



**Universitatea *Transilvania* din
Braşov**

TEZĂ DE ABILITARE

**COMPOZITE DIN DEŞEURI AGRICOLE ŞI INDUSTRIALE
RECICLATE**

Domeniul: INGINERIE FORESTIERĂ

Autor: Conf.dr.ing. Camelia COŞEREANU

Universitatea TRANSILVANIA din Braşov

BRAŞOV, 2015

CUPRINS

CUPRINS	1
Lista de notații și simboluri	3
(A) Summary	4
(B) Realizări științifice și profesionale și planuri de evoluție și dezvoltare a carierei	7
(B-i) Realizări științifice și profesionale	7
Introducere	7
CAPITOLUL 1. CERCETĂRI PRIVIND UTILIZAREA DEȘEURILOR AGRICOLE ÎN STRUCTURI CLASICE DE COMPOZITE LIGNOCELULOZICE.....	11
1.1. Stadiul actual al cercetărilor privind utilizarea deșeurilor agricole și a biomasei în realizarea biocompozitelor.....	11
1.2. Cercetări privind utilizarea cojilor de semințe de floarea soarelui în realizarea biocompozitelor	17
1.2.1. Cercetări experimentale privind distribuția mărimii particulelor din deșeurile de coji de semințe de floarea soarelui	19
1.2.2. Cercetări experimentale privind caracteristicile fizice și mecanice ale biocompozitelor din coji de semințe de floarea soarelui cu adezivi ureoformaldehidici	24
1.2.3. Cercetări experimentale privind influența tipului de adeziv asupra proprietăților fizice și mecanice ale biocompozitelor din coji de semințe de floarea soarelui	34
1.3. Cercetări privind utilizarea rapiței în structura biocompozitelor.....	41
1.3.1. Stadiul actual al cercetărilor privind utilizarea tulpinii de rapiță în biocompozite	41
1.3.2. Cercetări experimentale privind biocompozitele fabricate din așchii de lemn în amestec cu particule din tulpini de rapiță, înleiate cu adeziv UF	45
1.4. Concluzii.....	51
CAPITOLUL 2. CERCETĂRI PRIVIND POSIBILITATEA OBȚINERII UNOR BIOCUMPOZITE FĂRĂ ADEZIV.....	57
2.1. Stadiul actual al cercetărilor privind biocompozitele cu emisie redusă de formaldehidă	57
2.2. Cercetări experimentale privind înlocuirea adezivilor clasici cu lignină	58
2.2.1. Cercetări experimentale privind înlocuirea adezivilor din compoziția panourilor din așchii de lemn cu lignină	58

2.2.2. Cercetări experimentale privind utilizarea deșeurilor agricole în realizarea de biocompozite fără adezivi	68
2.3. Cercetări experimentale privind utilizarea celulozei și a ligninei la realizarea biocompozitelor	81
2.4. Concluzii	87
CAPITOLUL 3. CERCETĂRI PRIVIND REALIZAREA UNOR MATERIALE TERMO- ȘI FONOLIZANTE DIN DEȘEURI INDUSTRIALE	91
3.1. Compozite lemn-plastic	91
3.2. Cercetări experimentale privind realizarea unor compozite termo- și fonoizolante din deșeuri de ABS și rumeguș	92
3.2.1. Investigarea structurilor optime ale panourilor din deșeuri de ABS și rumeguș	93
3.2.2. Testarea rezistenței la apă a panourilor din deșeuri de ABS și rumeguș	101
3.2.3. Testarea proprietăților de izolare termică și fonică a panourilor din deșeuri de ABS și rumeguș	104
3.3. Cercetări experimentale privind realizarea unor compozite termo- și fonoizolante din deșeuri textile, așchii din lemn și diverși lianți	112
3.3.1. Testarea proprietăților de izolare termică a compozitelor aglomerate din deșeuri textile, așchii din lemn și diverși lianți	112
3.3.2. Cercetări teoretice și experimentale privind capacitatea de izolare termică a unor structuri complexe	122
3.3.3. Testarea proprietăților de absorbție fonică a compozitelor din deșeuri textile, așchii din lemn și diverși lianți	126
3.3.4. Determinarea rezistenței la apă a compozitelor din deșeuri textile, așchii din lemn și diverși lianți	128
CAPITOLUL 4. CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII ȘTIINȚIFICE ORIGINALE	133
(B-ii) Planuri de evoluție și dezvoltare a carierei	137
1. Evoluția în cariera profesională	137
1.1. Studii	137
1.2. Experiență profesională și didactică	138
1.3. Dezvoltarea carierei de cercetare	142
2. Planuri de dezvoltare a carierei profesionale	145
2.1. Activitatea didactică	145
2.2. Activitatea de cercetare științifică	145
(B-iii) Bibliografie	147

