

Nr.crt.	Tip deșeu
	Deșeuri organice
1	granule de polipropilenă
2	deșeu din polistiren
3	deșeu din lemn
4	deșeu fulgi PET

**Tabelul 4.7.** Deșeuri anorganice utilizate la ranforsare

Nr.crt.	Tip deșeu
	Deșeuri anorganice
1	cioburi sticlă
2	zgură de termocentrală
3	deșeu steril menajer
4	zgură de oțelărie
5	cenușă rezultată la arderea coajilor de semințe
6	fibră de sticlă
7	cenușă de termocentrală

În următoarele tabele sunt prezentate principalele caracteristici ale deșeurilor utilizate ca materiale de ranforsare alături de matricea polimerică.

**Tabelul 4.8.** Caracteristici deșeuri organice

Tip de deșeu	Denumire deșeu	Forma particulei	Dimensiune particulă
organic	deșeu polipropilenă	ovală	5mm
	deșeu din polistiren	rotundă	1÷7mm
	deșeu din lemn	așchi	0,1÷1mm
	deșeu din lemn	așchi	1÷5mm
	deșeu din lemn	așchi	5÷10mm
	deșeu din lemn	așchi	10÷15mm
	deșeu fulgi PET	așchi	10÷15mm

**Tabelul 4.9.** Caracteristici deșeuri anorganice

Tip de deșeu	Denumire deșeu	Forma particulei	Dimensiune particulă
anorganic	cioburi sticlă	formă neregulată	< 500 μm÷>3mm
	zgură de termocentrală	formă neregulată	< 500 μm÷>4mm
	steril menajer	formă neregulată	< 500 μm÷>4mm
	zgură de oțelărie	formă neregulată	< 500 μm÷>4mm
	cenușă rezultată la arderea cojilor de semințe	formă neregulată	< 500 μm÷>4mm
	fibră de sticlă	formă neregulată	< 1mm÷ 2mm
	cenușă de termocentrala	formă neregulată	< 500 μm÷>4mm

Materiile prime de armare utilizate la obținerea probelor sunt deșeuri industriale care provin de la diferite procese tehnologice.

#### 4.1.2.1 Deșeuri organice

Pentru o serie de deșeuri organice, în prezent, se fac numeroase încercări de recuperare, transformare, dezintegrare adeseori destul de costisitoare, pe baza unor fluxuri tehnologice destul de complicate .

##### *Deșeurile din lemn*

Sunt rezultatul obținerii placilor din lemn cu rezistență mărită, deșeuri ce au fost prelevate de-a lungul fluxului tehnologic, la care diferența de dimensiune a așchiei de lemn este datorată mașinii de tăiat care perlucrează lemnul brut.

##### *Deșeuri din plastic*

Cele mai răspândite deșeuri din plastic sunt: deșeurile de polipropenă sub formă de granule și deșeu de polistiren, rezultate din fluxul tehnologic din industria de obținere a abalajelor. În această categorie – peste 35%, un loc important îl ocupă buteliile de plastic de tip PET .

Deșeurile de polietilentereftalat (PET) sunt transformate în fulgi (pelete) conform schemei prezentate figura 4.2.



**Figura 4.2.** Flux tehnologic la obținerea „fulgilor” PET

Astăzi sunt o sumedenie de studii și cercetări pentru a găsi soluții de reciclare, incinerare sau degradare chimica a deșeurilor din polietilen tereftalat PET .

#### 4.1.2.2 Deșeuri anorganice

Deșeurile anorganice folosite ca ranforsant sunt prezentate în tabelul 4.9. S-a urmărit ca aceste deșeuri să aibă o distribuție granulometrică bine controlată, pentru a asigura reproductibilitatea datelor obținute. Încercările preliminare au arătat că eventualele impurități anorganice prezente în proporții, de până la 10%, nu au afectat atât proprietățile fizico-mecanice cât și cele fonoabsorbante ale compozitelor obținute.

##### *Cioburi de sticlă*

„Cioburile de sticlă” se refolosesc atât la fabricile de sticlă, cât și în unele fabrici de ceramică, ca adaos în amestecul de materii prime în proporție de 15 - 20% .

##### *Zgură și cenușă de termocentrală*

Majoritatea termocentralelor din România care funcționează cu combustibil solid au ca rezultat al procesului de ardere zgură și cenușă. Aceste deșeuri sunt utilizate cu rezultate bune cu precădere în industria cimentului. Dar sunt totuși cantități mari de zgură și cenușă depozitate în halde care au un efect negativ asupra poluării aerului și ca atare se caută utilizarea acestor tipuri de deșeuri în alte domenii.

##### *Cenușă de la arderea cojilor de semințe*

În procesul de obținere și prelucrare a uleiurilor vegetale rezultă o serie de subproduse și deșeuri care se utilizează astăzi pe scară mare. Prin ardere cojile de semințe furnizează 3500 – 4000 cal/kg. Având în vedere cantitățile mari de deșeu de astfel de cenușă care are efecte negative asupra mediului se încearcă utilizarea acestuia și cu alte scopuri.

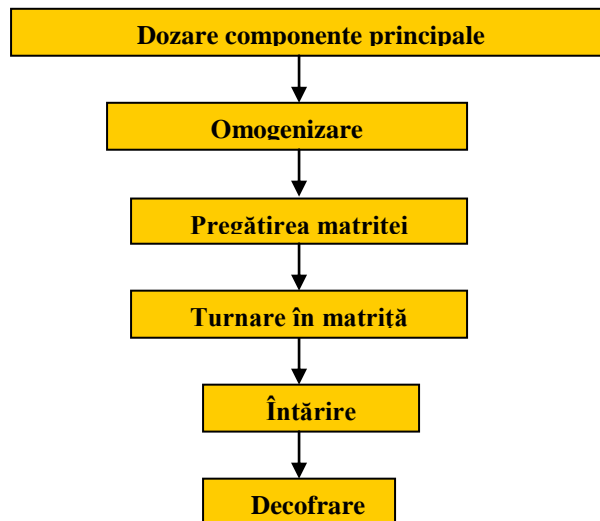
##### *Zgură de oțelărie*

Acest tip de material este rezultatul topirii electrice cu electrozi de molibden și obținerea topiturii de metalice. În urma procesului de topire pe pereții cuptorului electric se depune această zgură care este apoi îndepărtată și depozitată în halde.

## 4.2. OBȚINEREA COMPOZITELOR POLIMERICE

Pentru testarea caracteristicilor fonoabsorbante ale compozitelor s-au realizat probe din rășini polimerice de tip poliesteric și formaldehidic, armate cu diferite materiale considerate deșeuri, organice sau anorganice ale căror caracteristici sunt prezentate în tabelele 4.8. și 4.9.

În figura următoare este prezentată schema procesului tehnologic de obținere a probelor din material compozit .



**Figura 4.3.** Schema procesului tehnologic de obținere a probelor de material compozit

Dozarea deșeurilor și rășinii se face se face gravimetric cu precizie de  $\pm 0,01g$ .

Omogenizarea se realizează într-un vas de rezistent la șocuri deoarece pentru a avea o compoziție uniformă se face o omogenizare intensă.

Turnarea în matriță reprezintă următoarea operație aferentă procesului tehnologic, care se face după o prealabilă pregătire a acesteea. Matrița este prezentată în figura 4.3.

Întarirea - se face ca cald în etuvă la temperatura de  $120^{\circ}C$  timp de 4 ore apoi încă 4 ore la temperatura camerei.

Decofrarea – este operația finală ce reprezintă scoaterea din matriță a probei de material compozit obținut.



**Figura 4.4.** Matrița utilizată la obținerea probelor

În urmatorul tabel sunt prezentate probele obținute conform schemei și procedeuului descris mai înainte.

**Tabelul 4.10.** Probele de material compozit elaborate

Proba	Rășină	%	Deșeu	%
P1	Poliesterică(Po)	50	Granule polipropilenă	50
P2		80	Lemn (1÷5mm)	20
P3		20	Fulgi PET	80
P4		40	Cioburi sticlă	60
P5	Fenol-formaldehidică(FF)	20	Zgură termocentrală	80
P6		20	Steril menajer	80
P7		20	Lemn (0,1÷1mm)	80
P8	Ureo-formaldehidică(UF)	20	Lemn (5÷10mm)	80
P9		20	Lemn (10÷15mm)	80
P10		20	Zgură oțelărie	80
P11	Malamino-formaldehidică(MF)	20	Cenușă rezultată la arderea cojilor de semințe	80
P12		20	Fibră de sticlă	80
P13		20	Cenușă de termocentrală+polistiren	10+70

## CAPITOLUL 5

### METODE EXPERIMENTALE

#### 5.1. MATERII PRIME

Materiile prime de armare au fost după caz supuse uscării (deșeu de lemn, zgură de termocentrală, deșeu steril menajer, zgură de oțelărie, cenușă rezultată la arderea cojilor de semințe și cenușă de termocentrală) conform SR ISO 5264:1995 apoi măcinării (absolut necesară

pentru unele deșeuri cum sunt zgură de termocentrală, sticlă, zgură de oțelărie) conform SR ISO 2591-1 : 2003 .

Uscarea s-a impus mai ales datorită condițiilor de păstrare a acestor materiale. Operația de măcinare din cadrul procesului tehnologic este importantă, deoarece caracteristicile granulometrice ale materialelor macinate determină atât nivelul de calitate al produsului finit, cât și valorile efective ale unor indicatori tehnico-economici de eficiență .

Deasemenea materiile prime de armare s-au analizat din punct de vedere al distribuției granulometrice prin cernere pentru fracția grosieră, după caz, pentru deșeuri de lemn, zgură termocentrală, deșeu steril menajer, zgură de oțelărie, cenușă rezultată la arderea cojilor de semințe, cenușă de termocentrală conform SR EN-933-1:2002.

Operația de cernere s-a realizat cu aparatul Verder A5200 basic pe care se poate monta maxim 8 site. Sitele sunt conform DIN ISO 3310/1.

Fracțiile fine au fost analizate cu ajutorul granulometrului cu fascicol laser MALVERN, MASTERSIZER 2000. Domeniul de măsură 20 nm – 2 mm, cu unitate de dispersie semiautomată Hydro2000MU și o unitate de dispersie în aer SCIROCCO automată, operație efectuată conform SR ISO 13320-1 : 2001.

S-a urmărit pentru toate deșeurile amintite să aibă o distribuție granulometrică bine controlată pentru a asigura reproductibilitatea datelor obținute.

Încercările preliminare au arătat că eventualele impurități anorganice prezente în proporții, de până la 10%, nu au afectat proprietățile mecanice ale compozitelor .

## 5.2. MATERIALE COMPOZITE

Pentru caracterizarea materialelor compozite obținute s-au folosit metode cunoscute, standardizate :

- Rezistența la compresiune [ SR EN 993-5/ 2001]
- Rezistența la încovoiere [SR EN. 1340-5/2004]

Încercările la compresiune și încovoiere s-au realizat cu mașina universală de încercări tip ZDM 5 tone și 30 tone prevăzute cu 3 scări de măsurare.

- Densitate, porozitatea aparentă [SR EN 993-1/ 1997]
- Determinare absorbție apă – stabilitate față de apă [SR EN ISO 10545 – 3 : 1999]
- Microscopie electronică și analiză elementală

Pentru analiza structurii și interfeței materialului compozit s-au făcut și determinări microscopice. Investigarea probelor s-a efectuat cu ajutorul microscopului electronic cu baleiaj QUANTA INSPECT F prevăzut cu tun de electroni cu emisie în câmp - FEG (*field emission gun*) cu rezoluție de 1,2 nm și spectrometru de raze X dispersiv în energie (EDS) cu rezoluția la MnK de 133 eV. Pentru investigarea la microscopul electronic cu baleiaj, probele au fost vizualizate la diferite ordine de mărire.

- Determinarea coeficientului de absorbție fonică cu interferometrul acustic

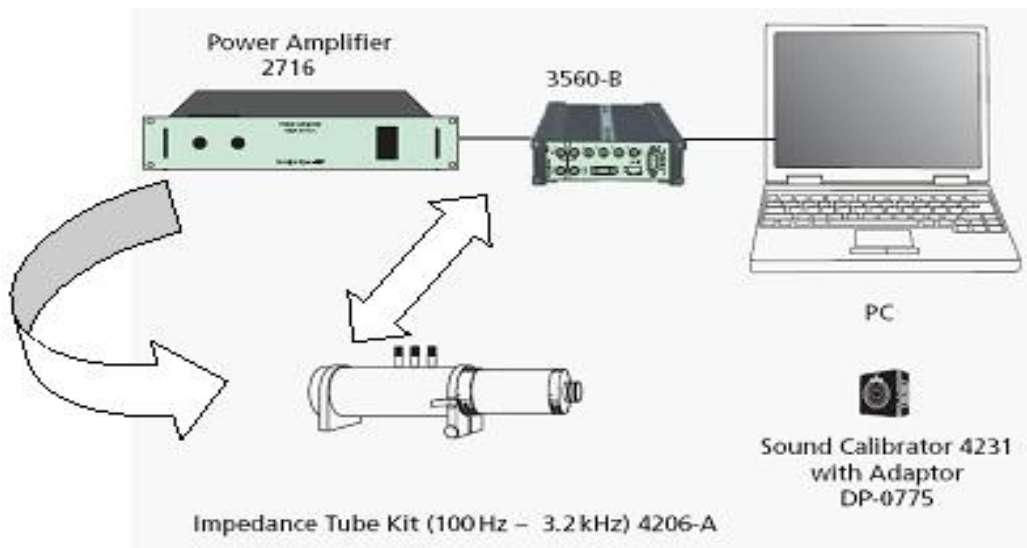
Metodă se poate utiliza pentru determinarea coeficientului de absorbție al absorbanților acustici la incidența acustică normală. În plus aceasta poate fi utilizată pentru determinarea impedanței suprafeței. Aceasta convine perfect studiilor parametrilor și concepției absorbanților acustici deoarece sunt necesare numai eșantioane mici de material absorbant de mărimea ariei secțiunii transversale a tubului.

Coeficientul de absorbție acustică,  $\alpha$  reprezintă raportul dintre puterea acustică absorbită de suprafața probei (fără reflexie) și puterea acustică incidentă, pentru o undă plană cu incidența normală și se deduce cu următoarea relație :

$$\alpha = \frac{4 \cdot 10^{\frac{\Delta L}{20}}}{\left(10^{\frac{\Delta L}{20}} + 1\right)^2} \quad (5.1)$$

Aparatura pentru încercare constă într-un tub interferometru acustic (tubul Kundt), tip 4206-A (tubul mediu) , un sistem de achiziție simultană a semnalelor pe cinci canale cu generator de semnale – multianalizor PULSE tip 3560-B-030, două microfoane tip 4187, un amplificator de semnal 2716 și un calibrator acustic tip 4231 cu adaptor DP-0775 pentru microfoane. Toate aceste echipamente sunt produse de Brüel & Kjær și se pot vedea schematic în figura 5.3. [99] .

Domeniul analizat pentru curbele de absorbție cu interferometrul acustic tip 4206 A este între 100 Hz și 3.2 kHz.



**Figura 5.3.** Schema generală a sistemului de măsurare cu interferometru acustic

Înainte de începerea măsurării s-a determinat viteza sunetului  $c_0$  în tub, apoi se calculează lungimile de undă la frecvențele de măsurare. Viteza sunetului se determină ținând cont de temperatura aerului din tub.

Temperatura din tub trebuie măsurată și menținută constantă în timpul măsurării cu o toleranță de  $\pm 1$  K, deoarece atât viteza sunetului cât și lungimea de undă  $\lambda_0$  sunt dependente de temperatură.

Viteza sunetului și lungimea de undă se determină cu relațiile :

$$c_0 = 343.2 \sqrt{T/293} \quad (5.2) \text{ m/s unde } T \text{ este temperatura în grade Kelvin}$$

$$\lambda_0 = c_0/f \quad (5.3) \text{ unde } f \text{ reprezintă frecvența de măsurare}$$

Densitatea aerului se calculează cu relația (5.4)

$$\rho = \rho_0 * \frac{P_a T_0}{P_0 T} \quad (5.4) \text{ unde } T \text{ este temperatura în grade Kelvin}$$

$P_a$  este presiunea atmosferică în kilopascali

$T_0 = 293 \text{ } ^\circ\text{K}$

Înainte de fiecare măsurare se efectuează calibrarea echipamentului.

### 5.2.1. Reducerea nivelului de zgomot prin atenuarea undelor sonore datorat unei bariere confecționată din material compozit

Într-un contrast puternic cu materiale fonoabsorbante care sunt ușoare și poroase, materialele izolatoare fonice sunt masive și compacte. Ca atare aceste materiale izolatoare sunt structuri fonoizolatoare eficiente prin interpunerea între sursa de zgomot și receptori.

Este o practică comună pentru a specifica caracteristicile acustice a peretelui izolator în ceea ce privește reducerea nivelului presiunii acustice.

Ecuția care definește reducerea transmisiei este :

$$TL = 10 \log \left( \frac{W_\alpha}{W_2} \right) \text{ dB} \quad (5.5)$$

Unde  $TL$  = reducerea transmisiei în dB

$W_\alpha$  = puterea acustică incidentă pe perete

$W_2$  = puterea acustică radiată

Coefficientul de transmisie este definit de :

$$\tau = \frac{P_{transmisia}^2}{P_{incidenta}^2} \quad \text{sau} \quad \tau = \frac{W_2}{W_\alpha} \quad (5.5)$$

unde  $\tau$  = coeficient de transmisie.

$\tau$  este raportul dintre puterea acustică ce a trecut prin perete și puterea acustică incidentă pe perete.

În final ecuația reducerii transmisiei este :

$$TL = 10 \log \left( \frac{1}{\tau} \right) \text{ dB} \quad (5.6)$$

Există o stransă dependență între variația reducerii transmisiei datorate unui perete omogen și frecvența undelor sonore. La frecvențe joase rigiditatea peretelui influențează reducerea transmisiei.

În practică reducerea poluării fonice, ce provine de la diferite surse care emit unde sonore la nivele ce deranjează urechea umană, se realizează prin interpunerea între sursă și receptori a unei bariere/perete antifonice.

Undele sonore ce provin de la sursa emitentă și care se propagă către receptori suferă un proces de difracție care difracție depinde de distanța dintre barieră, sursă și receptori .

Problema difracției care depinde de muchiile barierei a fost tratată de Sommerfeld, McDonald, Redfearn .

Difracția se referă la diverse fenomene asociate cu ocolirea de către undă a obstacolelor apărute în calea lor. Difracția are loc în cazul oricărui tip de undă, inclusiv undele acustice, undele de la suprafața apei, undele electromagnetice sau lumina vizibilă.

În general, difracția undelor este considerată, din punct de vedere teoretic, ca un caz de interferență multiplă a undelor secundare provenite de la un număr foarte mare de surse secundare punctiforme, ce înlocuiesc frontul de undă (conform principiului lui Huygens). Fresnel a demonstrat că undele secundare ce se propagă spre mediul din care au venit interferă distructiv, în timp ce undele secundare ce se propagă dincolo de obstacol produc franje de maxim și de minim, cunoscute ca franje de difracție.

Maekawa a sugerat că, se obțin rezultate bune prin însumarea tuturor domeniilor difractate ale fiecărei muchii .

Moreland și Musa a continuat să dezvolte o expresie bine definită, experimental justificată, referitoare la difracția undelor sonore ce depind de muchiile barierei .

Cercetătorii au dezvoltat o expresie a nivelului presiunii sonore și au realizat o serie de măsurări de zgomot prin plasarea unei bariere de formă rectangulară între sursă și receptor.