Lista de notații și simboluri

Notație/ Simbol	Explicația/ Mărimea	U.M.
PAL	- placă din așchii de lemn;	-
MDF	- placă din fibre de lemn cu densitate medie (medium density fiberboard);	-
PFL	- placă din fibre de lemn;	-
ABS	- acrilonitril-butadien-stiren	-
UF	- adeziv ureo-formaldehidic;	-
A	- absorbția de apă;	%
G_t	- umflarea în grosime;	%
λ	- coeficient de conductivitate termică;	$\left(\frac{W}{m \cdot K}\right)$
E_m	- modulul de elasticitate;	$\left(\frac{N}{mm^2}\right)$
f_m	- rezistența la încovoiere;	$\left(\frac{N}{mm^2}\right)$
f_t	- rezistența la tracțiune perpendiculară pe fețele panoului sau coeziunea internă;	$\left(\frac{N}{mm^2}\right)$
f_s	- rezistența la smulgere a șurubului;	$\left(\frac{N}{mm}\right)$
D_p	- distribuția procentuală a particulelor;	%
m_f	- masa fracției din sita luată în calcul, la determinarea distribuției particulelor;	(g)
m	- masa eșantionului, la determinarea distribuției particulelor;	(g)
P	- densitatea;	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$
t, t_i	- grosimea epruvetei;	(mm)
G_i	- conținutul de aldehida formică al soluției din fiecare prelevare orară;	$\left(\frac{mg}{m^2 \cdot h}\right)$
G_m	- conținutul de aldehida formică mediu;	$\left(\frac{mg}{m^2 \cdot h}\right)$
α	- coeficient de absorbție.	-

(A) Summary

During the last years it got obvious that many toxic substances have become so widely distributed in the natural environment as to cause significant effects on the people's health. It is the case of formaldehyde and of polystyrene, which are considered to be probable human carcinogens. Formaldehyde is used mainly to produce resins used in particleboard products and particleboards are the main raw materials for furniture manufacturing, polystyrene is the common material used for thermal insulating of the buildings, both of them affecting day by day our health. On the other hand, due to the shortage of forest resources, new strategies for the sustainable use of other lignocellulosic materials must be implemented. The new strategies require research work focused on new engineered materials with low ecological impact, addressing societal challenges and technological needs with an interdisciplinary approach. Materials science has become one of the most dynamic engineering disciplines, due to significant efforts made to ensure industry can meet the challenges it currently faces, in terms of the new materials being introduced and the stronger integration of products and processes required. The habilitation thesis entitled "*Composites made from recycled agricultural and industrial wastes*" aims at promoting alternative composite materials to particleboards, green products with low ecological impact in terms of ultra-low formaldehyde emission and use of agro-waste and by-products not valorized yet and at substituting wood and save forests.

The scientific research presented herein after was performed between 2006 and 2015, after obtaining the doctoral degree in „*Industrial Engineering*” in May 2006, and is a part of the personal original contribution to the biocomposites field in the conditions when resources continue to decrease, and it becomes necessary to develop wood adhesives based on renewable resources, as alternative materials to the most common resins used in the production of wood-based panels, as formaldehyde-based resins and isocyanate. The results of the research were published in *Thomson ISI Journals* and journals indexed in international databases, and a part of them are the object of patent proposals.

The habilitation thesis is structured on three main directions of composites research, each one being presented in a separate Chapter.

Chapter 1, entitled „*Study of using agricultural wastes in classical structures of lignocellulosic composites*” presents the experimental work of manufacturing and testing in the laboratory conditions of structures similar to particleboard, replacing totally or partially the wood particles with other lignocellulosic resources obtained as waste from the agricultural sector, as the sunflower seed husks and rape stalks are. The research work in this field is new in Europe and a starting point in Romania, focused on finding alternative materials to the classical raw

materials in buildings and furniture manufacturing sector, for providing a long-term sustainable development of these industries, even in the conditions of wood resources shortage.

This type of research requires imagination and creativity, in order to make the proper combinations and find the most suitable solutions for getting the performance. It usually ends with „it's possible” or not. It needs small steps first, followed by accurate conclusions that open new sequential directions in research. This is the case of the research work presented in Chapter 1. First, sunflower seed husks were investigated as alternative materials for wood in the structure of single-layer and three-layer particleboard, as fine and coarse particles, using the classical UF (urea-formaldehyde) resin as a binder. The biocomposites were manufactured in the laboratory conditions and tested for density, internal bond, bending strength and MOE and screw withdrawal. The results have shown that only the fine particles of this resource met the standard SR EN 312 requirements, except the bending strength. The next step was to investigate other classical resins for these structures and in this case good results were obtained for the coarse particles of sunflower seed husks glued with polyurethane resin. Rape straws were also investigated as potential raw materials for particleboards, using UF resin. The same protocol of manufacturing and testing the biocomposites was followed. The results have shown that the rape straw particles increase the bending strength of the biocomposites, but have a negative influence on the results of the internal bond of the panels.

Chapter 2 entitled „*Research on obtaining biocomposites without resins*” presents the investigations on the possibility of producing particleboards without resins. Based on the previous researchers' results, the adhesives were replaced by lignin PROTOBIND 1000, a powder lignin which substitutes 15% of the phenolic resins in various applications. The lignin was used in its original state, not modified as found in the literature for increasing its reactivity. It was mixed with wood particles and then with sunflower seed husks and rape straws, separately. The structures could not meet the SREN 312 requirements, but close values were obtained for structures made from lignin and fine particles of sunflower seed husks. Promising results obtained for lignin based structures so far, encouraged the next step in research, namely to use lignin and pulp extracted from wheat straws, rape stalks and recycled paper in manufacturing new biocomposites. Good results were obtained by mixing lignin with pulp extracted from wheat straws and with recycled paper.