### 5.2.2. Nivelul presiunii sonore fără barieră

În primă fază s-au efectuat măsurări ale nivelului de zgomot la momentul inițial, adică fără interpunerea barierei antifonice între sursă și receptor.

Astfel s-a determinat presiunea medie patrată cu ecuația urmatoare :

$$p_0^2 = W\rho_0 c \left( \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \text{ Pa}^2 \quad (5.7)$$

Unde  $p_0^2$  = presiunea medie pătrată fără barieră

În continuare nivelul presiunii sonore este dat de relația :

$$L_{p_0} = L_w + 10 \log \left( \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \text{ dB} \quad (5.8)$$

Unde  $L_{p_0}$  = nivelul presiunii sonore fără barieră (dB)

$L_w$  = nivel de putere al sursei (dB)

$Q$  = directivitatea sursei

$R$  = constanta camerei fără barieră ( $\text{m}^2$ )

$r$  = distanța de la sursă la receptor (m)

### 5.2.3. Nivelul presiunii sonore cu bariera

Presiunea patrată medie ,  $p_2^2$ , de la receptor în cazul interpunerii unei bariere este dată de urmatoarea expresie :

$$p_2^2 = p_{r_2}^2 + p_{b_2}^2 \text{ Pa}^2 \quad (5.9)$$

unde  $p_{r_2}^2$  = presiunea patrată medie de la receptor datorită domeniului reverberant exprimată în  $\text{Pa}^2$

$p_{b_2}^2$  = presiunea patrată medie de la receptor datorată domeniilor difractate în jurul marginilor barierei exprimată în  $\text{Pa}^2$

Atunci nivelul presiunii sonore este dată de relația :

$$L_{p_2} = 10 \log \left( \frac{p_2^2}{p_{re}^2} \right) \text{ dB} \quad (5.10)$$

prin inlocuire cu relația (5.1) rezultă :

$$L_{p_2} = 10 \log \left( \frac{p_{r_2}^2 + p_{b_2}^2}{p_{re}^2} \right) \text{ dB} \quad (5.11)$$

Relație care exprimă nivelul presiunii sonore ,  $L_{p2}$ , de la receptor în ceea ce privește domeniile reverberante și difractate.

#### 5.2.4. Campuri difractate datorate barierelor

Teoria difracției datorată barierelor poate fi bine dezvoltată pentru suprafețe definite cu lungimea mai mare decât înălțimea.

În acest sens s-au efectuat cercetări de către Born și Wolf și Tatge, Moreland și Musa sugerează o expresie a difracției rezultând o nouă ecuație referitoare la presiunea patrată medie astfel :

$$p_{b2}^2 = p_{d2}^2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{3 + 10N_i} \quad \text{Pa}^2 \quad (5.12)$$

unde  $p_{d2}^2$  = presiunea patrată medie datorată câmpurilor directe înainte de plasarea barierei exprimată  $\text{Pa}^2$

$N_i$  = reprezintă numărul lui Fresnel care este dat de următoarea relație:

$$N_i \equiv \frac{2\delta_i}{\lambda} \quad (5.13)$$

unde  $\delta_i$  = diferența dintre calea directă și calea difractată dintre sursă și receptor exprimat în metri.

$\lambda$  = lungimea de unda (m)

Diferența dintre calea directă și calea difractată dintre sursă și receptor se calculează astfel :

$$\begin{aligned} \delta_1 &= [(r_1 + r_2) - (r_3 + r_4)] \quad (\text{m}) \\ \delta_2 &= [(r_5 + r_6) - (r_3 + r_4)] \quad (\text{m}) \\ \delta_3 &= [(r_7 + r_8) - (r_3 + r_4)] \quad (\text{m}) \end{aligned} \quad (5.14)$$

Ecuația (1) poate fi extinsă astfel :

$$(4) \quad p_{b2}^2 = p_{d2}^2 \left( \frac{1}{3 + 10N_1} + \frac{1}{3 + 10N_2} + \frac{1}{3 + 10N_4} \right) \quad (\text{Pa}^2)$$

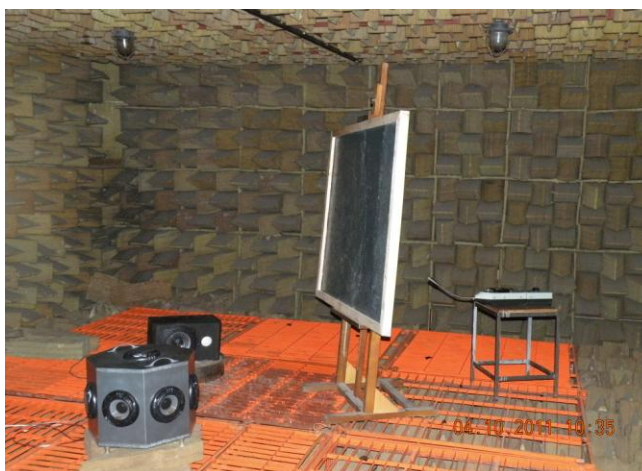
Încercările la zgomot au ținut seama de standardele internaționale, europene și românești :

Standarde armonizate (INTERNAȚIONALE): SR EN ISO 717-1 și SR EN ISO 717-2.

Standarde ROMÂNEȘTI: STAS 10009-88 .

Testul de atenuare a nivelului de zgomot s-a efectuat în camera anecoică figura 4.7. proiectată și realizată conform prevederilor din ISO 3745 (volumul de 1200 m<sup>3</sup> și coeficient de absorbție al pereților a 99% în banda de frecvență de la 150 Hz până la 20 000 Hz) iar măsurările nivelului presiunii acustice s-a efectuat cu un sonometru (Solo 01 dB MTRAVIB ) sonometru de clasă 1 prevăzut cu filtru de 1/1 octave. Domeniul de măsurare: 30-140 dB.

Bariera atenuatoare reprezintă proba de material compozit confecționat din rășină poliesterică 50% armată cu granule de polipropilenă. Pentru emiterea undelor sonore s-a utilizat o sursă punctiformă reprezentată de două difuzoare iar undele sonore pe fiecare frecvență sunt produse de un generator de unde sonore.



**Figura 5.10.** Experimentul de atenuare a undelor sonore din camera surdă

În conformitate cu Directiva 49/2002 preluată în legislația românească de Hotărârea 321/2005 a cărei principala sarcină este aceea de a crea o bază comună pentru administrarea urbană a zgomotului ambiental și anume :

- Monitorizarea problemelor de mediu prin solicitarea autorităților competente ale statelor membre să creeze “hărți acustice strategice” pentru șosele, căi ferate, aeroporturi și aglomerările importante utilizând indicatori de zgomot armonizati precum :  $L_{den}$  și  $L_{night}$ . Aceste hărți vor fi utilizate pentru evaluarea numărului de persoane afectate de zgomot în întreaga UE.

## CAPITOLUL 6

### CERCETĂRI EXPERIMENTALE

#### 6.1. MATERII PRIME

##### 6.1.1. Uscarea materiilor prime de armare

După caz, datorită condițiilor de depozitare, materiile prime de armare au fost supuse operației de uscare.

S-a determinat umiditatea totală  $W_t^i$  care reprezintă suma dintre umiditatea de îmbibație  $W_{\hat{t}}^i$  și umiditatea higroscopică  $W_h^i$ .

Umiditatea de îmbibație  $W_{\hat{t}}^i$  este cantitatea de apă pierdută prin uscare în aer până la masă constantă și se calculează cu relația:

$$W_{\hat{t}}^i = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100 \quad (6.1)$$

În care:

$m$  = masa probei luată pentru determinare, în grame;

$m_1$  = masa tăvii cu proba înainte de uscare, în grame;

$m_2$  = masa tăvii cu proba după uscare, în grame

Umiditatea higroscopică  $W_h^i$  este cantitatea de apă eliminată prin uscare în etuvă la  $150^0$

C .

Se calculează cu următoarea formulă:

$$W_h^i = \frac{m_4 - m_5}{m} * 100 \quad (6.2)$$

În care :

$m$  = masa probei luate în lucru, în grame

$m_4$  = masa fiolei cu proba luată în lucru, înainte de uscare în etuvă, în grame

$m_5$  = masa fiolei cu proba luată în lucru, după uscare în etuvă, în grame

Umiditatea totală  $W_t^i$  este conținutul total de apă și se determină cu relația:

$$W_t^i = W_i^i + W_h^i \quad (6.3)$$

Rezultatele determinărilor privind umiditatea totală sunt afișate în tabelul următor :

**Tabelul 6.1. Rezultate la uscarea deșeurilor utilizate ca materiale de armare**

Deșeu	$W_t^i$ %
Lemn (1÷5mm)	10,74
Cioburi sticlă	1,98
Zgură termocentrală	44,79
Steril menajer	30,21
Lemn (0,1÷1mm)	12,69
Lemn (5÷10mm)	8,31
Lemn (10÷15mm)	5,56
Zgură oțelărie	0,72
cenușă rezultată la arderea cojilor de semințe	14,39
Fibră de sticlă	2,55
Cenușă de termocentrală+polistiren	1,29
Cioburi de sticlă	0,09

### 6.1.2. Analiza distribuției granulometrice pentru materiile prime de armare

Materiile prime de armare s-au caracterizat din punct de vedere al distribuției granulometrice prin cernere pentru fracțiile grasiere și granulometrie laser pentru fracțiile fine < 500  $\mu\text{m}$ .

În tabelul 6.2. este prezentată distribuția granulometrică pentru fracțiile grosiere :

**Tabelul 6.2. Distribuția granulometrică pentru fracțiile grosiere a materialelor de armare**

Tip de deșeu		Rest pe sită %			
		4mm	2mm	500 $\mu\text{m}$	<500 $\mu\text{m}$
Organic	Lemn (0,1÷1mm)	2,16	11,36	53,33	26,66
	Lemn (5÷10mm)	5,00	20,00	27,50	2,90
	Lemn (10÷15mm)	92,50	6,25	3,37	0,55
Anorganic	Zgură oțelărie	10,40	33,33	44,44	15,62
	Steril menajer	2,92	12,24	32,65	38,77
	Zgură termocentrală	7,84	18,62	56,86	16,66
	cenușă rezultată la arderea cojilor de semințe	4,62	5,60	37,38	52,33

Pentru a putea fi observată mai clar, distribuția granulometrică a fracțiilor grosiere aceste sunt prezentate grafic în figura 6.1 A, B, C pentru deșeurile organice și figura 6.2 A, B, C, D pentru deșeurile anorganice.

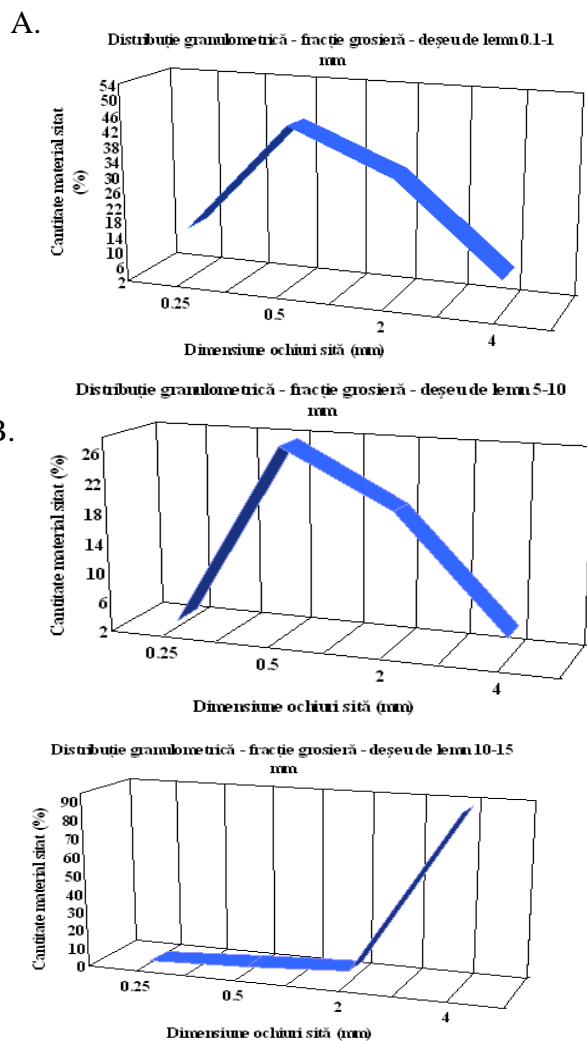
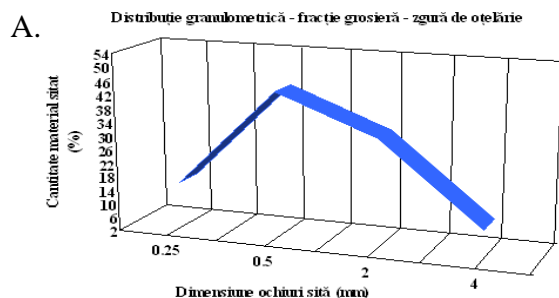
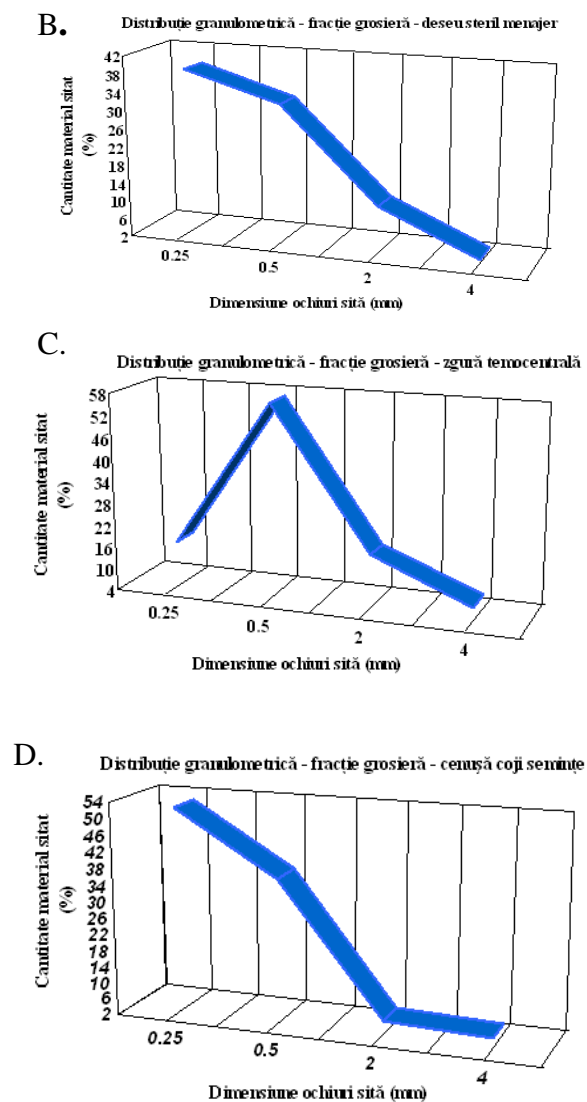


Figura 6.1. Distribuția granulometrică pentru deșeu organic



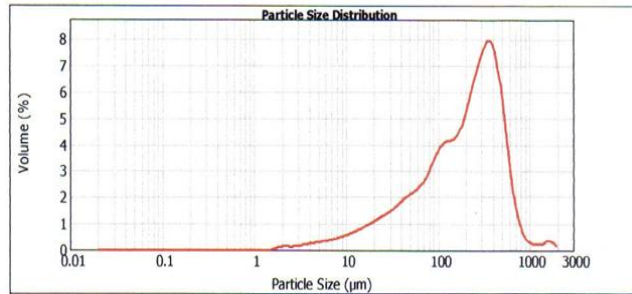


**Figura 6.2.** Distribuția granulometrică pentru deșeu anorganic

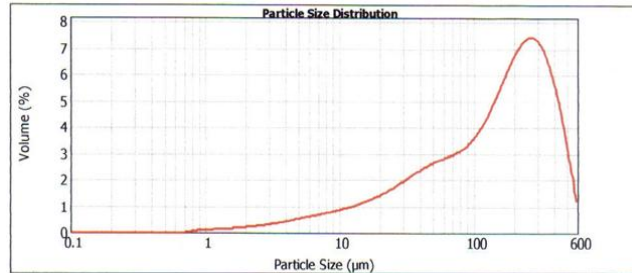
Fracțiile fine au fost analizate cu ajutorul granulometrului cu fascicul laser, așa cum s-a precizat în capitolul anterior. S-au efectuat determinări ale distribuției granulometrice pe următoarele materii prime utilizate ca materiale de armare, cum sunt: deșeu steril menajer, cenușă rezultată la arderea cojilor de semințe, cenușă de termocentrală, zgură de oțelărie, zgură de termocentrală și cioburi de sticlă.

Rezultatele acestor determinări sunt prezentate grafic în figura 6.3 A-F:

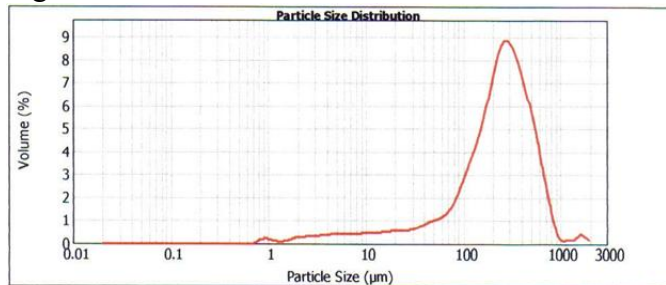
A. Granulometrie laser zgură oțelărie



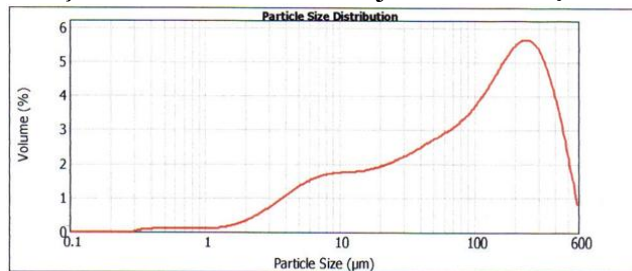
B. Granulometrie laser deșeu steril menajer



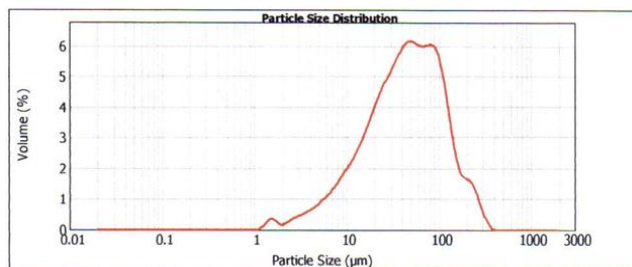
C. Granulometrie laser zgură termocentrală



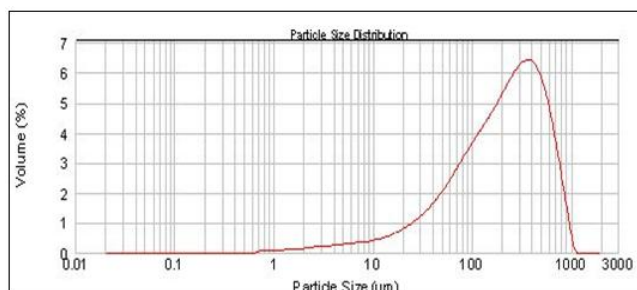
D. Granulometrie laser cenușă rezultată la arderea cojilor de semințe



E. Granulometrie laser cenușă de termocentrală



## F. Granulometrie laser cioburi de sticlă



**Figura 6.3. A-F** Distribuția granulometrică pentru deșeurile anorganice

După cum se observă, materiile prime respectiv diferite tipuri de deșuri organice sau anorganice, utilizate ca agenți armare în matricea polimerică au din punct de vedere granulometric un interval larg al dimensiunilor particulelor componente.

Acest lucru influențează atât condițiile și procesul tehnologic de obținere a materialelor compozite cât și caracteristicile compozitelor polimerice elaborate.

### 6.2. CARACTERISTICI ALE COMPOZITELOR POLIMERICE PE BAZĂ DE DEȘEU

#### 6.2.1. Proprietăți fizico-mecanice ale compozitelor

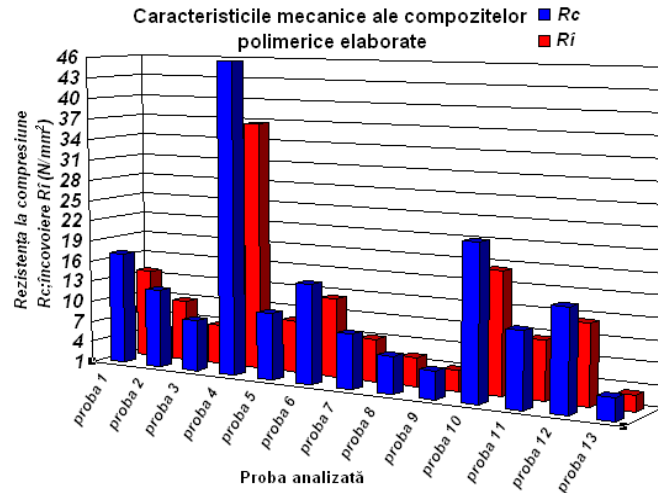
##### 6.2.1.1. Rezistență la compresiune și încovoiere

Compozitele polimerice obținute au fost testate din punct de vedere al rezistenței la încovoiere și la compresiune. Rezultatele acestor teste sunt prezentate în următorul tabel :

**Tablelul 6.3.** Caracteristicile mecanice ale compozitelor polimerice elaborate

Proba	Compozit				Rezistențe mecanice	
	Rășină	%	Deșeu	%	Încovoiere R <sub>i</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Compresiune R <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
1	Poliesterică (Po)	50	Granule polipropilenă	50	13,77	17,21
2		80	Lemn (1÷5mm)	20	9,77	12,21
3		20	Fulgi PET	80	6,68	8,34
4		80	Cioburi sticlă	20	36,64	45,80
5	Fenol-formaldehidică (FF)	20	Zgură termocentrală	80	8,44	10,55
6		20	Steril menajer	80	12,20	15,24
7		20	Lemn (0,1÷1mm)	80	7,01	8,76
8	Ureo-formaldehidică (UF)	20	Lemn (5÷10mm)	80	5,06	6,32
9		20	Lemn (10÷15mm)	80	3,93	4,91
10		20	Zgură oțelărie	80	18,28	22,84
11	Malamino-formaldehidică (MF)	20	Cenușă rezultată la arderea cojilor de semințe	80	9,34	11,67
12		20	Fibră de sticlă	80	12,26	15,32
13		20	Cenușă de termocentrală+ polistiren	10 + 70	3,30	4,12

Pentru a putea fi observate mai clar caracteristicile mecanice ale compozitelor polimerice obținute acestea sunt prezentate grafic în figura 6.4 .



**Figura 6.4.** Rezistența la compresiune și încovoiere pentru probele de material compozit elaborate

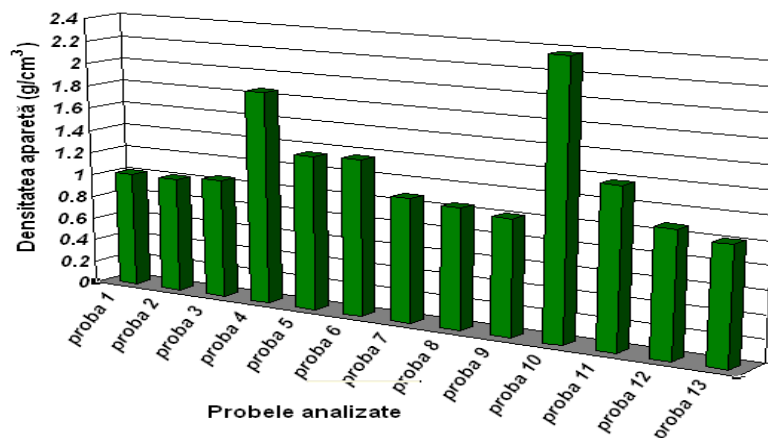
Așa cum era de așteptat, rezistența la compresiune și încovoiere a compozitelor, variază în limite largi în funcție de natura deșeurii, precum și în funcție de proporția materialului de armare utilizat.

Astfel cea mai bună rezistență mecanică (atât la compresiune cât și la încovoiere) o prezintă proba 4 respectiv proba confecționată din rășină poliesterică 20% armată cu cioburi de sticlă 80%. Cea mai scăzută rezistență mecanică o prezintă proba 13 confecționată din rășină melamino-formaldehidică 20% în care s-a înglobat cenușa de termocentrală 10% și granule de polistiren 70%.

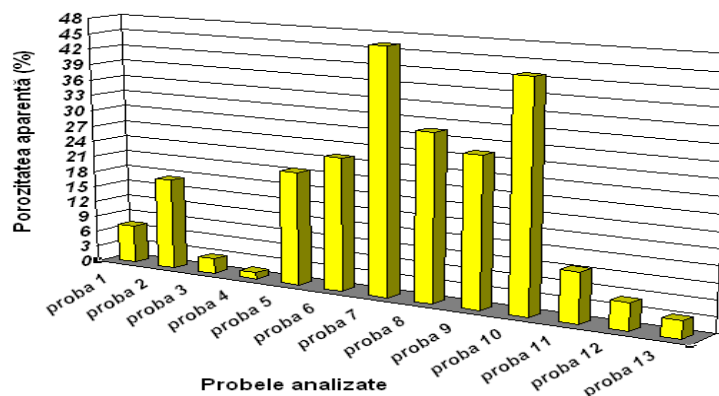
Pentru ca aceste tipuri de materiale compozite să posede proprietăți fonoabsorbante considerabile, s-a utilizat un procent mai mare de deșeu ca material de armare în matricea polimerică, astfel încât un material cu porozitate cât mai mare determină o absorbție mai bună a undelor sonore. De aceea rezistența mecanică ale compozitelor obținute are valori scăzute.

#### 6.2.1.2. Densitate și porozitate aparentă

Probele din material compozit elaborate au fost analizate din punct de vedere al densității și porozității aparente, fapt pentru care rezultatele sunt prezentate în figura 6.5 pentru densitatea aparentă și figura 6.6. pentru porozitatea aparentă.



**Figura 6.5.** Densitate aparentă pentru probele de material compozite elaborate



**Figura 6.6.** Porozitatea aparentă pentru probele de material compozite elaborate

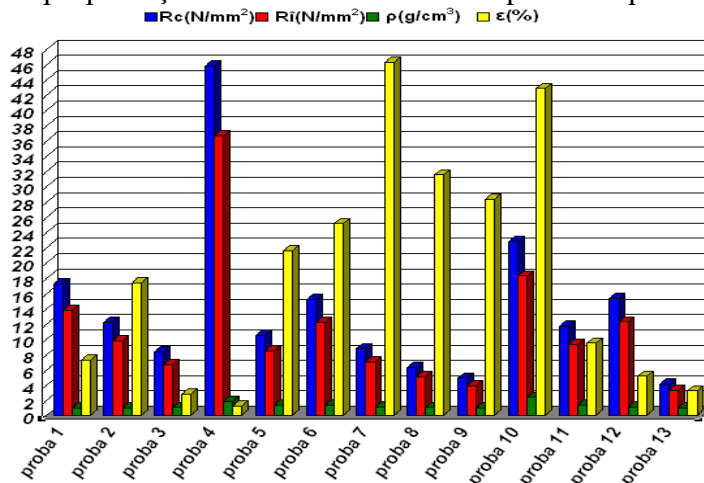
Proba cu densitatea aparentă mai considerabilă este cea cu numărul 10 care este confecționată din rășină ureo-formaldehidică 20% armată cu zgură de oțelărie 80% .

Având în vedere faptul că, zgura de oțelărie ca agent de armare din compozitul rezultat, prezintă densitate mare, aceasta îi conferă materialului obținut o densitate marită. Deasemenea o densitate aparentă bună o prezintă și proba 4 respectiv compozitul confecționat din rășină poliestică 20% și cioburi de sticlă 80%. Un procent mai mare de material de armare din masa totală a compozitului determină obținerea unei densități aparente mai mari. În ceea ce privește porozitatea aparentă, după cum se observă în figura 6.6, cea mai bună valoare o prezintă proba 7 probă confecționată din rășină fenol-formaldehidică 20% armată cu deșeu de lemn 0,1÷1mm ca dimensiune a așchiilor. Acest lucru se datorează golurilor formate la interfața rășină-agent de armare, care depinde de gradul de udare a armaturii respectiv de proporția de rășină utilizată precum și de proporția de agent de armare din masa de compozit rezultat.

Deafel și celelalte probe la care s-a utilizat ca agent de armare deșeu de lemn prezintă valori bune pentru porozitatea aparentă, însă diferența o face dimensiunea așchiilor.

Și proba 10, rășină ureo-formaldehidică 20% armată cu zgură de oțelărie 80% prezintă o valoare bună din punct de vedere al porozității. În acest caz porozitatea mai este influențată și de prezența porilor din materialul de armare. Acești pori apar la racirea bruscă a zgurii de oțelărie.

Astfel atât densitatea cât și porozitatea aparenta a probelor elaborate sunt influențate de tipul agentului de armare utilizat precum și de proporția acestuia față de masa materialului compozitului rezultat. Unind graficele din figurile 6.4 – 6.5 – 6.6 rezultă figura 6.7 care reprezintă corelații între proprietățile fizico-mecanice al compozitelor polimerice obținute.

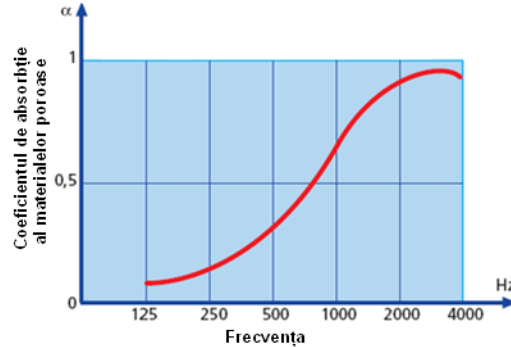


**Figura 6.7.** Variația rezistenței la compresiune și încovoiere, densității și porozității aparente a fiecărei probe

Rezistența la compresiune și la încovoire variază în funcție de materialul de armare utilizat, precum și în funcție proporția dintre rășină și agentul de armare.

Deasemenea probele cu densitate aparentă ce prezintă valori mai mari determină și rezistențe mai bune. Problema este că, un procent mai mare de deșeu utilizat la armarea rășinii determină valori mici ale porozității, care porozitate influențează absorbția undelor sonore și implicit coeficientul de absorbție.

Absorbția este datorată frecării de particulelor de aer ce vibrează în interstițiile structurii poroase, din punct de vedere cantitativ, aceasta depinde de densitatea, cantitatea de aer, rezistența materialului la fluxul de energie sonoră. În domeniul frecvențelor sonore, materialele cu celule deschise oferă cele mai bune performanțe la frecvențe înalte conform figurii 6.8.



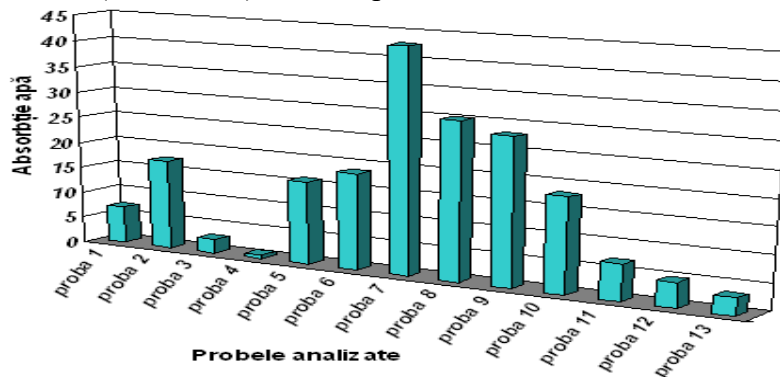
**Figura 6.8** Coeficientul de absorbție al materialelor poroase în funcție de frecvențele undelor sonore

Astfel, pe măsură ce materialul compozit obținut prezintă valori bune din punct de vedere al porozității, rezistența la compresiune și încovoire scade.

### 6.2.2. Determinare absorbție apă. Stabilitate față de apă

Având în vedere faptul că, s-au utilizat rășini de diferite tipuri la elaborarea compozitelor, iar rezistența acestora este diferită față de apă, rezultă că probele obținute vor prezenta absorbție diferită a apei.

Astfel rășinile fenol-formaldehidice care au o stabilitate termică bună, rezistență chimică bună cu excepția bazelor, prezintă rezistență la apă foarte bună. Rășinile ureo-formaldehidice au o rezistență mai scăzută la apă decât cele fenolice în timp ce rășinile malamino-formaldehidice au deasemenea o absorbție de apă mult mai scăzută. Și rășinile poliesterice prezintă o stabilitate bună față de apă. Un alt factor care influențează absorbția apei precum și stabilitatea față de apă este materialul de armare utilizat, stabilitatea acestuia față de apă, compactitatea acestuia (porozitatea materialului de armare) precum și raportul dintre rășină și armătură. În următorul tabel este prezentată absorbția (stabilitatea) față de apă:



**Figura 6.9.** Absorbția apei pentru probele analizate

Din graficul de mai sus se observă că proba 4-rășină poliesterică 80%+cioburi de sticlă 20% prezintă absorbția cea mai scăzută respectiv cea mai bună stabilitate față de apă. Acest lucru se datorează atât rășinii utilizate cât și armăturii. Proba 4 este o probă compactă la care porozitatea are valori scăzute, conform determinărilor de mai înainte, dar cu rezistență mecanică bună. Compactitatea acestei probe influențează în mod pozitiv stabilitatea față de apă dar negativ absorbția undelor sonore. Astfel acest tip de material compozit poate fi utilizat cu bune rezultate ca atenuator al undelor fonice acolo unde poluarea fonică depășește limitele legislației, și se cere interpunerea între sursa generatoare de unde fonice perturbatoare și receptor a unui perete atenuator.

În general probele cu rășină poliesterică și anume probele 1-4 prezintă stabilitate bună față de apă, dar și probele 11-13 cele elaborate din rășină melamino-formaldehidică. La celelalte absorbția apei are valori mai mari.

### 6.2.3. Microscopie electronică și analiză elementală. Interfața rășină-agent de armare

Interfața matrice-agent de armare joacă un rol esențial în fabricarea materialelor compozite. Calitatea interfeței determină integritatea structurală, răspunsul la acțiunea mediului ambiant și proprietățile fizice și mecanice ale materialului compozit.

Cunoașterea fenomenelor fizico-chimice la interfață permite înțelegerea comportării materialului sub acțiunea forțelor exterioare. Tăria legăturilor interfaciale condiționează eficiența propagării sarcinilor de la matrice la materialul de armare prin interfață.

Interfața include suprafața de contact dintre matrice și armătură astfel încât legătura acestora este determinată de particularitățile structurale ale suprafeței agentului de armare și în primul rând de gradul de rugozitate, de porozitate și de suprafața specifică.

Literatura de specialitate a acordat o atenție deosebită efectului adeziunii la interfață în compozite.

Adeziunea dintre polimer și materialul de umplură este, de asemenea, un factor esențial de influență a tăriei compozitului. Prin adeziune se înțelege energia de interacțiune între faze la interfață. De exemplu, tratamentul de suprafață potrivit al particulelor materialului de umplură conduce la o mai bună adeziune între matrice și umplură și, în consecință, la o schimbare a întregii comportări mecanice a sistemului compozit.

La fel de important este și gradul de udare al fazei solide de către faza lichidă.

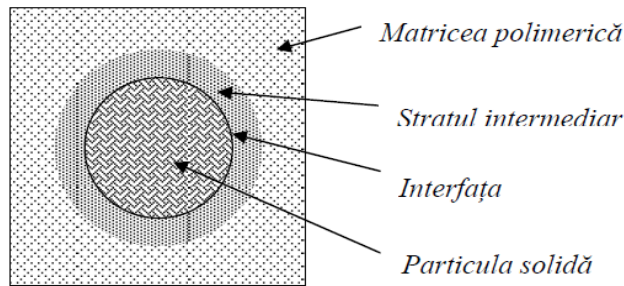
Acesta depinde, în primul rând, de caracteristicile chimice ale fazelor și de gradul de afinitate dintre ele. El este caracterizat de un *coeficient de umectare* care depinde de energiile libere de suprafață ale fazelor lichidă ( $\gamma_L$ ) și solidă ( $\gamma_S$ ).

Coeficientul de umectare:

$$\Delta F_w = \gamma_{SL} - (\gamma_S + \gamma_L) \quad (6.4)$$

În majoritatea cazurilor în materialele compozite polimerice interfețele apar între faze datorită incompatibilității termodinamice.

Modelul de bază, general acceptat, al polimerilor șarjați cu particule îi aparține lui Lipatov (Fig 6.10.). Conform acestui model, rezistența înaltă a compozitului se datorează existenței unui film intermediar între matricea polimerică și particulă, al cărui modul este mai scăzut decât cel al matricii polimerice.



**Figura 6.10.** Fazele sistemului compozit

Umectarea corespunzătoare a suprafeței materialului de umplură constituie condiția necesară pentru obținerea materialului monolit. Termodinamic, umectarea este determinată ca raportul energiilor libere superficiale ale fibrei de armare și adezivului.

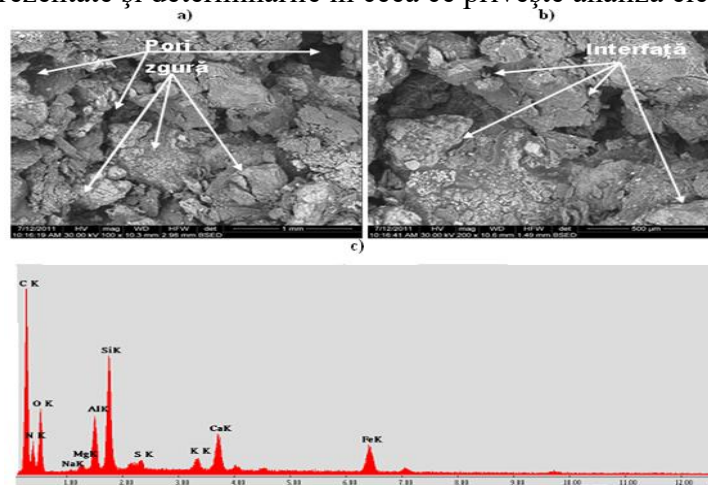
Problema umectării este corelată cu lucrul termodinamic de adeziune la suprafață. În cazul general, lucrul termodinamic de adeziune ( $W_{ad}$ ) se determină cu ecuația Dupre-Young :

$$W_{ad} = \gamma_L(1 + \cos\theta) \quad (6.5)$$

Deoarece capacitatea de absorbție a undelor sonore depinde de gradul de porozitate al materialului compozit analizat din punct de vedere fonic, dimensiunea golurilor formate la elaborarea probei este determinată de dimensiunile particulei materialului de umplură.

Deasemenea conținutul de goluri (volumul total ocupat de acestea) este determinat de fracția de volum a umpluturii în compozit.