In *Chapter 3* entitled „*Study of new thermal- and soundproofing panels made from industrial waste*”, new composites made from ABS waste and planer shavings were studied. Experimental determinations of thermal conductivity coefficient and sound absorption coefficient were performed. Attempts of designing and testing new composites with similar applications, using industrial textile wastes (wool fibers) and different binders, were performed in the frame of the *Contract no. 72-200/2008, Programme no. 4 - Partnerships in The Priority*

Fields, coordinated by the author of the present habilitation thesis between 2008 and 2011. The theme and results of the contract entitled „(Bio)Degradable Composites with Textile Inserts for Ecological Environmental Products”, *BIOCOMPTEX* acronym, were disseminated in a book, three scientific papers were published in ISI journals and three were published in a journal indexed in *CABI, DOAJ, DRJI, EBSCO Publishing Ltd. Academic Search Complete, INDEX COPERNICUS*.

Chapter 4 entitled „Final conclusions and personal original contributions” is a synthesis of the results of the research work developed in the last ten years by the author of the present habilitation thesis, comparing the properties and prices of the new proposed products with those already existed on the market.

Since 2006, the research and professional activities of the author of the present habilitation thesis are proved by the following publications: 10 books, 1 international book chapter, 2 support courses, 2 book chapters containing the dissemination of the research activity in the frame of the *BIOCOMPTEX* project, 8 papers published in *ISI Thomson* indexed journal, from which **4 papers** with an **impact factor >1,00** (2 papers in *Environmental Engineering and Management Journal* with an **impact factor of 1.004**, 1 paper in *European Journal of Wood and Wood Products* with an **impact factor of 1.105**, 1 paper in *BioResources* with an **impact factor of 1.549**), 6 papers published in *ISI Proceedings*, 36 papers published in other international data basis (*CABI, DOAJ, DRJI, EBSCO Publishing Ltd. Academic Search Complete, INDEX COPERNICUS, Google Scholar*) and 43 papers presented at the international conferences in Romania and abroad, **a total of 108 publications**. The author of the present habilitation thesis has also coordinated 1 national grant and 1 research project, being member in other 6 grants. The international visibility is proved by the 23 citations, 7 of them in *ISI Thomson* indexed journals and by 7 patents applications, 6 abstracts being already published, 1 of them being prepared for issuing the *Patent Certificate*, related to the research work presented in *Chapter 3* of the present habilitation thesis .

The future scientific and academic career will be focused on two directions:

- to continue the investigations on biocomposites and to disseminate the results in *ISI Thomson* indexed journals, trying to finance the research work by national and international grants and use the results to improve the courses in the academic activity.
- to develop the research and academic activities on furniture manufacturing technologies, testing alternative technologies and spreading the knowledge in this direction by creating internet accesses databasis in the frame of future projects (*Erasmus⁺* project proposal *ERGOSIGN* entitled „Novel learning approach for *ERGOnomic* principles for *deSIGNers* working in the upholstery and sleep sectors by using *Virtual Reality*”, submitted March 2015), as coordinator.

(B) Realizări științifice și profesionale și planuri de evoluție și dezvoltare a carierei

(B-i) Realizări științifice și profesionale

Introducere

Cercetările prezentate în această lucrare, desfășurate în ultimii 10 ani, sunt o contribuție valoroasă în domeniul promovării de noi materiale compozite cu diverse structuri și aplicații practice, care să utilizeze resurse alternative și deșeuri, cu impact redus asupra mediului înconjurător. Dezvoltarea durabilă pe teritoriul României, păstrarea calității mediului și conservarea biodiversității, minimizarea efectelor globale determinate de poluare, pot fi asigurate numai prin propunerea de soluții raționale pentru industrie, prin proiectare de eco-produse și eco-tehnologii, dar și prin reciclarea deșeurilor a căror biodegradare se produce în zeci și sute de ani.

Punctul de plecare al cercetărilor privind utilizarea deșeurilor agricole l-a constituit *Contractul nr.7/ 9.01.2014* cu societatea comercială *Prutul S.A.*, desfășurat prin *Fundația ProLigno* a Universității *Transilvania* din Brașov, coordonat de autoarea acestei teze de abilitare, prin care s-a căutat rezolvarea unei probleme cu care se confrunta această societate și anume găsirea unei soluții de valorificare a deșeurilor foarte numeroase (35 000 *tone* pe an), respectiv a cojilor de semințe de floarea soarelui, rămase după fabricarea uleiului. Rezultatele acestor cercetări s-au materializat în publicarea unui articol și în două cereri de brevete de invenție:

- publicarea unui (1) articol ISI (autoarea tezei de abilitare fiind prim autor), în jurnalul *BioResources* 10(1), 1127-1136 din 2015, cu **factor de impact 1.549**;
- două (2) cereri de brevet de invenție (autoarea tezei de abilitare fiind prim autor la una dintre ele), ale căror rezumate au fost publicate în *BOPI 5/2015– Secțiunea Invenții* și pe site-ul internațional <http://worldwide.espacenet.com>, având nr. *CBI A/00889/19.11.14 (BI RO 130258 A0)*, respectiv *CBI A/00888/19.11.14 (BI RO 130259 A0)*.