Suprafața de contact respectiv interfața dintre rășină și agentul de armare s-a examinat prin microscopie electronică pentru probele la care dimensiunea particulei de deșeu utilizat ca agent de armare a permis realizarea acestei analize structurale. În figurile 6.11.-6.17. sunt prezentate imagini de microscopie electronică SEM a) și b) pentru probele examinate. Deasemenea sunt prezentate și determinările în ceea ce privește analiza elementală c).



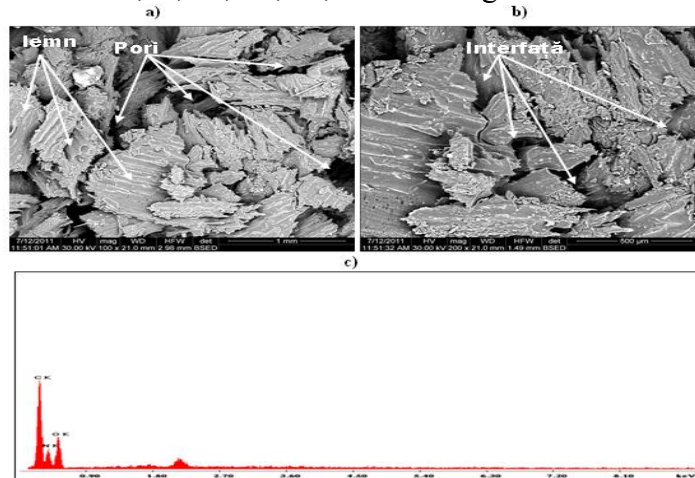
**Figura 6.11.** Microscopie electronică SEM pentru proba rășină fenol-formaldehidică 20%+zgură de termocentrală 80 % - a) și b) ; analiza elementală c)

Proba confecționată din rășină fenol-formaldehidică 20% armată cu zgură de termocentrală 80% prezintă o porozitate având valoarea 21,63%. Este o valoare bună din acest punct de vedere (conform figurii 6.6.) și este pus în evidență prin microscopie electronică prezentată în figura 6.10.a.

Granulele de material de armare sunt udare de către rășină, în urma procesului tehnologic de omogenizare prin amestecare. La interfața rășină-agent de armare s-au format

goluri (figura 6.10.b) datorat atât geometriei granulei ranforsantului și dimensiunii acesteea precum și raportului masic dintre cele două materii prime utilizate la obținerea compozitului. Absorbția undelor sonore este influențată de prezența acestor goluri iar valoarea coeficientul de absorbție depinde de porozitatea compozitului.

În figura 6.10. c) este prezentată analiza elementală a compozitului obținut din rășină fenol-formaldehidică armată cu zgură de termocentrală la care se observă un aport mare de C datorat rășinii, apoi elemente ca Si, O, Al, Ca, Fe, N datorat zgurii de termocentrală.

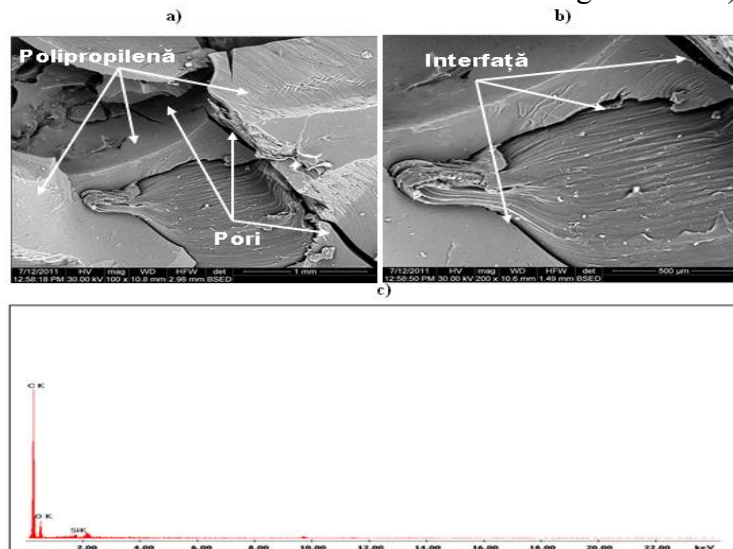


**Figura 6.12.** Microscopie electronică SEM pentru proba rășină fenol-formaldehidică 20%+deșeu demn (0,1÷1mm) 80 % - a) și b) ; analiza elementală c)

Imaginea de microscopie electronică pentru proba confecționată din rășină fenol-formaldehidică 20%+deșeu demn (0,1÷1mm) 80 % - a) pune în evidență prezența porilor la această probă.

Dimensiunea așchiilor de lemn, forma acestora precum și raportul masic dintre rășină și armătură determină formarea golurilor ce apar la interfața dintre rășină și agentul de armare care se poate observa în figura 6.11. b)

Elementele rezultate în urma analizei elementale arătată în figura 6.11. c) sunt C, O și N.

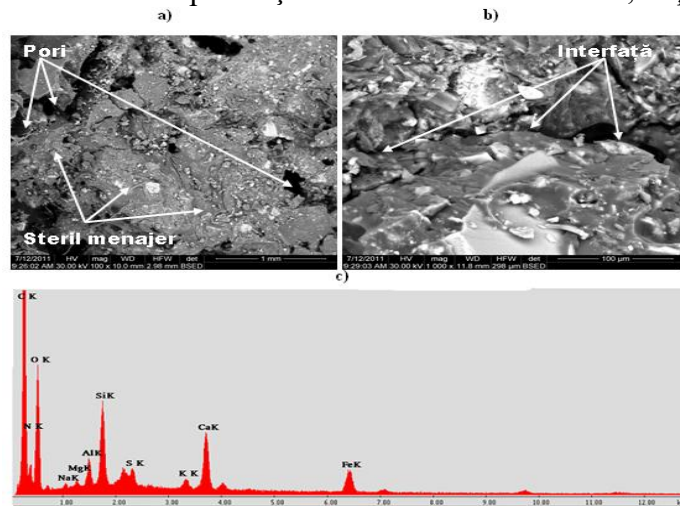


**Figura 6.13.** Microscopie electronică SEM pentru proba rășină poliestică 50%+ granule polipropilenă 50 % - a) și b) ; analiza elementală c)

Materialul compozit prezentat în figura 6.12 respectiv microscopia electronică la segmente de 1mm a) respectiv 500 µm b) este un material mai compact.

Deși în figura a) se observă golurile respectiv porii formați la interfața rășină-agent de armare, prezentat în figura b), a rezultat o probă la care porozitatea determinată este de 7,24% o valoare mică și care influențează coeficientul de absorbție a undelor sonore. În acest caz, acest tip de material se poate utiliza ca un bun atenuator asupra undelor fonice.

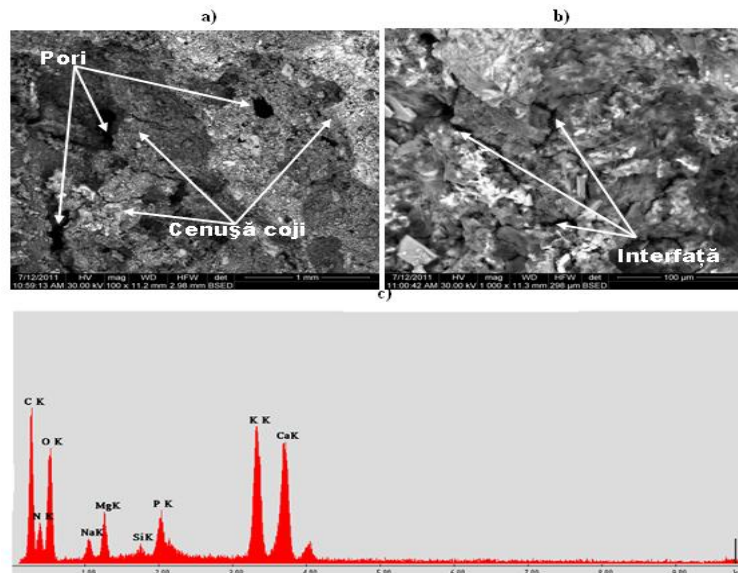
Analiza elementală determină prezența următoarelor elemente : C, O și Si.



**Figura 6.14.** Microscopie electronică SEM pentru proba rășină fenol-formaldehidică 20%+deșeu steril menajer 80 % - a) și b) ; analiza elementală c)

Proba din figura 6.13., datorită materiilor prime utilizate la obținere și în special a materialului de armare, prezintă o porozitate relativ mare, care va influența pozitiv absorbția undelor sonore, care porozitate este evidențiată în figura a). La interfața dintre rășină și agentul de armare figura b) și în urma udării particulelor armăturii rezultă acele goluri ce îi conferă materialului compozit porozitatea cu valoarea 25,14% porozitate de care va depinde și valoarea coeficientului de absorbție a undelor fonice.

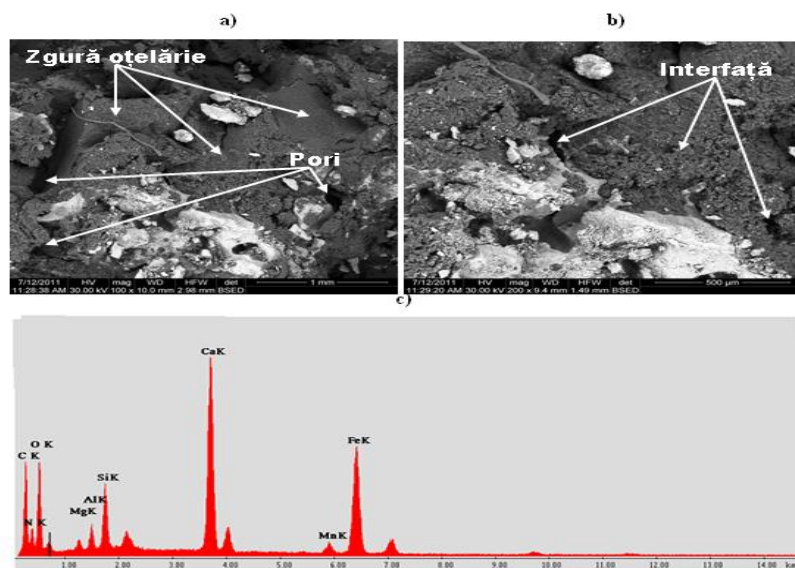
În ceea ce privește analiza elementală, se observă în figura c) un aport mare de C apoi într-o măsură mai mică elemente ca O, Si, Ca, N, Al, Mg, S, Na, K, Fe.



**Figura 6.15.** Microscopie electronică SEM pentru proba rășină melamino-formaldehidică 20%+cenușă coji semințe 80 % - a) și b) ; analiza elementală c)

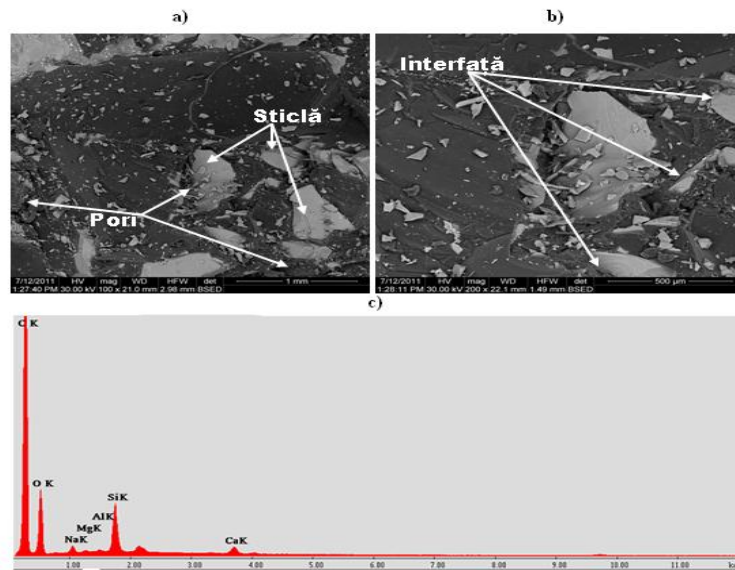
Conform imaginilor SEM din figura 6.14.a) proba confecționată din rășină melamino-formaldehidică 20% armată cu cenușă rezultată la arderea cojilor de semințe, este o probă cu porozitate mai scăzută având valoarea 9,48%. Acest lucru se datorează dimensiunii mici a particulelor de cenușă, așa cum se observă în figura 6.3. D, deci o suprafață specifică mică, ceea ce determină o udare mai bună a particulei ranforsantului și astfel rezultă o probă mai compactă. Toate acestea se pot observa din figura 6.14. b) la interfața rășină-agent de armare.

Compactitatea compozitului rezultat precum și o porozitate scăzută poate influența negativ coeficientul de absorbție a undelor sonore. Analiza elementală prezentată în figura 6.14.c) pune în evidență prezența următoarelor elemente : C, K, Ca, O, Mg, P, N, Na și într-o mică măsură Si.



**Figura 6.16.** Microscopie electronică SEM pentru proba rășină ureo-formaldehidică 20%+zgură oțelărie 80 % - a) și b) ; analiza elementală c)

Zgura de oțelărie, utilizată ca material de armare la elaborarea compozitului, prezintă ca materie primă o porozitate considerabilă. Aceasta se datorează răcirii bruște la fază finală (depozitarea în haldele de zgură) a procesul tehnologic de topire a deșeurilor metalice în cuptorul cu topire electrică. Astfel la elaborarea materialului compozit s-a ținut cont atât de dimensiunea granulei cât și de raportul masic rășină-agent de armare rezultând un compozit cu pori (goluri) prezentat în figura 6.15. a) . În figura b) la interfața dintre rășină și armătură se observă prezența porilor. Elementele determinate în urma analizei elementale determină prezența preponderent a Ca apoi Fe, O, C, Si, Al, Mg, Mn și N.



**Figura 6.17.** Microscopie electronică SEM pentru proba rășină poliestică 80%+cioburi sticlă 20 % - a) și b) ; analiza elementală c)

Conform imaginilor de microscopie electronică prezentate în figura 6.16 a) și b) se observă că această probă prezintă o compactitate bună, care se datorează utilizării unei cantități mai mare de rășină, dar și granulometriei cioburilor de sticlă.

Deasemenea porozitatea are valori foarte mici 1,28% astfel încât absorbția undelor sonore va fi foarte redusă. Analiza elementală a deteminat următoarele elemente : C, O, Si, Al, Mg, Na, Ca.

#### 6.2.4. Determinarea coeficientului de absorbție fonică cu interferometrul acustic

Absorbția zgomotelor reprezintă transformarea energiei cinetice a undelor sonore în energie termică. Capacitatea absorbantă a unui material este exprimată de către Coeficientul de Absorbție. Acesta este folosit pentru a exprima capacitatea unui material de a absorbi undele sonore—de a transforma energia cinetică a undelor sonore în energie termică. Aceasta este o caracteristică importantă în acustică încăperilor, în special pentru calcularea Timpului de Reverberatie.

Coeficientul de absorbție se exprimă în procente și reprezintă raportul dintre suma totală a energie transmise și absorbite de catre material și energia totală incidentă a undelor sonore. O parte din energie este de asemenea reflectată.

$$\alpha = \frac{\text{energie transmisa} + \text{absorbita}}{\text{energie incidenta totala}} \quad (6.6)$$

Undele sonore sunt absorbite la impactul cu suprafața absorbantă.

Coeficientul de absorbție va fii de 0% daca toata energia undelor sonore este reflectată la impactul cu o suprafată. Dacă energia este absorbită sau transmisă mai departe, coeficientul de absorbție va fi de 100%. Coeficientul de absorbție variază în funcție de frecvența și de unghiul de incidență. Aceasta trebuie luată în considerare la măsurarea absorbției sonore și la exprimarea ei cu o singură valoare.

În cadrul acestei lucrări s-au confecționat probe din diferite tipuri de materiale compozite având ca matrice polimeri de tipul rășină poliestică precum și rășină fenol-

formaldehidică, ureo-formaldehidică și melamino-formaldehidică cu conținut mic de formaldehidă liberă .

Ca agenți de armare s-au utilizat materiale provenite din diferite deșeuri care pot afecta mediul înconjurător. În tabelul 6.4. sunt prezentate proporția de rășină utilizată precum și tipul și concentrația materialul de armare, pentru fiecare probă.

**Tabelul 6.4.** Probele de material compozit elaborate

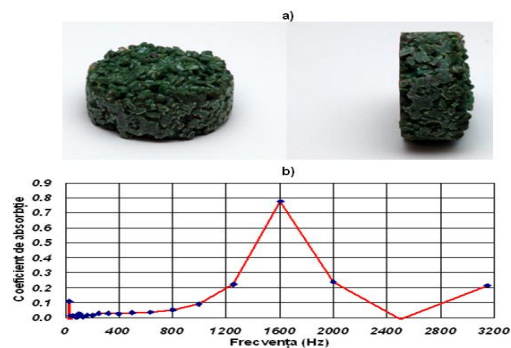
Proba	Rășină	%	Deșeu	%
P1	Poliesterică(Po)	50	Granule polipropilenă	50
P2		80	Lemn (1÷5mm)	20
P3		20	Fulgi PET	80
P4		80	Cioburi sticlă	20
P5	Fenol-formaldehidică(FF)	20	Zgură termocentrală	80
P6		20	Steril menajer	80
P7		20	Lemn (0,1÷1mm)	80
P8	Ureo-formaldehidică(UF)	20	Lemn (5÷10mm)	80
P9		20	Lemn (10÷15mm)	80
P10		20	Zgură oțelărie	80
P11	Malamino-formaldehidică(MF)	20	Cenușă rezultată la arderea cojilor de semințe	80
P12		20	Fibră de sticlă	80
P13		20	Cenușă de termocentrală+polistiren	10+70

Testele s-au efectuat pe probe de formă circulară cu diametrul de 63,5 mm și o înălțime de circa 20 mm, care s-au confecționat în șabloane de formă cilindrică. O absorbție bună pentru un material este dată de valoarea lui  $\alpha = 1$  sau apropiat de 1 și cu un palier de absorbție la aceasta valoare pe o interval cât mai larg de frecvență. Astfel materialele sunt clasificate pe clase de absorbție acustică în funcție de  $\alpha$  și sunt prezentate în tabelul 6.5

**Tabelul 6.5.** Clasa de absorbție funcție de coeficientul de absorbție  $\alpha$

Clasa de absorbție acustică	$\alpha$
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

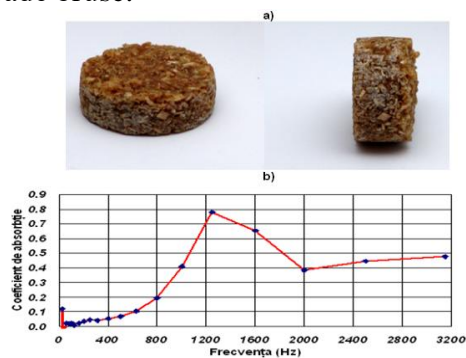
În figurile 6.18.a.-6.30.a. sunt prezentate detalii despre structura probelor de material compozit elaborate, deasemenea rezultatele analizei coeficientului de absorbție pentru fiecare probă sunt arătate în figurile 6.18.b.-6.30.b.. Domeniul de frecvență la care s-au efectuat determinările este 16-3150 Hz.



**Figura 6.18.** Proba 1 – rășină poliesterică 50% + granule polipropilenă 50%

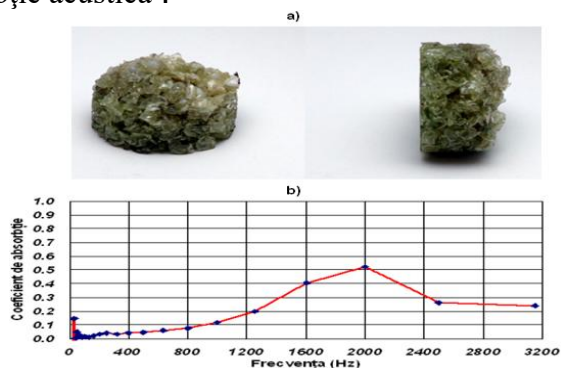
Pentru proba 1, graficul obținut cu ajutorul echipamentului de determinare a coeficientului de absorbtie este sub forma unui pic cu maxim  $\alpha = 0,8$  și rezulta astfel că acest tip de compozit, conform tabelului 6.5, se încadrează în clasa B de absorbtie acustică.

Se observă o creștere progresivă a absorbției de la 800 Hz cu un maxim la 1600 Hz dar la creșterea frecvenței absorbția scade brusc.



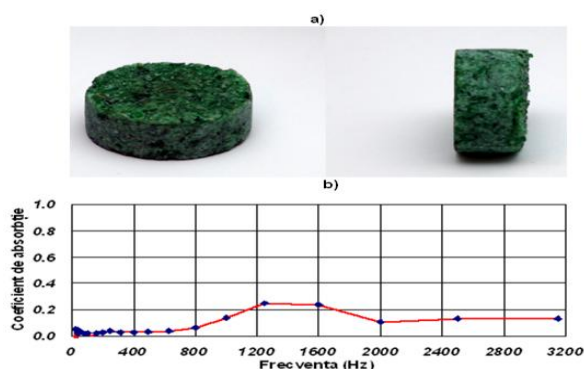
**Figura 6.19.** Proba 2 – rășină poliesterică 80% + deșeu lemn (1÷5mm) 20%

Conform reprezentării grafice pentru coeficientul de absorbtie funcție de frecvența undelor sonore pentru proba 2, se observă o creștere a absorbției fonice în intervalul 400÷1250 Hz, apoi coeficientul de absorbtie scade. Vârful graficului de află în apropierea valorii coeficientului de absorbtie  $\alpha = 0.75$ , astfel că acest tip de material compozit se încadrează în clasa C de materiale cu absorbtie acustică .



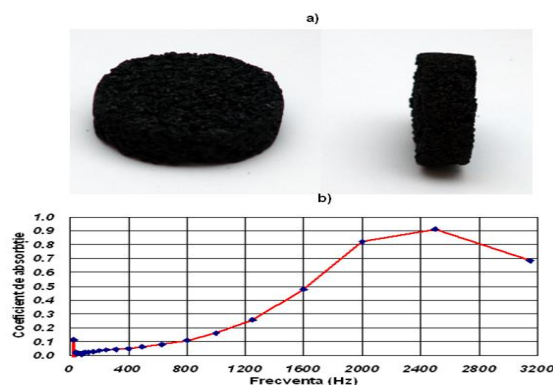
**Figura 6.20.** Proba 3 – rășină poliesterică 20% + fulgi pet 80%

În cazul probei 3 , conform determinărilor experimentale, rezultă un coeficient de absorbtie  $\alpha = 0,5$  astfel încât acest tip de material compozit se încadrează în clasa D conform tabelului 6.5. De la 400 Hz se observă o creștere timidă a absorbției undelor sonore atingând valoarea maximă a coeficientului de absorbtie  $\alpha$  la 2000 Hz apoi la frecvențe mai mari până la 2500 Hz linia graficului scade, după care până la 3150 Hz scăderea redusă.



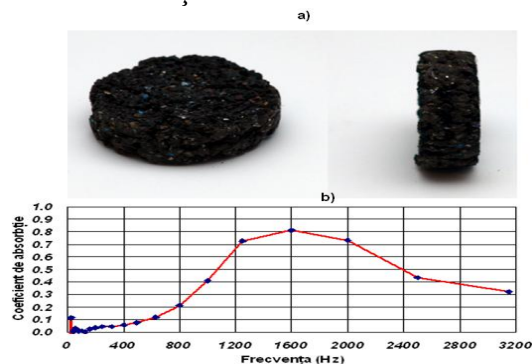
**Figura 6.21.** Proba 4 – rășină poliestică 80% + cioburi sticlă 20%

Coeficient de absorbție pentru proba 4 atinge valoarea  $\alpha = 0,25$ . Se observă o creștere a coeficientului de absorbție de la 800 Hz până la 1600 Hz. Este o valoare foarte mică din punct de vedere a absorbției fonice, care se datorează faptului că aceasta este o probă compactă. Rezultă că acest tip de material compozit se încadrează în clasa E de absorbție acustică conform tabelului 6.5. Absorbția scăzută a undelor sonore se datorează porozității scăzute, cea ce se observă în imaginile SEM figura 6.16. Interfața rășină-agent de armare influențează compactitatea probei și implicit absența porilor dar și valori scăzute ale coeficientului de absorbție.



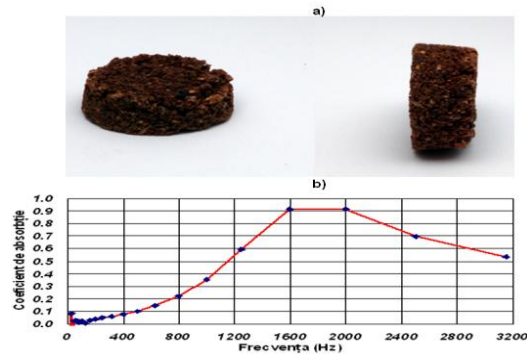
**Figura 6.22.** Proba 5 – rășină fenol-formaldehidică 20% + zgură termocentrală 80%

Pentru proba 5 se observă din graficul de mai sus că valoarea coeficientului de absorbție este  $\alpha = 0,9$  ceea ce determină o bună absorbție a undelor sonore și astfel acest tip de material compozit se încadrează în clasa A de absorbție acustică.



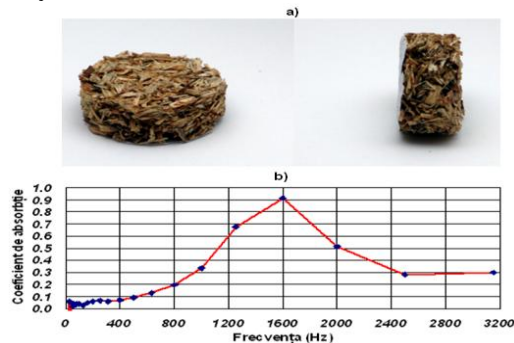
**Figura 6.23.** Proba 6 – rășină fenol-formaldehidică 20% + deșeu steril menajer 80%

Coeficientul de absorbție pentru proba 6 crește pe măsură ce crește și frecvența undelor sonore de la 400 Hz până la 1600 Hz unde are un maxim ce atinge valoarea  $\alpha = 0,8$ , după care scade relativ ușor până la 2000 Hz și apoi 2500 Hz și în cele din urmă atinge valoarea  $\alpha = 0,3$  la 3150 Hz. Pentru acest compozit se poate spune că prezintă capacitate de absorbție bună chiar dacă după valoarea lui  $\alpha$  se încadrează conform tabelului 6.5 în clasa B de absorbție acustică.



**Figura 6.24.** Proba 7 – rășină fenol-formaldehidică 20% + deșeu din lemn (0,1÷1 mm) 80%

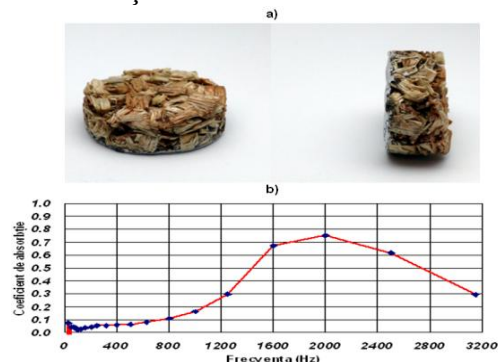
Este proba cu cea mai bună absorbantă ce are valoare  $\alpha > 0,9$  și care prezintă un palier al absorbției undelor sonore pe intervalul de frecvență cuprins între 1600-2000 Hz fiind un domeniu de frecvențe înalte. Această creștere începe de la frecvențe de 400 Hz până la acel palier după care scade până la o valoare bună a absorbanței și anume  $\alpha = 0,55$ . Este deci un compozit care se încadrează în clasa A de absorbție acustică.



**Figura 6.25.** Proba 8 - Rășină ureo-formaldehidică 20% + deșeu din lemn (5÷10 mm)

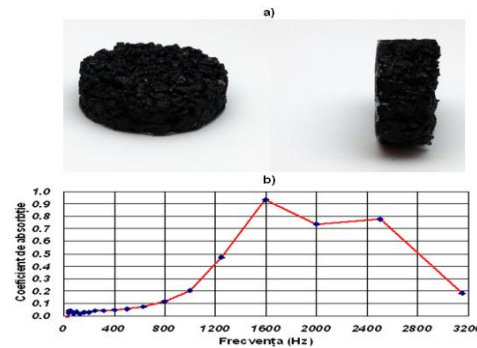
La această probă se constată o creștere progresivă de la 400 Hz până la 1600 Hz a coeficientul de absorbție când acesta i-a valoarea maximă  $\alpha = 0,9$ , apoi la creșterea frecvenței absorbanta scade până la 2000 Hz și 2500 Hz după care graficul se liniarizează până la 3150 Hz.

Astfel acest tip de compozit se încadrează în clasa A, prezentând o absorbție bună a undelor sonore pe o plajă largă de frecvență.



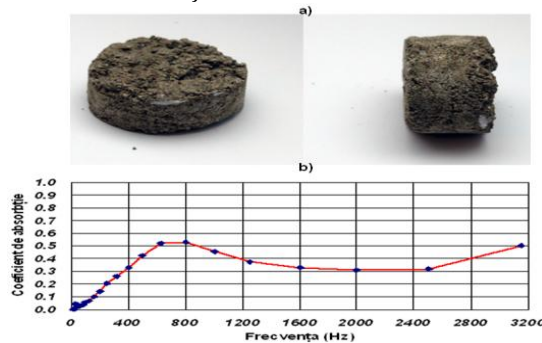
**Figura 6.26.** Proba 9 - Rășină ureo-formaldehidică 20% + deșeu din lemn (10÷15 mm)

La proba 9 absorbanta nu are o valoare prea mare, astfel că aceasta atinge un maxim  $\alpha = 0,75$  la frecvența de 2000 Hz . Conform tabelului 6.5. compozitul obținut din rășină ureo-formaldehidică în proporție de 20 % armat cu deșeu de lemn (10÷15 mm) se încadrează în clasa C de absorbție acustică.



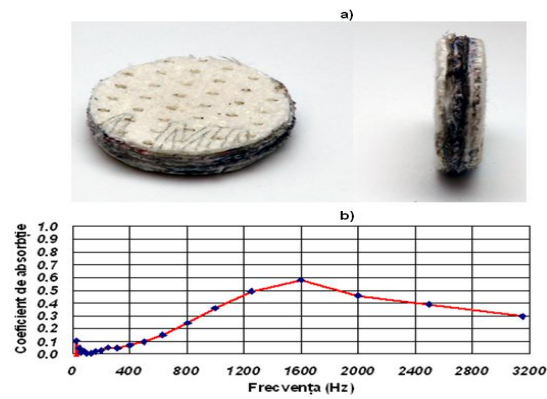
**Figura 6.27.** Proba 10 - Rășină ureo-formaldehidică 20% + zgură oțelărie 80%

Conform graficului 6.27 se observă o creștere a coeficientului de absorbție până atinge un maxim  $\alpha = 0,95$  la frecvența de 1600 Hz apoi linia graficului scade până la 0,75 la frecvența de 2000 Hz după care crește atingând valoare  $\alpha = 0,8$  la frecvența de 2500 Hz și în cele din urmă la frecvențe foarte înalte scade brusc. Este totuși un material cu o bună absorbție a undelor sonore pe o gamă largă de frecvențe de la cele joase până la frecvențe înalte. Astfel acest tip de material compozit se încadrează în clasa A de absorbție acustică.



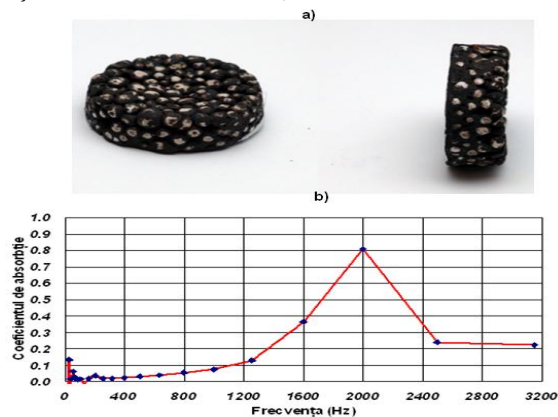
**Figura 6.28.** Proba 11 - Rășină melamino-formaldehidică 20% + cenușă coji semințe 20%

La proba 11 coeficientul de absorbție este mai redus. Pe o plajă mică de frecvență și anume între 600 și 800 Hz absorbanta are valoarea  $\alpha = 0,5$ , apoi scade progresiv până la 2000 Hz unde graficul devine liniar pe măsură ce se crește frecvența până la 2500 Hz, unde la frecvențe mai mari până la 3150 Hz crește astfel încât coeficientul de absorbție capătă valoarea  $\alpha = 0,5$ . Acest tip de material conform tabelului 6.5 se încadrează în clasa D de absorbție acustică



**Figura 6.29.** Proba 12 - Rășină melamino-formaldehیدică 20% + fibră de sticlă 20%

Este o probă la care coeficientul de absorbtie  $\alpha = 0,6$ , și astfel acest compozit se încadrează în clasa de absorbtie C. Este o valoare mică a coeficientului de absorbtie însă, absorbtia undelor sonore se realizează pe o plajă largă de frecvențe începând cu 400 Hz până la 3150 Hz unde la această din urmă frecvență coeficientul de absorbtie are valoarea  $\alpha = 0,3$ .



**Figura 6.30.** Proba 13 - Rășină melamino-formaldehیدică 20% + cenușă de termocentrală+polistiren 20%

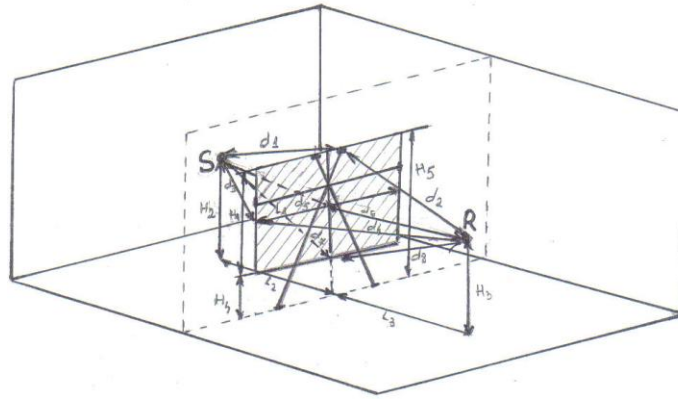
Proba 13 este un material compozit la care, în urma analizei de determinare a absorbtiei undelor sonore, a rezultat un coeficient de absorbtie al cărei valoare este  $\alpha = 0,8$  și astfel conform tabelului 6.5 se încadrează în clasa B de absorbtie acustică.

### 6.2.5. Reducerea nivelului de zgomot prin atenuarea undelor sonore datorat unei bariere confecționată din material compozit

S-au efectuat teste utilizându-se o barieră atenuatoare confecționată din material compozit alcătuit din rășină poliesterică 50% + deșeu granule polipropilenă 50%.

Testul s-a realizat în camera anecoică (surdă) pe o probă cu următoarele dimensiuni :  $L_1$  - lungimea peretelui = 1,32 m;  $L_2$  - lungimea sursă - perete = 1,62 m;  $L_3$  - lungimea perete - receptor = 1m;  $H_1$  - înălțimea peretelui = 1,07 m;  $H_2$  - înălțimea la care se află sursa = 0,75m;  $H_3$  - înălțimea la care se află receptorul = 1 m;  $H_4$  - înălțimea la care se afla peretele = 0,5 m;  $H_5$  -  $H_1 + H_4 = 1.57$  m

În următoarea figură se află schițat secțiune prin camera anecoică unde s-au efectuat testele de atenuare fonică.



**Figura 6.31** Schița camerei anecoice cu sursa – bariera – receptorul

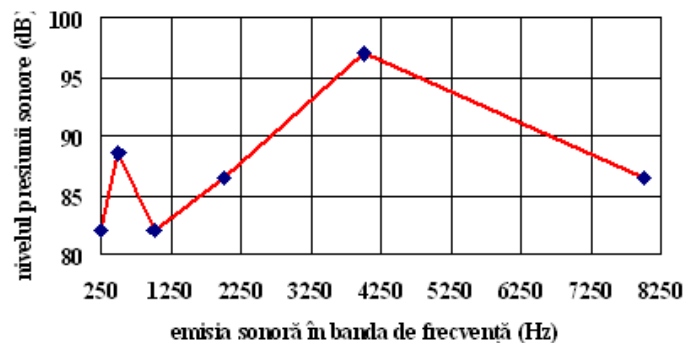
Au fost efectuate măsurări ale nivelului de zgomot pe frecvențe cuprinse între 250 – 8000 Hz la momentul inițial fără barieră, după care s-a interpus între sursă și receptor proba constând în acea barieră atenuatoare confecționată din material compozit .

În tabelul următor sunt prezentate valorile nivelului presiunii sonore la fiecare frecvență măsurate la momentul inițial fără bariera antifonica .

**Tabelul 6.6. Nivelul presiunii sonore fără barieră antifonică**

Frecvența (Hz)	Nivelul presiunii sonore (dB)
250	82
500	88.5
1000	82
2000	86.5
4000	97
8000	85.6

Graficul următor reprezintă variația nivelului presiunii sonore în funcție de frecvență la momentul inițial fără interpunerea barierei antifonice între sursă și receptor.



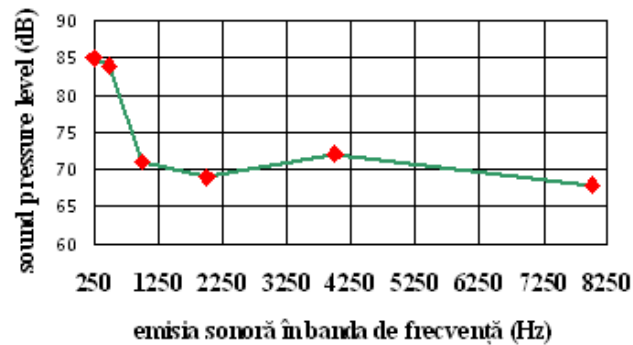
**Figura 6.32.** Variația nivelului presiunii sonore fără barieră

După obținerea valorilor de mai sus sa trecut la interpunerea barierei între sursă și receptor. În tabelul următor sunt prezentate valorile nivelului presiunii sonore în funcție de frecvență la momentul următor, atunci când s-a interpus între sursă și receptor o barieră antifonica.

**Tabelul 6.7.** Nivelul presiunii sonore cu barieră

Frecvența (Hz)	Nivelul presiunii sonore (dB)
250	85
500	84
1000	71
2000	69
4000	72
8000	68

Interpretarea grafică a tabelului de mai sus determină obținerea următorului grafic ce reprezintă variația nivelului presiunii sonore cu frecvența în momentul interpunerii probei, respectiv a barierei atenuatoare.