Teza de abilitare este astfel structurată, încât să prezinte gradual evoluția cercetărilor în realizarea și testarea compozitelor din deșeuri agricole și industriale. S-a pornit de la structura clasică a panoului de PAL (plăci din aşchii de lemn), înlocuind parțial sau total aşchiile de lemn cu particule obținute prin măcinarea unor deșeuri agricole. S-au investigat astfel două resurse alternative, rezultate ca deșeu din industria uleiului: cojile de semințe de floarea soarelui și tulpinile de rapiță. Panourile, rezultate în condiții de laborator prin utilizarea tehnologiei clasice specifice panourilor de PAL, au fost testate pentru determinarea unor proprietăți fizice și mecanice: absorbția de apă (A) și umflarea în grosime (G_r) după 2 h și 24 h de imersie în apă (SR EN 317- 1996), coeficientul de conductivitate termică (λ) (DIN EN 12667 2001 și ISO 8301 1991), rezistența la încovoiere (f_m), modulul de elasticitate (E_m) (SR EN 310 -1996), coeziunea

internă (f_t) sau rezistența la tracțiune perpendiculară pe fețele panoului (SR EN 319 - 1997) și rezistența la smulgere a șuruburilor (f_s) (SR EN 320 - 1997). Rezultatele au fost comparate cu condițiile impuse acestor tipuri de panouri de către standardul SR EN 312: 2004.

Următoarea etapă a cercetării s-a axat pe înlocuirea rășinilor sintetice din componența PAL-ului cu lianți naturali, astfel încât să se obțină produse ecologice, cu emanație ultra-scăzută de formaldehidă. În acest sens s-a investigat posibilitatea utilizării ligninei ca liant pentru elementele de ranforsare lignocelulozice (așchii de lemn, așchii de rapiță și coji de semințe de floarea soarelui) și s-au aplicat mai multe rețete prin variația procentelor de lignină, respectiv a elementelor de ranforsare lignocelulozică. S-a dovedit că lignina acționează ca un adeziv termoplast la temperaturi ridicate și că este capabilă să înglobeze elementele de ranforsare lignocelulozică, constituind biocompozite ale căror proprietăți, pentru unele rețete, se apropie de cele ale panourilor de PAL clasice. Înlocuirea completă a adezivilor ureo-formaldehidici este un deziderat actual în cercetarea în domeniu, pentru eliminarea emanației de formaldehidă - considerată un produs cancerigen, iar rezultatele pe care le-am obținut prin utilizarea ligninei sunt remarcabile. Cercetările prezentate în această teză de abilitare oferă o soluție viabilă pentru obținerea unor panouri ecologice care vor putea înlocui panourile clasice cu rășini sintetice. Un alt avantaj este faptul că lignina rezultă ca deșeu industrial din extragerea celulozei utilizată la fabricarea hârtiei, astfel că ar fi o resursă reciclată în aceste panouri ecologice.

Rezultatele bune obținute prin combinarea așchiilor de lemn cu lignina au constituit punctul de plecare pentru următoarele cercetări în vederea realizării de panouri biocompozite. De această dată obiectivul a fost „copierea” compoziției chimice a lemnului (luându-se ca etalon lemnul de fag), și fabricarea unui „lemn artificial” utilizând celuloză din grâu, rapiță și hârtie reciclată, amestecate în diferite proporții cu lignina rezultată ca deșeu din extragerea celulozei. Neașteptat, s-au obținut rezultate foarte bune pentru panourile realizate cu celuloză de rapiță, dar nu la nivelul unui „lemn artificial” comparabil cu lemnul de fag, molid sau chiar plop, așa cum ne-am fi dorit, dar la nivelul panourilor biocompozite obținute în etapele anterioare.

Pe lângă cercetările vaste legate de deșeurile agricole, o parte din cercetările realizate în acești ultimi 10 ani s-au axat și pe utilizarea deșeurilor industriale din industria textilă, pe de-o parte, și din industria mobilei, pe de altă parte. Utilizarea deșeurilor de lână în panouri compozite biodegradabile a constituit obiectul unei cercetări întreprinse în cadrul unui contract de cercetare tip PC, în *Programul 4 - „Parteneriate în domeniile prioritare”*, pe care autoarea tezei de abilitare l-a coordonat în perioada 2008-2011. Cercetările cuprinse în acest contract (Contract 72-200/2008, intitulat „*Compozite (bio)degradabile cu inserții textile pentru produse ambientale ecologice*”, acronim BIOCOMPTEX), sunt de asemenea cuprinse în această lucrare.