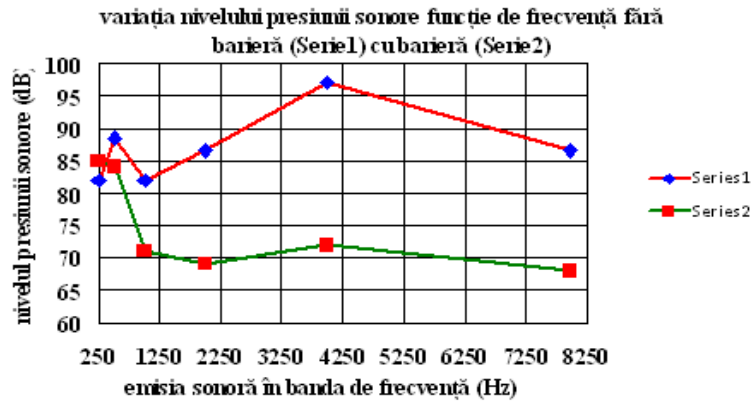
**Figura 6.33.** Variația nivelului presiunii sonore cu barieră antifonică

Unind cele două situații rezultă tabelul de mai jos în care pe prima coloană este trecută frecvența de lucru iar pe coloana a doua nivelul presiunii sonore la momentul fără barieră antifonică în timp ce pe a treia coloană sunt valori ale nivelului presiunii sonore la momentul doi atunci când s-a interpus între sursă și receptor barieră antifonică din material compozit confecționată din rășină poliestică ranforsată cu deșeu din granule de polipropilenă.

**Tabelul 6.8.** Nivelul presiunii sonore cu și fără barieră funcție de frecvență

Frecvența (Hz)	Nivelul presiunii sonore (dB)	Nivelul presiunii sonore (dB)
250	82	85
500	88.5	84
1000	82	71
2000	86.5	69
4000	97	72
8000	86.5	68

Figura următoare reprezintă interpretarea grafică a tabelului de mai sus, și anume variația nivelului presiunii sonore în funcție de frecvență în cele două situații inițial fără barieră și final cu barieră atenuatoare de zgomot.



**Figura 6.34.** Variația nivelului presiunii sonore funcție de frecvență cu și fără barieră antifonică

Pentru calculul coeficientului de difracție se ține cont de relația data de Moreland și Musa :

$$p_{b2}^2 = p_{d2}^2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{3 + 10N_i} \quad (6.7)$$

unde N este numărul lui Fresnel și care se calculează cu relația următoare :

$$N_i \equiv \frac{2\delta_i}{\lambda} \quad (6.8)$$

Asfel s-a calculat distanțele  $d_1$  până la  $d_8$  (prezentate în schița de la figura 6.5.1.), distanțe ce reprezintă lungimea dintre sursă – muchiile barierei – receptor, rezultând următoarele valori în metri prezentate în tabelul de mai jos :

**Tabelul 6.9.** Distanțele  $d_1$ -  $d_8$  sursă –muchii barierei - receptor

$d_1$	1.82
$d_2$	1.15
$d_3$	1.75
$d_4$	1.2
$d_5$	1.62
$d_6$	1
$d_7$	1.64
$d_8$	1.12

În continuare pentru a calcula numărul lui Fresnel N (relația 2) sunt folosite valorile din tabelul 6.5.4. pentru determinarea  $\delta_i$  = conform J. D.IRWIN pagina 118 ce reprezintă diferența dintre partea directă și partea difractată dintre sursă și receptor.

$$\begin{aligned} \delta_1 &= [(d_1 + d_2) - (d_5 + d_6)] \quad (m) \\ \delta_2 &= [(d_3 + d_4) - (d_5 + d_6)] \quad (m) \\ \delta_3 &= [(d_7 + d_8) - (d_5 + d_6)] \quad (m) \end{aligned} \quad (6.9)$$

Rezultă următoarele valori  $\delta_1 = 0.35$  m;  $\delta_2 = 0.33$  m;  $\delta_3 = 0.14$  m;

Lungimea de undă  $\lambda$  reprezintă viteza undelor sonore propagate în aer  $c = 343$  m/s, raportată la frecvența f.

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ (m)} \quad (6.10)$$

În următorul tabel sunt prezentate valori ale lungimii de undă pentru fiecare frecvență.  
**Tabelul 6.10.** Valorile calculate pentru lungimea de undă funcție de frecvență

Frecvența (f) Hz	$\lambda = 343/f$ (m)
250	1.372
500	0.686
1000	0.343
2000	0.1715
4000	0.0857
8000	0.0428

Astfel, se calculează numărul lui Fresnel  $N$  ținându-se cont de valoarea lungimii de undă la fiecare frecvență :

- pentru 250 Hz :  $N_1 = 0,51$ ;  $N_2 = 0,48$  ;  $N_3 = 0,2$
- pentru 500 Hz :  $N_1 = 1,02$ ;  $N_2 = 0,96$  ;  $N_3 = 0,4$
- pentru 1000 Hz :  $N_1 = 2$ ;  $N_2 = 1,92$  ;  $N_3 = 0,81$
- pentru 2000 Hz :  $N_1 = 4,08$ ;  $N_2 = 3,84$  ;  $N_3 = 1,63$
- pentru 4000 Hz :  $N_1 = 8,16$ ;  $N_2 = 7,7$  ;  $N_3 = 3,26$
- pentru 8000 Hz :  $N_1 = 16,35$ ;  $N_2 = 15,42$  ;  $N_3 = 6,54$

Cu numărul lui Fresnel  $N$  astfel calculat conform Moreland și Musa se poate calcula coeficientul de difracție, care reprezintă fenomenul fizic prin care undele sonore întâlnesc un obstacol.

Coeficientul de difracție se calculează cu următoarea relație :

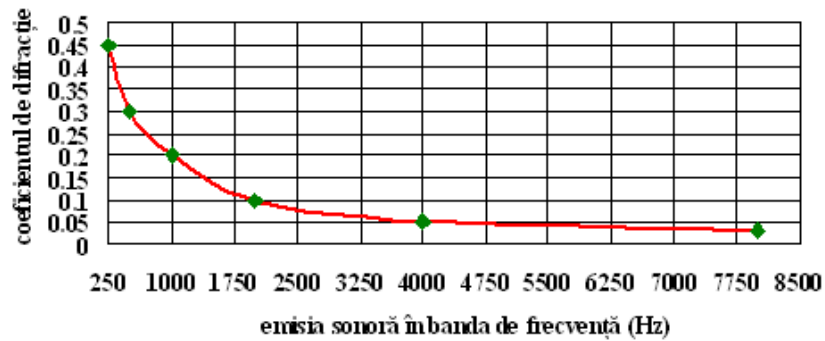
$$D = \sum_{i=1}^n \frac{1}{3 + 10N_i} \quad (6.11)$$

În tabelul următor sunt prezentate valori ale coeficientului de difracție calculat cu relația de mai sus pentru fiecare frecvență :

**Tabelul 6.11.** Valori ale coeficientului de difracție funcție de frecvență

Frecvența (f) Hz	Coeficient de difracție (D)
250	0.45
500	0.3
1000	0.2
2000	0.1
4000	0.05
8000	0.03

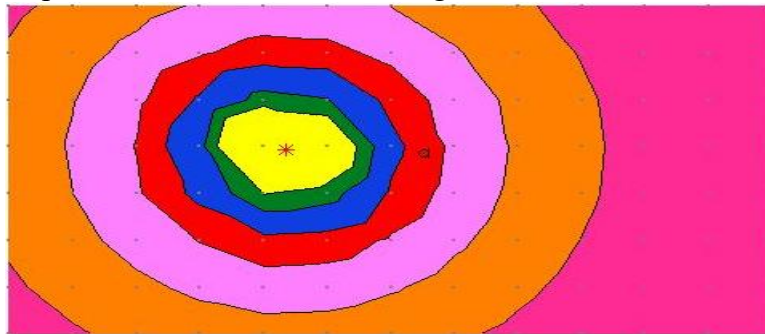
În figura următoare este prezentă variația coeficientului de difracție în funcție de frecvența :



**Figura 6.35.** Variația coeficientului de difracție funcție de frecvență

Experimentul constă în efectuarea de măsurări ale nivelului presiunii sonore la momentul inițial, măsurări ce s-au făcut în camera surdă (anecoică), și apoi între sursă și receptor s-a interpus o barieră atenuatoare. Se constată o reducere a nivelului de zgomot, cu precizarea că la frecvențe joase rigiditatea peretelui influențează atenuarea undelor sonore, astfel că la 250 Hz rezultă la momentul inițial un nivel de presiune acustică egal cu 82 dB iar după interpunerea barierei atenuatoare nivelul de presiune acustică are o creștere ușoară și capătă valoarea de 85 dB. În rest la creșterea frecvenței de lucru se observă o reducere a nivelului de zgomot. pentru a pune în evidență eficiența barierei atenuatoare s-a calculat și apoi interpretat grafic coeficientul de difracție a undelor sonore.




Difracția se referă la diverse fenomene asociate cu ocolirea de către unde a obstacolelor apărute în calea lor și are loc în cazul oricărui tip de undă, inclusiv undele acustice. Conform figurii 6.35 se constată că, la creșterea frecvenței de lucru coeficientul de difracție scade. Analizând nivelul de zgomot în cele două situații cu ajutorul softului de realizare a hărților de zgomot s-a realizat harta acustică a experimentului din camera surdă la momentul inițial figura 6.36.A și apoi după interpunerea barierei atenuatoare figura 6.36.B












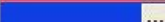




**Figura 6.36.A** Harta de zgomot reprezentând experimentul din camera surdă la momentul inițial



**Figura 6.36.B** Harta de zgomot reprezentând experimentul din camera surdă la momentul interpunerii barierei atenuatoare

-  - sursă
-  - receptor
-  - barieră atenuatoare

În următoarea figură este prezentat intervalul de nivel de presiune acustică caracteristic fiecărei culori utilizate la crearea hărții de zgomot.

nr	From	To	fill style	fill color
1	0.0	60.0		
2	60.0	70.0		
3	70.0	80.0		
4	80.0	90.0		
5	90.0	95.0		
6	95.0	100.0		
7	100.0	105.0		

**Figura 6.37.** Paleta de culori aferente nivelului presiunii acustice

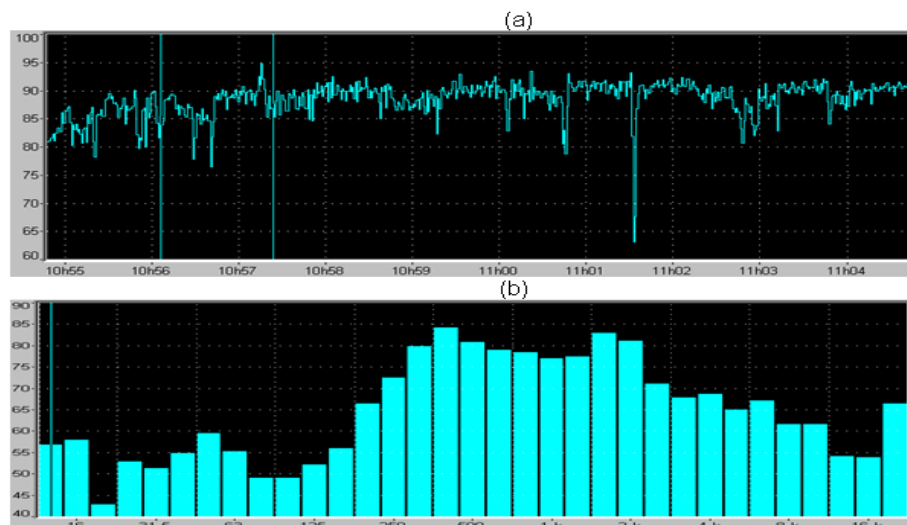
Luându-se în considerare utilitatea unei bariere atenuatoare, precum cea confecționată din rășină poliestică armată cu granule de polipropilenă cu ajutorul căreia s-a realizat experimentul din camera surdă, s-a realizat harta acustică prin simulare pe programul de calculator Predictor Type 7810 Version 6.10, reprezentând o zonă industrială.

Datele de intrare ale programului au fost luate din teren și reprezintă nivelul presiunii acustice la fiecare sursă dar și înălțimea clădirilor și coeficientul de atenuare al barierei experimentate în camera surdă.

S-au efectuat măsurări ale nivelului de zgomot la sursele aferente zonei industriale analizate. S-a utilizat un sonometru de clasă 1 de tip SOLO 01 dB prevăzut cu filtru de 1/1 și 1/3 octave care poate realiza analiza nivelului de zgomot la fiecare frecvență.

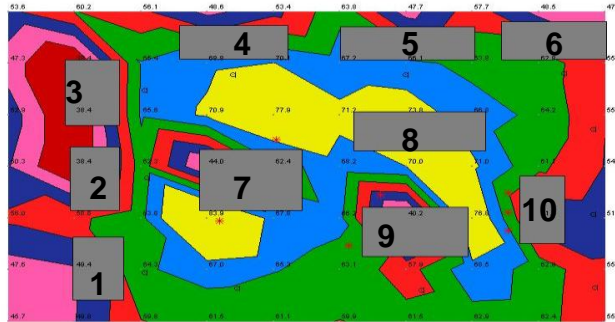
Sunt prezentate grafic variația nivelului presiunii acustice în decibeli funcție de timpul de expunere la zgomot (a) precum și funcție de frecvență (b) pentru fiecare sursă:

Pentru sursa 1 – exhaustor evacuare efluent pulberi în suspensie de la instalația de rafinare



Având în vedere măsurările de zgomot la cele 7 surse aferente zonei industriale se trece la modelarea matematică a nivelului presiunii acustice prin utilizarea softului Predictor V6. 10 de întocmire a hărților de zgomot.

Sunt introduse ca date de intrare parametrii de mediu, respectiv presiunea barometrică și temperatura ambientală precum și nivelul de zgomot în decibeli pe frecvență pentru fiecare sursă. Rezultă harta de zgomot pentru zona industrială analizată, la momentul inițial (fără bariera atenuatoare) prezentată în următoarea figura:



**Figura 6.38.** Harta de zgomot reprezentând zona industrială analizată la momentul inițial

Figurile 1-6 reprezintă clădirile de locuit iar 7-10 reprezintă clădirile zonei industriale și anume 7- rafinarea, 8 – birourile, 9 – extracție, 10 – centrala termică.

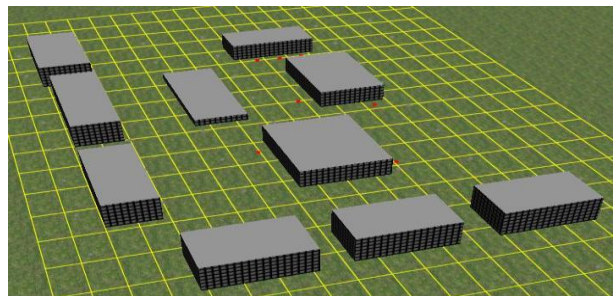
Stelută roșie reprezintă sursele de zgomot respective ventilatoarele de aer de la centrala termică precum și exhaustoarele aferente celorlalte hale industriale.

Contururile de diferite culori arată intervalul de nivel de presiune acustică dealtfel prezentat în figura 6.40 conform Standardul Român SR ISO 1996-2 .

Acest standard descrie metode ce trebuie utilizate pentru măsurarea și caracterizarea zgomotului din mediul înconjurător, semnificativ pentru utilizarea generală a terenurilor. Diversele zone se identifică pe o hartă a suprafeței considerate, cu ajutorul culorilor sau hașurilor.

Trasarea hărții trebuie realizată prin prezentarea suprafețelor de zone de egal zgomot sau prin desenarea contururilor lor sau printr-o combinație a contururilor suprafețelor. Numerele afișate pe desen reprezintă valori ale nivelului presiunii acustice în punctele calculate la distanțe egale de către programul de calculator.

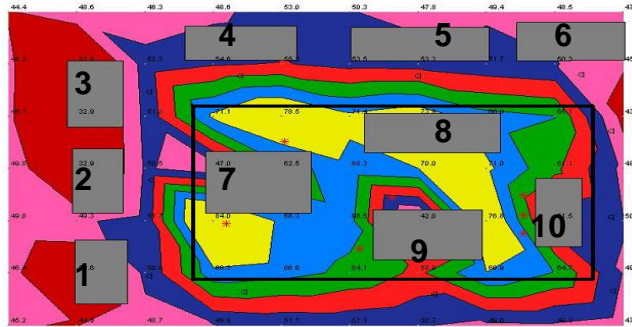
În figura următoare este prezentată zona industrială analizată și prezentată în figura 6.38, dar de data aceasta în format 3D în care se observă mai ușor zona industrială cu cele patru clădiri aferente precum și sursele, cu puncte roșii, dar și clădirile de locuințe ce înconjoară zona industrială..



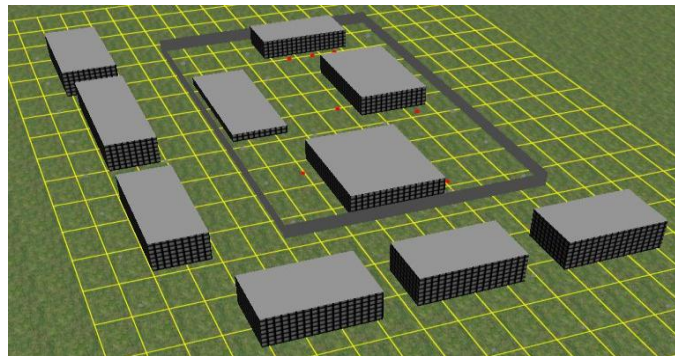
**Figura 6.39.** Harta de zgomot reprezentând zona industrială analizată la momentul inițial în format 3D

Conform figurii 6.38 se observă că nivelul de zgomot în apropierea clădirilor depășește valoarea limita de 50 dB, cea ce determină luarea de măsuri privind reducerea nivelului presiunii acustice și încadrarea în limitele legislației în vigoare respectiv STAS 10009-88 [123].

Pe baza experimentului de laborator efectuat în camera anecoică și a datelor obținute se trece la simularea pe programul de calculator, astfel că zona industrială este înconjurată de un perete fonoabsorbant asemănător celui testat în camera surdă. În figura 6.40. este prezentată harta de zgomot rezultată după interpunerea barierei atenuatoare între sursă și receptori și care înconjoară zona industrială, deasemenea este prezentată și forma 3D a hărții de zgomot în figura 6.41.



**Figura 6.38.** Harta de zgomot reprezentând zona industrială analizată după interpunerea barierei atenuatoare



**Figura 6.39.** Harta de zgomot reprezentând zona industrială analizată la momentul inițial în format 3D

Se observă o reducere semnificativă a nivelului presiunii acustice și încadrarea în limitele legislației în vigoare.

În figura următoare este prezentată legenda campurilor marcate în culori diferite ce reprezintă intervalul de nivel de presiune acustică în decibeli .

Number of decimals: 1				
nr	From	To	fill style	fill color
1	0.0	45.0	█	...
2	45.0	50.0	█	...
3	50.0	55.0	█	...
4	55.0	60.0	█	...
5	60.0	65.0	█	...
6	65.0	70.0	█	...
7	70.0	0.0	█	...

**Figura 6.40.** Plaja de culori aferente nivelului presiunii acustice

## CAPITOLUL 7

### CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII ORIGINALE

O parte importantă a poluării mediului, îndelung dezbătută, este produsă de acțiunea nocivă a zgomotului. Oamenii sunt confrunțați permanent cu sunete de diferite frecvențe și intensități ce reprezintă un factor de stres. Acest tip de stres se regăsește în cele mai variate ambianțe, atât ziua cât și noaptea, în locuințe, pe stradă sau la locul de muncă. Este necesară astfel reducerea nivelului de zgomot care se impune atât din motive sociale, cât și de ordin economic.

Din punct de vedere social, măsura de reducere a poluării fonice, este necesară ca omul să fie protejat de acțiunea nocivă a zgomotului, și astfel i se asigură un confort acustic corespunzător. În cea ce privește motivul economic, prin reducerea nivelului de zgomot sub limitele admisibile care se regăsesc în legislația în vigoare, se obține creșterea productivității ca urmare a măririi duratei capacității de concentrare intelectuale. Prin urmare, trebuie să se acorde o mai mare atenție problemei protecției acustice, având în vedere că oamenii nu se pot imuniza împotriva acestui pericol al vieții cotidiene și nici nu se pot obișnui să-l suporte.

Pe de altă parte, utilizarea materialelor compozite în scopul reducerii nivelului de zgomot, este o temă îndelung dezbătută de numeroase cercetări în acest domeniu .

Scopul acestei teze de doctorat a fost acela de a obține materiale performante, alcătuite din compozite polimerice, pe bază de rășini poliesterice și formaldehidice, destinate reducerii poluării fonice.

S-au utilizat ca materiale de armare în matricea polimerică diferite tipuri de deșuri organice sau anorganice care pot afecta mediul înconjurător și care rezultă de la diverse procese tehnologice. Prin testarea a mai multor rețete s-a ajuns la elaborarea unui număr de 13 probe optime pentru a fi analizate din puncte de vedere al absorbției undelor sonore.

În cadrul capitolului 4, tabelul 4.10, pagina 44, sunt prezentate probele care sunt analizate. Având în vedere faptul că, umiditatea materiilor prime de armare poate influența prepararea probelor, acestea au fost supuse operației de uscarea (în tabelul 6.1, pagina 56, este prezentată umiditatea totală determinată) . În continuare materiile prime de armare s-au analizat din punct de vedere al distribuției granulometrice atât pentru fracțiunile grosiere (figura 6.1 A, B, C pentru deșeurile organice; figura 6.2 A, B, C, D pentru deșeurile anorganice) dar și pentru fracțiunile fine (figura 6.3 A-F).

Granulometria materialului de armare influențează absorbția undelor sonore datorită faptului că, un material fin determină obținerea unei probe compacte reducând substanțial valoarea coeficientului de absorbție a undelor fonice.

În urma testelor de rezistență la compresiune și încovoiere s-a determinat valori bune pentru proba 4 (conform tabelului 6.3, pagina 62), în timp ce rezistența mecanică cea mai scăzută o prezintă proba 13. Rezistența la compresiune și încovoiere pentru probele de material compozit elaborate, variază în funcție de natura deșeurii utilizat, dar și în funcție de proporția dintre materialul de armare și rășina ca matrice.

În continuare s-a determinat densitatea și porozitatea aparentă pentru cele 13 probe (figura 6.5 și 6.6, pagina 64). Natura deșeurii utilizat precum și cantitatea acestuia în matricea polimerică influențează valorile densității aparente, ceea ce determină ca cea mai mare valoare să o prezinte proba 10 probă confecționată din rășină ureo-formaldehidică 20% armată cu zgură de

oțelărie 80%. În acest caz zgura de oțelărie prezintă ca materie primă densitate mare în comparație cu celelalte tipuri de deșeuri utilizate.

Așa după cum s-a spus mai înainte, și anume faptul că, și cantitatea de deșeu utilizat la elaborarea materialului compozit influențează densitatea aparentă, proba 4 prezintă o valoare ridicată fiind o probă confecționată din rășină poliesterică 20% și cioburi de sticlă 80%.

Din punct de vedere al porozității aparente, aceiași factori influențează și această proprietate și anume atât natura deșeurii utilizat cât și proporția acestuia în matricea polimerică.

Din figura 6.6 se observă valoare cea mai ridicată pentru proba 7 confecționată din rășină fenol-formaldehidică 20% armată cu deșeu de lemn 0,1÷1mm ca dimensiune a așchiilor, dar și pentru proba 10. Pe măsură ce proba este mai compactă porozitatea aparentă scade. Din punct de vedere al absorbției undelor sonore, porozitatea este o proprietate de bază pentru aceste tipuri de materiale compozite obținute și nu numai. În general un material posedă un coeficient de absorbție cât mai aproape de ideal și anume  $\alpha = 1$  pe un spectru larg de frecvențe, cu cât porozitatea acestuia este mai mare. Astfel la obținerea acestor tipuri de materiale compozite, elaborate din rășină polimerică ca matrice armată cu diverse deșeuri, s-a ținut cont de această proprietate.

Stabilitatea față de apă respectiv absorbția apei pentru probele elaborate în cadrul acestei teze depinde atât de materialul de armare cât și de rășina utilizată. Se observă din figura 6.9, pagina 67, că cea mai bună stabilitate față de apă o prezintă proba 4 respectiv proba cu cea mai mică absorbție de apă. Acest lucru se datorează materialului de armare care este în acest caz cioburile de sticlă. Pentru celelalte probe se poate spune următorul lucru: probele 5, 6, 7 sunt obținute din rășină fenol-formaldehidică, care teoretic prezintă cea mai bună stabilitate față de apă, dar materialul compozit reprezentat de proba 7 are cea mai mare absorbție de apă dintre probele testate și aceasta datorită materialului de armare utilizat. La probele 5 și 6 absorbția apei are valori mai scăzute, valori ce sunt influențate de deșeu utilizat la armare în matricea polimerică. Pentru celelalte probe stabilitatea față de apă este influențată cu precădere de materialul de armare.

Analiza privind microscopia electronică și elementală pune în evidență interfața dintre matrice și agentul de armare, interfață care influențează absorbția undelor sonore, precum și conținutul în elemente a compozitului analizat. Capacitatea de absorbție a undelor sonore depinde de gradul de porozitate al materialului compozit analizat din punct de vedere fonic, iar dimensiunea golurilor formate la elaborarea probei este determinată atât de dimensiunile particulei materialului de umplutură cât și de raportul masic rășină-agent de armare, astfel încât gradul de udare al fazei solide de către faza lichidă să nu determine obținerea unei probe compacte.

Astfel au fost supuse analizei de microscopie electronică și elementală EDAX un număr de 7 probe (figurile 6.11.-6.17, pagina 70-76). Se observă din imaginile de microscopie electronică luate la segmente de 1mm și 500  $\mu\text{m}$  respective 100  $\mu\text{m}$ , gradul de udare al ranforsantului de către rășină, precum și golurile formate între particulele agentului de armare datorat atât geometriei granulei cât și dimensiunii acesteia precum și raportului masic dintre cele două materii prime utilizate la obținerea compozitului. Analiza elementală pune în evidență elementele ce alcătuiesc fiecare material compozit în parte.

Pentru determinarea coeficientului de absorbție fonică probele de material compozit s-au confecționat conform schemei din figura 4.3, pagina 43, precum și cu ajutorul matriței prezentată în figura 4.4, pagina 44. Testele s-au efectuat pe probele din material compozit de forma circulară cu diametrul de 63.5 mm și o înălțime de aproximativ 20 mm.

În figurile 5.4. – 5.9, pagina 48-50 este prezentat sistemul de măsurare de laborator utilizat la determinarea coeficientului de absorbție fonică numit **tubul Kundt**, deasemenea figura 5.3, pagina 47, prezintă schema generală a sistemului de măsurare cu interferometru acustic.

Așa cum s-a precizat anterior o absorbție bună pentru un material este dată de valoarea lui  $\alpha = 1$  sau apropiat de 1 și cu un palier de absorbție la aceasta valoare pe o interval cât mai larg de frecvență.

Astfel materialele sunt clasificate pe clase de absorbție acustică în funcție de  $\alpha$  și sunt prezentate în tabelul 6.5, pagina 78. În urma analizei de determinare a coeficientului de absorbție fonică a rezultat următoarele:

- În figurile 6.18.a.÷6.30.a, pagina 78-84 sunt prezentate detalii despre structura probelor de material compozit elaborate, deasemenea rezultatele analizei coeficientului de absorbție pentru fiecare probă sunt arătate în figurile 6.18.b.÷6.30.b, la acelaș număr de pagini. Domeniul de frecvență la care s-au efectuat determinările este 16-3150 Hz.
- Proba 7 prezintă cea mai bună absorbție a undelor sonore pe un spectru larg de frecvență cu un palier apropiat de valoare  $\alpha = 1$  pe gama de frecvențe cuprinsă între 1600 Hz și 2000 Hz. Acest material este încadrat în clasa A de absorbție fonică.
- Deasemenea alte probe încadrate în clasa A de absorbție fonică sunt:
  - ⇒ proba 5 prezintă o absorbție a undelor sonore pe gama de frecvențe cuprinsă între 1600 Hz și 2500 Hz.
  - ⇒ proba 8 prezintă o absorbție a undelor sonore pe gama de frecvențe cuprinsă între 1200 Hz și 2000 Hz.
  - ⇒ proba 10 prezintă o absorbție a undelor sonore pe gama de frecvențe cuprinsă între 1200 Hz și 2500 Hz.
- Analizând cele mai bune probe dintre cele încadrate în clasa A de absorbție fonică respectiv proba 7 și proba 10 se pot spune următoarele:
  - ⇒ Proba 10 prezintă rezistență la compresiune și încovoiere net superioară.
  - ⇒ Proba 10 prezintă densitate aparentă net superioară.
  - ⇒ Proba 7 prezintă porozitate aparentă mai mare.
  - ⇒ Proba 10 prezintă absorbție de apă mult mai scăzută.
  - ⇒ Proba 10 prezintă rezistență mecanică net superioară.
  - ⇒ Proba 10 prezintă o absorbție a undelor sonore pe un spectru mai larg de frecvențe.
- Conform celor relatate mai sus proba 10 respectiv proba confecționată din rășină ureo-formaldehidică 20% + zgură de oțelărie 80% este cea mai bună probă atât cu proprietățile fizico-mecanice cele mai bine dar și un coeficient de absorbție bun pe un spectru larg de frecvențe.
- Celelalte probe respectiv proba 1, 6 și 13 conform coeficientului de absorbție a undelor fonice dar și conform tabelului 6.5 se încadrează în clasa B de absorbție fonică. Și aceste tipuri de materiale compozite se pot utiliza la reducerea nivelului de zgomot cu rezultate bune prin crearea unui panou fonoabsorbant multistrat.
- Probele 2, 9 și 12 fac parte din clasa C de absorbție fonică cu aceeași utilitate ca și cele descrise mai înainte.
- Probele 3, și 11 încadrate în clasa D precum și proba 4 din clasa E de absorbție fonică sunt probele cu cea mai scăzută valoare a coeficientului de absorbție fonică, astfel datorită coeficientului de absorbție scăzut apare fenomenul de dispersie a undelor sonore. Dispersia reprezintă emisia de noi unde sferice în zone cu impedanțe acustice diferite și cu dimensiuni mai mici decât lungimea de undă.

Pentru a exemplifica utilitatea unui panou/perete/barieră pentru reducerea nivelului de zgomot s-a confecționat o probă din rășină poliestică 50% + deșeu granule polipropilenă 50%.

Testul s-a efectuat în camera surdă (figura 6.31, pagina 85) pentru a elimina orice sursă de zgomot de fond care ar perturba determinările.

S-a constatat următoarele:

- Față de momentul inițial (fără barieră atenuatoare figura 6.32, pagina 86) se constată o scădere a nivelului de zgomot la momentul interpunerii barierei atenuatoare (figura 6.33, pagina 87).
- Analizând graficul din figura 6.34, pagina 87, care reprezintă intercalarea celor două momente, adică cel inițial fără barieră atenuatoare și cel final la interpunerea barierei atenuatoare între sursă și receptor, se constată că la frecvențe mari rigiditatea peretelui influențează atenuarea undelor sonore iar în rest bariera atenuatoare determină o reducere a nivelului de zgomot.
- Utilizând relația lui Moreland și Musa s-a calculat coeficientul de difracție a undelor sonore. Difracția se referă la diverse fenomene asociate cu ocolirea de către unde a obstacolelor apărute în calea lor și are loc în cazul oricărui tip de undă, inclusiv undele acustice. Conform figurii 6.35, pagina 90, se constată că, la creșterea frecvenței de lucru coeficientul de difracție scade demonstrând utilitatea barierei atenuatoare confecționată din material compozit rășină poliestică 50% + deșeu granule polipropilenă 50% utilitate pentru domenii cum ar fi reducerea zgomotului rutier, feroviar sau aerian.
- Modelarea matematică cu ajutorul softului privind experimentul din camera surdă determină crearea hărții acustice la cele două momente arătând astfel și prin această metodă reducerea nivelului presiunii acustice la interpunerea barierei între sursă și receptor (figura 6.36.B, pagina 91).

Având în vedere utilitatea unei astfel de bariere atenuatoare precum cea descrisă mai înainte, s-a realizat harta acustică pe o zonă industrială prin modelare matematică și simulare cu ajutorul softului Predictor Type 7810 Version 6.10, precum și cu ajutorul datelor luate din teren și anume : măsurări ale nivelului de zgomot la un număr de 7 surse precum și date despre dimensiunile clădirilor atât pentru zona industrială cât și clădirile de locuit.

În figura 6.38, pagina 96 este prezentată harta de zgomot reprezentând zona industrială analizată la momentul inițial fără barieră atenuatoare precum și în format 3D figura 6.39, pagina 97. Prin simulare pe programul de calculator se înconjoară zona industrială cu o barieră fonoabsorbantă și atenuatoare și astfel se constată o reducere a nivelului de zgomot în apropierea clădirilor de locuit și încadrarea în limitele legislației în vigoare (figura 6.38 și 6.39, pagina 98).

Teza urmărește introducerea unor sisteme inovative pentru absorbția și atenuarea zgomotului rutier, feroviar sau aerian, care are la bază utilizarea unor materiale performante.

Originalitatea cercetării constă în faptul că, s-au obținut materiale compozite noi confecționate din rășină poliestică și rășină formaldehidică la care s-a utilizat ca materiale de armare diverse deșeri care pot afecta mediul înconjurător. Materialele compozite au fost supuse diverselor teste pentru a fi utilizate cu precădere la reducerea nivelului de zgomot care reprezintă o problemă de larg interes la nivel național dar și mondial. Un alt obiectiv atins în cadrul acestei teze îl reprezintă nu numai reducerea zgomotului ci și reducerea poluării mediului în general prin utilizarea diverselor deșuri ca agenți de armare în matricea polimerică.

## CAPITOLUL 8

### BIBLOGRAFIE

- [1] *Profiroiu Marius, Profiroiu Alina, Popescu Irina*, Instituții și Politici Europene, Editura Economică, pp 338, București 2008.
- [2] *Fuerea. Augustin*, Manualul Uniunii Europene, Editura Universul Juridic, Ediția a III-a revăzută și adăugită, pp 404, București 2006.
- [3] *Voicu. Marin*, Introducere în Dreptul European, Editura Universul Juridic, pp 213, București, 2007.
- [4] *Vladimir Rojanschi, Florina Bran, Gheorghiu Diaconu*, Protecția și Ingineria Mediului, pp 19, Editura Economică, București, 1997.
- [5] Internet [www.mmediului.ro](http://www.mmediului.ro) - Ministerul Mediului.
- [6] Conferinta Nationala pentru Dezvoltare Durabila, pp 495, Bucuresti, 13 iunie 2003.
- [7] Proiect - Testarea si implementarea metodelor performante de determinare a metalelor din pulberile emisiilor atmosferice inclusiv de la incineratoare in conformitate cu directivele comunitatii europene INCD ECOIND.
- [8] *J.M.Samet and Y.S.Chung*, Air quality, atmosphere and health, Springer Netherlands,1998, pp 5.
- [9] A.Muzet, "Environmental noise, sleep and health, Sleep Medicine Reviews", **vol.12**, no 2, 135.
- [10] *D. Gabriel*, Poluarea sonoră în Municipiul IAȘI factori de disconfort și risc pentru sănătatea populației expuse, Teză doctorat, Iași, 2011.
- [11] *Bert De Coensel*, „Introducing the Temporal Aspect in Environmental Soundscape Research”, Dissertation submitted to obtain the academic degree of Doctor of Engineering Physics, Publicly defended at Ghent University on February 6, 2007.
- [12] *Rodica T. Munteanu*, Zgomotul efect nociv. Oboseala auditiva. Exemplu de caz.. Buletinul AGIR nr. 4/2007 • octombrie - decembrie
- [13] *R.Zulkifli, M.J.M.Nor, A.R.Ismail, M.Z.Nuawi and M.F.M.Tahir*, "Effect of Perforated Size and Air Gap Thickness on Acoustic Properties of Coir Fibre Sound Absorption Panels", European Journal of Scientific Research, 2009, **vol.28**, no2, 242.
- [14] *M. Iovu* Chimie organică, Ediția a V-a, Editura Monitorul Oficial, București, pp 982 – 983, 2005.
- [15] [http://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page) 2010
- [16] Teoreanu I – Fundamente in stiinta silicatilor, Bucuresti 1985
- [17] *Geier, M., Duedal, D.*, Guide pratique des materiaux composites, Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 1985.
- [18] *J.A. Manson, L.H. Sperling*, Polypmer Blends and Composites, Plenum Press, New York, 1976
- [19] *N. Toma* Materiale compozite ceramice Ed. Printech Bucuresti, 2001.
- [20] *D.Hon and Nobuo Shiraishi*, eds. " Wood and cellulose chemistry", 2nd ed., New York: Marcel Dekker, pag.5, 2001.
- [21] *Autar K. Kaw*, Mechanics of Composite Materials (2nd ed.). CRC. ISBN 0-84-931343-0, 2005.
- [22] *I. Teoreanu, L. Nicolescu, N. Ciocea, V. Moldovan* „Introducere în Știința Materialelor Anorganice”, **vol. 2**, Ed. Tehnică București, 1997.
- [23] *Marcela Muntean*, Știința Materialelor Oxidice, Ed. Printech, București, 2009.
- [24] <http://omicron.ch.tuiasi.ro/~inor/matmip/publicatii.html>, C.Ibănescu "Ingineria materialelor compozite polimerice si procese de prelucrare a acestora", pag. 8-10.
- [25] *G. H.Horia, I.Margareta, T.Iosif Daniel, R. Ovidiu-Adrian, N.Gheorghe*, Materiale compozite, , pp. 2, Editura tehnică 1999.
- [26] Enciclopedia de chimie, **vol 5**, Editura Științifică și Enciclopedică, București, pp 325-332, 1989.
- [27] *H. Iovu*, Note de curs masterat, Compozite polimerice, Universitatea Politehnica București, București, 2008.
- [28] *I. Ropota*, „Compozite cu matrice polimerică și deșeuri anorganice/ organice”. Proiect de diplomă Inst. Politehnic București, 1993.
- [29] *I. Ropotă*, "Compozite polimerice cu destinații speciale", Teză doctorat, București, 2011.
- [30] *M. Dimonie, Gh. Hubca, H. Iovu*, "Compozite polimerice", Litografia UPB, 1993