Rezultatele acestor cercetări, din punct de vedere al autoarei, s-au materializat prin publicarea a **7** articole și **2** cereri de brevete de invenție, după cum urmează:

- publicarea a două (2) articole (ca prim autor) în jurnalul *Mase Plastice*, indexat ISI Thomson, în vol. 46(3), 305-309 din 2009, respectiv vol. 47(3), 341-345 din 2010).
- publicarea a 3 articole (2 ca prim autor, 1 ca și coautor) în jurnalul *Pro Ligno* indexat în următoarele baze de date internaționale: *CABI, DOAJ, DRJI, EBSCO Publishing Ltd. Academic Search Complete, INDEX COPERNICUS, Google Scholar*, în vol. 7(3) din 2011, în vol. 8(1) din 2012 și vol. 9(4) din 2013.
- publicarea unui (1) articol, în calitate de coautor, la a 8-a ediție a conferinței internaționale *DAAAM Baltic - "Industrial Engineering"*, 2012.
- publicarea unui (1) articol, în calitate de coautor, în jurnalul *Romanian Journal of Acoustics & Vibration* nr. 8(2), 2012, indexat în baza de date *Google Scholar*.
- 2 cereri de brevet de invenție (ca prim autor), ale căror rezumate au fost publicate în *BOPI 5/2015- Secțiunea Invenții* și pe site-ul internațional <http://worldwide.espacenet.com>, având CBI nr. *A/ 01059/ 24.10.11* (BI nr. *RO127189-A0*), respectiv CBI nr. *A/ 01060/ 24.10.11* (BI nr. *RO127158-A0*). Pentru prima dintre ele s-a încheiat examinarea de fond, urmând acordarea brevetului de invenții, conform unei adrese oficiale de la *OSIM* din 23.06.2015.

Cercetările au continuat și după finalizarea contractului, utilizându-se alte deșeuri, respectiv ABS (acrilonitril-butadien-stiren), un material termoplastic obținut în procesul de fabricare a mobilierului din PAL melaminat și rumeguș de lemn provenit de la operația de îndreptare a suprafețelor lemnoase. Rezultatele acestor cercetări s-au materializat astfel:

- publicarea a 2 articole (ca prim autor) în jurnalul *Pro Ligno* indexat în următoarele baze de date internaționale: *CABI, DOAJ, DRJI, EBSCO Publishing Ltd. Academic Search Complete, INDEX COPERNICUS, Google Scholar*, în vol. 10(4), respectiv 10(2) din 2014.
- publicarea unui (1) articol (ca și coautor) în jurnalul *Procedia Technology* nr. 19/2015, *Science Direct-Elsevier*.
- 1 cerere de brevet de invenție (ca prim autor), CBI cu nr. *A 00560/ 23.07.14*.

Cercetările prezentate în lucrarea de față reprezintă doar o parte din direcțiile de cercetare abordate după finalizarea tezei de doctorat și anume:

- continuarea cercetărilor din teza de doctorat finalizată în anul 2006 și intitulată „*Contribuții la studiul panourilor reconstituite decorative, din lemn masiv de foioase, folosite în decorațiuni interioare și mobilier*”, studiind noi structuri și finisaje și influența tratamentelor termice asupra rezistenței și calității panourilor;
- panouri compozite din materiale reciclabile;
- tehnologii convenționale și neconvenționale în prelucrarea lemnului: prelucrarea torsadelor în regim industrial, tăierea cu laser și tăierea cu jet de apă;
- cercetări privind utilizarea biomasei în scop energetic: combustibili solizi.

Realizările în domeniul științific și profesional și vizibilitatea internațională a autoarei prezentei teze de abilitare, ca urmare a diseminării rezultatelor cercetărilor în domeniul *Ingineriei Forestiere*, se concretizează în:

- coordonarea, în calitate de **director**.a două (2) contracte de cercetare științifică, dintre care un (1) grant câștigat prin competiție națională și 1 contract de cercetare științifică în valoare de 11271.43 EUR,
- membru în alte 6 granturi câștigate prin competiții naționale;
- publicarea a 14 articole indexate *ISI Thomson*, dintre care 8 lucrări în jurnale cu factor de impact, 4 dintre acestea **cu factor de impact > 1**, respectiv **1.004, 1.105 și 1.549**;
- publicarea a 36 de articole în reviste indexate **în baze de date internaționale (BDI)**, respectiv *CABI, DOAJ, DRJI, EBSCO Publishing Ltd. Academic Search Complete, INDEX COPERNICUS, Google Scholar*;
- publicarea a 14 cărți și capitole de cărți, dintre care **4 cărți și capitole ca prim autor**;
- 2 suporturi de curs ca prim autor;
- publicarea a 43 de lucrări în *Proceeding*-urile unor **conferințe internaționale** și a 5 lucrări în cadrul unor conferințe naționale;
- **23 citări**, dintre care **7 citări** în reviste **indexate ISI Thomson cu factor de impact** și **16 citări** în reviste indexate în alte baze de date internaționale;

Rezultatele obținute în activitatea didactică și profesională, în cea de cercetare și în recunoașterea și impactul activității, au condus la îndeplinirea criteriilor corespunzătoare standardelor minimale necesare și obligatorii CNATDCU, pentru comisia de specialitate „*Ingineria resurselor vegetale și animale*”, cu un punctaj total de **843.85 puncte** față de *400 de puncte* minim de îndeplinite, repartizate astfel:

- ✓ **criteriul A1** „*Activitatea didactică și profesională*”- **284.23 puncte realizate** față de *100 puncte* minim de îndeplinit, **criteriul 1.1.** „*Cărți și capitole în cărți de specialitate*” - **11 cărți și 3 capitole** (2 naționale și 1 internațional) **realizate** față de numărul minim de îndeplinit - 2, dintre care **7 ca prim autor**, față de numărul minim de îndeplinit – 1.
- ✓ **criteriul A2** „*Activitatea de cercetare*”- **497.07 puncte realizate** față de *260 puncte* minim de îndeplinit, **criteriul 2.1.** „*Articole în reviste cotate ISI Thomson Reuters și în volume indexate ISI*” - **14 articole publicate** față de numărul minim de îndeplinit - 6, **criteriul 2.2.** „*Articole în reviste și volumele unor manifestări științifice indexate în alte baze de date internaționale*” - **36 articole publicate** față de numărul minim de îndeplinit – 15, **criteriul 2.4.** „*Granturi/proiecte câștigate prin competiție, inclusiv proiecte de cercetare/consultanță (valoare de minim 10 000 Euro echivalent)*” – 2, minim de îndeplinit - 2.
- ✓ **criteriul A3** „*Recunoaștere și impactul activității*” – **62.54 puncte realizate** față de *40 puncte* minim de îndeplinit.

CAPITOLUL 1. CERCETĂRI PRIVIND UTILIZAREA DEȘEURILOR AGRICOLE ÎN STRUCTURI CLASICE DE COMPOZITE LIGNOCELULOZICE

1.1. Stadiul actual al cercetărilor privind utilizarea deșeurilor agricole și a biomasei în realizarea biocompozitelor

Cercetările privind utilizarea deșeurilor agricole și a biomasei în panouri compozite sunt foarte vaste, vizând resurse din diverse regiuni geografice ale lumii, toate având la bază o compoziție lignocelulozică. Acestea se bazează pe un concept teoretic simplu, considerat de unii cercetători ca punct de plecare în investigațiile realizate (Barros Filho *et al*, 2011; Fiorelli *et al*, 2012) și validate de numeroasele rezultate experimentale publicate în ultimii ani și anume că particulele de lemn pot fi înlocuite într-un panou compozit de către orice alt material care are în compoziția sa chimică celuloză, hemiceluloză și lignină. Iată de ce, biomasa, incluzând și deșeurile agricole, este văzută astăzi ca o resursă regenerabilă anuală ce poate salva o parte din lemnul care ne-a mai rămas la dispoziție și care a devenit o resursă foarte prețioasă, denumită pe drept cuvânt „aur verde”. Criza resurselor de lemn s-a dovedit a fi un adevăr crunt în urma tăierii masive a pădurilor, pentru care perioada de regenerare de zeci de ani nu mai este satisfăcătoare pentru cererea și consumul imens al omenirii.

Atenția cercetătorilor în ceea ce privește resursele de biomasă a fost atrasă de cele mai numeroase, pornind de la iarbă și deșeuri agricole, până la cele rezultate din exploatarea pădurilor: crengi, frunze și coajă și terminând cu utilizarea speciilor repede crescătoare, care pot fi exploatare după o perioadă de creștere de 8-10 ani (ca de exemplu *Paulownia Tomentosa*, ale cărei plantații au devenit tot mai numeroase în Europa).

Astfel, s-au realizat cercetări privind utilizarea tulpinilor de plante agricole și industriale. De pildă, cele de porumb și bumbac au fost utilizate în vederea fabricării panourilor aglomerate din fibre cu densitate medie (Karfağard și Jahan-Latibari, 2011). Conținutul de celuloză al tulpinilor de porumb, respectiv bumbac, determinat în această cercetare a fost de 49.7 %, respectiv 54.5 %, iar cel de lignină de 21.9 %, respectiv 27.1 %, valori comparabile cu cele ale lemnului: 40-50 % celuloză, 20-25 % lignină, 25-35 % hemiceluloză (Hayes, 2010). Panourile din fibre de lemn cu densitate medie (MDF), dezvoltate ca produse substituente ale panourilor din așchii de lemn prin anii 1970, au dovedit pe lângă o omogenitate ridicată și proprietăți

mecanice și tehnologice superioare produsului înlocuit. Utilizând 10 % adeziv ureoformaldehydic cu 63 % substanță uscată, 1 % întăritor, temperaturi de presare între 170 °C - 190 °C timp de 4 min, la o presiune de 30 bar, s-au obținut din fibrele tulpinilor de porumb și bumbac panouri cu rezistențe mecanice acceptabile, care pot substitui panourile din MDF realizate din fibre de lemn.

Particulele obținute din măcinarea tulpinilor de floarea soarelui au fost utilizate cu succes și pentru înlocuirea făinii de lemn ca element de ranforsare pentru polipropilenă în cazul compozitelor termoplastice (Flandez *et al*, 2012). S-a dovedit că fibrele și făina extrase din tulpina de floarea soarelui, a cărei compoziție chimică este asemănătoare lemnului de esență tare, pot constitui în combinație cu polipropilena, compozite cu proprietăți mecanice superioare celor realizate cu făină de lemn.