- [31] *F. L. Matthews and R. D. Rawlings*, Composite Materials, Engineering and Science, Chapman & Hall, London, 1994.
- [32] *Ivana Partridge*, Advanced Composites, Elsevier Applied Science, London, 1999
- [33] *J.A Manson, L.H. Sperling*, Polimer Blend and Composites, Journal of Science Polymer, **vol. 15**, no 2, pp. 113-114, februarie 1977.
- [34] *R. Wool, X.S. Sun*, Bio-based Polymers and Composites, Academic Press, ISBN 0-12-763952, 2005.
- [35] *R.N. Hadcock*, Status and viability of composite Materials in structure of heigh performance aircraft. Monterey C.A., Feb. 1986.
- [36] *L.S. Hansen, D. Loosser, W.L. O'Brie*, Advanced Composite Applications.Proceedings of the 31'st International SAMPE Symposium Spciety for the Advancement of Material and Process Engineering, 1986.
- [37] *L.A. Dobrzański*, Metal Engineering Materials WNT, Warsaw (2004).
- [38] *L.A. Dobrzański and M. Drak*, Structure and properties of composite materials with polymer matrix reinforced NdFeB hard magnetic nanostructured particles, J. Mater. Process. Technol. 157/158 pp. 650–657, 2004.
- [39] *L.A. Dobrzański, M. Drak*, Permanent magnets Nd–Fe–B, J. Microstruct. Mater. Prop., 2007, in press
- [40] *D. Szewieczek, L.A. Dobrzański and B. Ziębowicz*, Structure and magnetic properties of nanocomposites of nanocrystalline powder—polymer type, J. Mater. Process. Technol. 157/158 (2004), pp. 765–770.
- [41] *B. Ziębowicz, D. Szewieczek and L.A. Dobrzański*, Magnetic properties and structure of nanocomposites of powder  $Fe_{73.5}Cu_1Nb_3Si_{13.5}B_9$  alloy—polymer type, J. Mater. Process. Technol. 157/158 (2004), pp. 776–780
- [42] Proiect INOVARE nr. 187/2008 „Sisteme de protecție în concepție modulară din materiale compozite fonoabsorbante și fonoizolante pentru mașini de construcții,, – PROMACON; ICECON București
- [43] *A. Darabonț, A Costin* Metode moderne de combaterea zgomotului și vibrațiilor în industria chimică, pag. 7, 1980
- [44] *Lagardini BĂLĂIȚĂ*, Poluarea Fonică, „REDUCEȚI EXPUNEREA LA ZGOMOT! - Lucrările Simpozionului „Săptămâna europeană pentru securitate și sănătate în muncă”Sovata, 16-18 octombrie 2005, pagina 28-30.
- [45] S.C. Roșia Montană Gold Corporation S.A. - Raport la studiul de evaluare a impactului asupra mediului Plan de management a zgomotului și vibrațiilor.
- [46] *Gabriela CHIRIGIU*, ZGOMOTUL - FACTOR NOCIV, „REDUCEȚI EXPUNEREA LA ZGOMOT! - Lucrările Simpozionului „Săptămâna europeană pentru securitate și sănătate în muncă”Sovata, 2005, pagina 28-30
- [47] [http://referat.clopotel.ro/Poluarea\\_Sonora-12720.html](http://referat.clopotel.ro/Poluarea_Sonora-12720.html)
- [48] *Nicolaie Enescu, Ioan Magheți, Mircea Alexandru Sârbu*, Acustică tehnică. Editura ICPE 1998, pag. 54 – 63.
- [49] *G. Dumitrescu, D.N. Bratu* Efectele expunerii profesionale la zgomot în sectorul petrolier, „REDUCEȚI EXPUNEREA LA ZGOMOT! - Lucrările Simpozionului „Săptămâna europeană pentru securitate și sănătate în muncă”Sovata, 2005, pag. 40
- [50] Proiect INOVARE nr. 187/2008 „Sisteme de protecție în concepție modulară din materiale compozite fonoabsorbante și fonoizolante pentru mașini de construcții,, – PROMACON; Institutul de Cercetări pentru Echipamente și Tehnologii în construcții ICECON București.
- [51] *Patricia Ana Ungur* ,Teză doctorat „ Panouri fonoabsorbante pentru atenuarea zgomotului în medii interioare ambientale „, Universitatea din Oradea, 2010.
- [52] Proiect CEEX 2006 „, Cercetarea și realizarea de structuri fonoabsorbante în vederea reducerii poluării sonore urbane și industriale, în conformitate cu prevederile nomelor și directivelor europene în vigoare,, - REDNOISE; INCD COMOTI București.
- [53] *G. I. Stan, I. Curtu*, „Metode și procedee de măsurare a proprietăților panourilor stradale fonoabsorbante,, Buletin AGIR nr.1 , 2011

- [54] *Luminița-Sanda Adreescu*, Teză doctorat „Contribuții la studiul propagării și limitării zgomotului în instalații”, Universitatea Tehnică din București Facultatea de Instalații, 2010.
- [55] *Vasile Bara, Olimpia Buzușu, Monica Costea*, „Reduceți expunerea la zgomot”, Simpozion Tehnico-Științific, Oradea 18-20 octombrie 2005, pag 8-14.
- [56] *C. Pascu*, Proiect CEEX nr. X2CO8, Panou fonoabsorbant și fonoizolant modular pentru bariere de zgomot, 2006.
- [57] *Gianina Ileana Stan*, Cercetări privind optimizarea panourilor compozite fonoabsorbante și rezistente la șoc utilizate la protecția habitatului limitrof autostrăzilor, Teză Doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov, 2011.
- [58] *DARABONȚ A*: Combaterea poluării sonore și a vibrațiilor Ed.Tehnică 1975.
- [59] *BERANEK L.L.* Noise and vibration control 1988.
- [60] *Ovidiu Vasile*, Teză doctorat „Contribuții la modelarea controlului zgomotului și vibrațiilor”, București 2009, pagina 27-31
- [61] \*\*\* SR EN ISO 9613-2 Atenuarea sunetului propagate în aer ; Partea 2 :Metodă generală de calcul, 200
- [62] *M. Dimonie, Gh. Hubca, H. Iovu* (1883). “Compozite polimerice”, Litografia UPB, 1993
- [63] *F. L. Matthews and R. D. Rawlings* (1994). “Composite Materials”, Engineering and Science, Chapman & Hall, London.
- [64] *Manson, J.A., Sperling, L.H.*, Polimer Blend and Composites, Journal of Science Polymer, vol. 15, nr. 2, pag. 113-114, februarie 1977
- [65] *Petrovici, V., Agache, C.* (2003) "Aspecte și tendințe în standardizarea internă și internațională privind emisia de aldehydă formică din industria lemnului." Buletinul Conferinței Naționale „Știința și Ingineria Lemnului în Mileniul III”, 20-21 noiembrie. Universitatea TRANSILVANIA din Brașov, Facultatea de Industria Lemnului, Brașov, România.
- [66] *Anca Maria Varodi*, Contribuții la studiul unor compozite adezive pe bază de rășini furnice mixte cu alcoolii furanic pentru încluirea lemnului,, Teză doctorat , Brașov, 2010.
- [67] Brevet de invenție „Procedeu discontinuu, de obținere a rășinilor ureo-formaldehidice cu conținut mic de formaldehydă liberă”, nr. 110345 B1, 1994.
- [68] Brevet de invenție „Rășină ureo- formaldehydică pentru plăci aglomerate de lemn și procedeu de obținere a acesteia”, nr. 114801 B, 1998.
- [69] <http://www.scribub.com/stiinta/chimie/MATRICEAPOLIMERICA2152216214.php>
- [70] *Petrovici, V., Curtu, I. Zeleniuc, O., Salcă, Em., A., Varodi, A.M., David, K.I., Urdea, S.N.*(2006 a). Program de Excelență MATNANTECH Modul I CEEX M1-C2-4153/2006 „Lignina sursă de materii prime pentru combustibili neconvenționali, energie, produse chimice și materiale performante în condițiile dezvoltării durabile”, Autoritatea Națională pentru Cercetare Științifică, Universitatea Politehnică din București, Facultatea de Chimie Aplicată și Știința Materialelor, Contract de finanțare pentru execuție proiect 102/2006 încheiat între Institutul de Chimie Macromoleculară „P.Poni” din Iași și Universitatea TRANSILVANIA din Brașov.
- [71] *Petrovici, V., David, K.J., Urdea, S.N., Pîrnuță, O. A.* (2006 b). "Cercetări privind emisia de formaldehydă a plăcilor din aşchii de lemn prin metoda flaconului în condiții standard și unele variante modificate ale configurației plăcilor din pachet." Partea a 1-a: Metodologie. Revista Pro Ligno, Vol. 2, Nr.1, p. 19-29., ISSN 1841-4737.
- [72] *David, K. J., Petrovici, V., Zeleniuc, O.Varodi, A.M.*, (2008c) "Study Upon the Quality of an Aminoplast Structural Adhesive Mixed with Lignin for Load Bearing Timber Structures." Proceedings of the International Panel Products Symposium, 24th-26th September, Espoo, Finland, p. 261-265 ISBN 978-1- 84220-113-8;
- [73] *David, J.K.* (2006b) "Studiul unor corelații între metodele de determinare a conținutului și emisiei de formaldehydă din produse pe baza de lemn". Referat de doctorat nr.3. Universitatea TRANSILVANIA din Brașov, Facultatea de Industria Lemnului.
- [74] *David, J.K.* (2006c) "Stadiul actual al cunoștințelor privind conținutul și emisi de formaldehydă din produse pe bază de lemn". Referat de doctorat nr.2. Universitatea TRANSILVANIA din Brașov, Facultatea de Industria Lemnului.

- [75] *David, J.K.* (2006a) "Studiul privind efectul poluant al formaldehidei în industria lemnului". Referat de doctorat nr.1, Universitatea TRANSILVANIA din Braşov, Facultatea de Industria Lemnului.
- [76] xxx Ministerul Muncii și Solidarității Sociale, Norme Generale de Protecția Muncii, București, 2002.
- [77] *I. Ropotă* (2009). „Transformarea deșeurilor în compozite înalt performante”. Simp. Național Gorj. Triada Resurse – Reciclare – Recondiționare în oglinda viitorului, ISBN 978-973-8918-31-3 Vol 2, pag. 124-129.
- [78] *V.A. Fomin, V.V. Guzeev* (2001), Biodegradable polymers, their present state and future prospects, Prog. Rubb. Plastics Tech., 17, p. 186–204.
- [79] *Y. Zheng, E.K. Yanful, A.S. Bassi*, (2005), A review of plastic waste biodegradation, Cri. Rev. Biotechnol, 25, p. 243–50.
- [80] *O.V. Bold, G. A. Mărăcineanu*, Managementul deșeurilor solide urbane și industriale, Editura Matrix Rom, București, 2003.
- [81] *M. Sandu, A. Dobre, Al. Mănescu*, Ingineria mediului, Editura Matrix Rom, București, 2007.
- [82] *Carta D., Cao G., D'Angeli C.*, (2003), Chemical recycling of polyethylene terephthalate (PET) by hydrolysis and glycolysis, Environmental Science and Pollution Research, 10, 390-394.
- [83] *Ovidiu Dumitrescu, Ioan Ropotă, Mihai Bratu, Marcela Muntean*, REUSE OF PET WASTE AS THERMOPLASTIC COMPOSITES, Environmental Engineering and Management Journal, (2011), Vol.10, No. 8, 1179-1181.
- [84] *Marcela Muntean* (2009). “Știința Materialelor Oxidice”. Ed. Printech, București
- [85] \*\*SR ISO 5264:1995, Combustibili minerali solizi. Cărbuni. Determinarea umidității, 1995
- [86] \*\*\*SR ISO 2591-1 : 2003 Analiză prin cernere. Parte 1 : Metoda cu site pentru cernere din țesături metalice și din table perforate.
- [87] *Corina M, Dore R*, „Evoluția gradului de uniformitate al amestecurilor granulare disperse în timpul măcinării”, Revista Română de Materiale, 2011, 41(1), 42-49.
- [88] \*\*\*SR EN-933-1:2002. Încercări pentru determinarea caracteristicilor geometrice ale agregatelor Partea 1: Determinarea granulozității. Analiza granulometrică prin cernere.
- [89] \*\*\*SR ISO 13320-1 : 2001 Analiza dimensiunii particulelor – Metoda difracției laser.
- [90] *Ivana Partridge* - Advanced Composites, Elsevier Applied Science, London, 1999.
- [91] *Manson, J.A., Sperling, L.H.*, Polimer Blend and Composites, Journal of Science Polymer, vol. 15, nr. 2, pag. 113-114, februarie 1977.
- [92] *Wool, R., Sun, X.S.*, Bio-based Polymers and Composites, Academic Press, 2005, ISBN 0-12-763952.
- [93] \*\*\*SR EN 993-5/ 2001 Metode de încercare pentru produse refractare fasonate dense. Partea 5: Determinarea rezistenței la compresiune la temperatura ambiantă
- [94] \*\*\*\*SR EN. 1340-5/2004. Încercarea pe beton întărit. Partea 5: Rezistența la încovoiere a epruvetelor;
- [95] \*\*\*SR EN 993-1/ 1997 Metode de încercare pentru produse refractare fasonate dense. Partea 1 : Determinarea densității aparente porozității deschise și porozității totale.
- [96] \*\*\*SR EN ISO 10545-3 : 1999 Plăci și dale ceramice . Determinare absorbție apă.
- [97] \*\*\*SR EN ISO 10534-1 Determinarea coeficientului de absorbție acustică și a impedanței cu interferometrul acustic Partea 1: Metoda raportului de undă staționară.
- [98] \*\*\*SR EN ISO 10534-2 Determinarea coeficientului de absorbție acustică și a impedanței cu interferometrul acustic Partea 2: Metoda funcției de transfer.
- [99] *M. Bratu, Ioan Ropotă, Ovidiu Vasile, Ovidiu Dumitrescu, Marcela Muntean*, Sound-absorbing properties of composite materials reinforced with various wastes, Environmental Engineering and Management Journal, (2011), Vol.10, No. 8, 1047-1051.
- [100] *J.D. IRWIN, E.R.GRAF*, Industrial noise and vibration control, Departament of Electrical Engeneering Auburn University, Alabama, PRENTICE – HALL, INC., Engewood Cliffs, New Jersey 07632, 1979.
- [101] *A. SOMMERFELD*, *Math. Ann.*, Vol. 47(1896), pp. 317- 374.
- [102] *H. M. McDonald*, *Proc. London Math. . Soc.*, vol. 14 (1915), pp 89 – 102.
- [103] *S. W. REDFEARN*, *Phil. Mag.*, Vol. 30 (1940), pp. 223-236.

- [104] MAEKAWA, F. Appl. Acoustics, Vol 1, American Elsevier Publishing Co., New York (1968), pp. 157-173.
- [105] Moreland, J.B. and Musa R.S. "The Performance of Acoustic Barriers" International Conference on Noise Control Engineering, Washington DC, 1972, pp 95-104.
- [106] Born, M. and E. Wolf, Principles of Optics, Pergamon Press, Sixth edition, London, 2003, pp. 412 – 425.
- [107] TATGE, R.B. „Noise Reduction of Barrier Walls,, presented at the 1972 Arden House Conference
- [108] MORELAND, J.B. and R.S. MUSA The Performance of Acoustics Barriers,, Noise Control Eng. Vol. 1, No. 2 (1973), pp. 98-101.
- [109] \*\*\*SR EN ISO 717-1 Acustica. Evaluarea izolarii acustice a cladirilor si a elementelor de constructii. Partea 1: Izolarea la zgomot aerian
- [110] \*\*\*SR EN ISO 717-2:2001/A1:2007. Acustică. Evaluarea izolării acustice a clădirilor și a elementelor de construcții. Partea 2: Izolarea la zgomot de impact.
- [111] \*\*\*STAS 10009-88 Acustică urbană. Limite admisibile ale nivelului de zgomot urban.
- [112] \*\*\*Directiva 2002/49/EC de evaluare și administrare a zgomotului în mediu.
- [113] \*\*\*Hotărârea 321 2005 privind evaluarea și gestionarea zgomotului ambiental.
- [114] \*\*\*Engineering Materials Handbook, vol. 1, Composites, ASM International, Handbook Committee, SUA, 1987.
- [115] Hull, D., An Introduction to Composite Materials, Cambridge University Press, Cambridge, 1981.
- [116] Hoskin, C.B., Baken, A.A., Composite Materials for Aircraft Structure, AIEA Education Series, SUA, 1986.
- [117] Pludemann, E.P., Interfaces in Polymer Matrix Composites in : Composite Materials, vol. 6, Ed. L.J. Broutman, R.H. Crock, Academic Press, New York, 1974.
- [118] Middleton, D.H., Composites Materials in Aircraft Structures, Longman Scientific and Technical, 1990.
- [119] Berg, C.J., composite Systems from Natural and Synthetic Polymer, Ed. Salmen L., Elsevier Press, Amsterdam, 1986.
- [120] Yu.S.Lipatov – Fenomene de interfață în polimeri, Naukov Dumka, Kiev, 1980.
- [121] Berlin, A.A., Volfson, St.A, Enikilopian, N.S., Negmatov, S.S., Principles of Polymer Composites, Akademik-Verlag, Berlin, 1985.
- [122] Lipatov, Yu.S., Fiziceskaia himiia napolnennih polimerov, Izd. Himiia, Moskva, 1977.
- [123] Cassidy, P.E., Yager, B.J., Coupling Agents As Adhesion Promoters in Reviews in Polymer Technology, I. Skeist (ed.), vol.1, Marcel Dekker Inc., New York, 1972.
- [124] CONSTANȚA Ibănescu, "Ingineria materialelor compozite polimerice și procese de prelucrare a acestora", p. 35-47, <http://omicron.ch.tuiasi.ro/~inor/matmip/publicatii.html> .
- [125] **M Bratu.**, Ropotă I., Vasile O., Dumitrescu O., Muntean M., “ Corelații interfață matrice-agent de armare și proprietățile fonoabsorbante ale unor materiale compozite armate cu diverse deșeuri”, Universitatea Politehnică București, Buletin Științific, vol. ..., no..., ..... 2012, pp. ....
- [126] [http://www.isover.ro/sunet\\_absorb.php](http://www.isover.ro/sunet_absorb.php)
- [127] **M Bratu.**, Ropotă I., Vasile O., Dumitrescu O., Muntean M., “Cercetări privind proprietățile fonoabsorbante ale unor noi tipuri de materiale compozite”, Revista Română de Materiale, vol. 41, no.2, Feb. 2011, pp. 147-154.
- [128] SR EN ISO 11654-2002 Acustică. Absorbanți acustici utilizați în clădiri. Evaluarea absorbției acustice.
- [129] **M.Bratu, O.Dumitrescu, I.Ropotă, M.Muntean**, “Propriétés phonoabsorbantes de certains matériaux composites obtenus de déchets non-biodégradables”, Le deuxième colloque francophone Pluridisciplinaire sur les Matériaux, l’Environnement et l’Electronique (PLUMEE 2011), Limoges, France, 30 Mai - 1 Juin 2011.
- [130] Elena Bucur, **Mihai Bratu**, Andrei Vasile, Researches regarding to mathematical modeling of the acoustic intensity emitted by industrial sources made from the point of view of noise pollution reduction, Annual Symposium of the Institute of Solid Mechanics and Homagial Session of the Commission of Acoustics, SISOM 2010, Book of abstracts, p. 145, 2009

- [131] **M. Bratu**, Reducing noise pollution by using new types of ecological composite materials, International Symposium „The Environment and Industry” - SIMI 2011, 16-18.11.2011, Bucharest, vol. II, p. 209-215, ISSN 1843-5831
- [132] **M. Bratu**, Sound- Absorbing properties of organic composite materials, The 3rd International Conference on Recent Advances in Composite materials – ICRACM 2010, 13-15 december University de Limoges, Book of abstracts, p. 148, 2010.
- [133] **M. Bratu**, Noise level attenuation using barriers made of organinc composite materials,The XXXI-st Romanian Chemistry Conference, 6-8 october, Ramnicu Valcea, Book of abstracts, p. 228, 2010; ISBN-978-973-750-194-3.
- [134] \*\*\*Standardul Român SR ISO 1996-2 – Caracterizarea și măsurarea zgomotului din mediul înconjurător – Obținerea de date corespunzătoare pentru utilizarea terenurilor.
- [135] **M Bratu** „Cercetări privind modelarea matematică a intensității acustice corespunzătoare surselor industriale în vederea reducerii poluării fonice”, Proiect nucleu, 2011.