Tulpinile de floarea soarelui constituie o altă resursă agricolă cercetată ca potențială materie primă pentru înlocuirea așchiilor de lemn din structura panourile de PAL (Guler *et al*, 2006). Astfel, prin amestecul așchiilor obținute din tulpini de floarea soarelui (*Helianthus annuus* L.) și lemn de pin (*Pinus brutia* Ten.) în diverse proporții procentuale (0 : 100; 25 : 75; 50 : 50; 75 : 25; 100 : 0) s-au obținut panouri tristratificate asemănătoare PAL-ului, ale căror proprietăți fizice și mecanice investigate s-a dovedit că îndeplinesc condițiile generale de utilizare și în același timp și cele specifice mobilierului. Tehnologia de realizare a acestor panouri este asemănătoare celei utilizate pentru panourile din așchii de lemn: adeziv ureoformaldehydic cu 55 % conținut de substanță solidă (9 % din cantitatea de substanță uscată pentru miez și 11 % pentru fețe), așchiile de lemn fine (cu mărime medie de 0.8 mm – 1.5 mm) fiind utilizate pentru fețe în procent de 35 %, iar așchiile mari (cu mărime medie de 1.5 mm – 3 mm) fiind utilizate pentru miez în proporție de 65 %. Temperatura de presare utilizată pentru panouri a fost de 150 °C timp de 7 min, la o presiune de 2.45 N/mm² - 2.65 N/mm². Densitatea panourilor a fost în jur de 700 kg/m³, iar valorile cele mai bune la testele efectuate s-au înregistrat pentru panourile cu proporție procentuală de 50 : 50 (%) ale celor două componente.

Un studiu comparativ între fibrele obținute din tulpini de porumb, floarea soarelui și trestie de zahăr în componența unor compozite termoplastice a avut ca rezultat obținerea unor rezistențe mecanice mai bune în cazul utilizării tulpinilor de trestie de zahăr și de floarea soarelui (Ashori și Nourbakhsh, 2010).

Paiele de cereale (în special de grâu și orez) reprezintă o resursă atractivă pentru panourile de PAL și PFL (Pan *et al*, 2010). Încercările în acest sens au dovedit că fibrele din paie de orez pot fi utilizate la fabricarea MDF-ului, prin adăugarea unui procent de 12 % adeziv ureoformaldehydic și presarea la 180 °C timp de 5 min. Tratamentul termic al fibrelor (până la 210 °C) a influențat în mod pozitiv absorbția de apă, dar în mod negativ rezistențele mecanice la încovoiere și coeziune internă. Adaosul de 1 % metilen-difenil diizocianat a avut ca rezultat

creșterea caracteristicilor mecanice ale panourilor, dar numai în condițiile în care fibrele nu au fost tratate termic.

Paie de grâu, orez și tulpini de porumb rămase după recoltare au fost investigate ca posibile resurse în realizarea PAL-ului, în amestec cu așchiile de pin (*Pinus radiata*) în diverse proporții - de la 10 : 90 la 90 : 10 (%) pentru raportul *lemn : deșeuri agricole* (Garay *et al*, 2009). Utilizând în prima fază adeziv ureo-formaldehidic în proporție de 10 % din substanța uscată, presarea s-a realizat la temperatura de 140 °C timp de 11 *min*. Investigându-se coeziunea internă a panourilor obținute conform EN 319 / 1997, pentru o densitate a panoului de aprox. 600 kg/m³, s-a observat că numai compozitele realizate cu deșeuri agricole de porumb s-au apropiat de valorile PAL-ului și anume cele cu proporție de 90 : 10, respectiv 50 : 50 (%) pentru raportul *lemn : deșeu prorumb*. Pentru celelalte deșeuri agricole (paie de grâu și orez) s-a crescut densitatea panoului la 650 kg/m³ și s-a mărit cantitatea de adeziv la 15 % din substanța uscată. Aceste modificări au îmbunătățit coeziunea internă a panourilor, dar nu la nivelul dorit.

În investigarea posibilităților de utilizare a deșeurilor lignocelulozice la fabricarea panourilor din așchii și fibre de lemn s-au luat în considerare și deșeuri industriale și produse secundare din industria alimentară, după procesarea unor plante, legume sau semințe. Este cazul panourilor fabricate din coji de semințe de floarea soarelui, coji de alune, arahide, nuci, migdale sau din fibre de nucă de cocos. Astfel, încercările de realizare a panourilor tristratificate din așchii, utilizând coji de nuci și migdale s-au soldat cu rezultate pozitive (Pirayesh *et al*, 2013). Proporția așchiilor din coji în panou a variat de la 0 % până la 100 %, în amestec cu așchii de lemn (carpen și fag). S-a utilizat adeziv ureo-formaldehidic în proporție de 9 % din substanța uscată pentru miez și 11 % pentru fețe (65 % miez și 35 % fețe), cu miezul din așchii grosiere și fețele din așchii fine, la o temperatură de presare de 180 °C timp de 5 *min*. S-a constatat că o dată cu creșterea proporției de coji scad proprietățile mecanice (rezistența la încovoiere și coeziunea internă), dar se îmbunătățește și valoarea emisiei de formaldehidă cu aproape 50 %. Valorile coeziunii interne, pentru proporția de coji de până la 30 % a înregistrat valori bune la o densitate a panourilor de 700 kg/m³.

În cadrul altor cercetări s-au realizat panouri din așchii de lemn din specii tari cu așchii obținute din coji de migdale în proporții de 0 : 100, 10 : 90, 20 : 80, 30 : 70, 40 : 60, 100 : 0 (%) pentru raportul *coji : așchii de lemn*, în structură tristratificată (65 % miez din așchii mari și 35 % fețe din așchii fine), cu un conținut de adeziv ureo-formaldehidic de 9 % din substanța uscată pentru miez și 11 % pentru fețe (Pirayesh și Khazaiean, 2012). Panourile au fost presate la o temperatură de 180 °C timp de 5 *min*, la o presiune de 25 kg/cm², obținându-se o densitate medie a acestora de 700 kg/m³. Testele mecanice au dovedit obținerea unor rezultate bune pentru panourile având în componența lor chiar și 40 % coji de migdale, valoarea coeziunii interne fiind de 0.36 N/mm².

În încercarea de a realiza panouri tristratificate numai din aşchii din coji de arahide, s-au testat panouri cu densități de la 500 kg/m^3 la 800 kg/m^3 (Guler *et al*, 2008), în condițiile utilizării unui adeziv ureo-formaldehidic în proporție de 8 % - 9 % din substanța uscată pentru miez și 10 % - 11 % pentru fețe (65 % aşchii grosiere pentru miez și 35 % aşchii fine pentru fețe), prin presare la o temperatură de $150 \text{ }^\circ\text{C}$ timp de 6 min și o presiune de 2.4 - 2.6 (N/mm^2). Doar panourile cu densitate mare (800 kg/m^3) au înregistrat valori mari ale coeziunii interne, de ~ 40 MPa. Aşchiile din coji de arahide în combinație însă cu aşchiile din lemn de pin (*Pinus nigra*), în proporții de 0 : 100, 25 : 75, 50 : 50, 75 : 25, 100 : 0 (%), în amestec cu adeziv ureo-formaldehidic (8 % din substanța uscată pentru miez și 10 % pentru fețe) și 65 % aşchii grosiere pentru miez și 35 % aşchii fine pentru fețe, în condițiile presării la o temperatură de $150 \text{ }^\circ\text{C}$ timp de 7 min și o presiune de 2.4 - 2.6 (N/mm^2), au dus la obținerea unor panouri cu densități de 700 kg/m^3 și proprietăți mecanice îmbunătățite față de cele precedente, pentru varianta 25 : 75 (%) în raportul *aşchii din coji : aşchii din lemn* (Güler *et al*, 2011).

Cojile de semințe de floarea soarelui, rezultate ca deșeu din industria de fabricare a uleiului, au fost și ele investigate ca materiale alternative ale aşchiilor din lemn în componența panourilor de PAL. Primele cercetări în acest sens, datând din anul 1972 (Gertjeansen *et al*, 1972) au dovedit că un procent de 50 % de coji de semințe în combinație cu aşchii din plop tremurător pot atinge la testele mecanice valorile limită stabilite de standardul din acea vreme, respectiv 0.48 MPa pentru coeziunea internă (CS 236-66/ 1968). Panourile aveau o densitate de 720 kg/m^3 și aveau în componență adeziv ureo-formaldehidic, 8 % din masa de substanță uscată, presarea realizându-se la o temperatură de $170 \text{ }^\circ\text{C}$ timp de 12 min. Concluziile din acea vreme arătau că această resursă agricolă va putea constitui în viitor o posibilă materie primă pentru panourile din aşchii de lemn.

Și alte resurse de biomasă au fost luate în calcul pentru realizarea de biocompozite. Astfel, biomasa rezultată în urma producerii uleiului de palmier, incluzând trunchiul, frunzele și carcasa fructelor reprezintă o resursă importantă cu potențial de utilizare în compozitele lignocelulozice, după unii autori (Suhaily *et al*, 2012). Plăci din aşchii de lemn unistratificate și tristratificate au fost realizate prin combinarea aşchiilor din arborele de cauciuc și din tulpini de cânepă, în condițiile utilizării unui adeziv ureo-formaldehidic cu 65 % conținut de substanță solidă, în proporție de 10 % din masa de substanță uscată, la o temperatură de presare de $160 \text{ }^\circ\text{C}$ timp de 6 min și o presiune de 160 kg/cm^2 . S-au obținut panouri cu densitate de aproximativ 700 kg/m^3 , iar rezultatele la testările mecanice (coeziune internă și rezistență la încovoiere) au arătat că structurile tristratificate cu 70 % aşchii din lemn provenite din arborele de cauciuc și 30 % aşchii din tulpini de cânepă (atât grosiere, cât și fine) au înregistrat cele mai bune rezultate (coeziune internă 0.90 N/mm^2 , respectiv 0.42 N/mm^2) (Abdul Halip *et al*, 2014). O altă resursă testată în acest context a fost stuful (*Arundo donax* L.) (Garcia-Ortuño *et al*, 2011). Panourile au fost realizate cu diverse mărimi ale aşchiilor, în variantă unistratificată, utilizând adeziv ureo-

formaldehidic cu 64 % - 66 % conținut substanță solidă, în proporție de 8 % din masa de substanță uscată. Temperatura de presare de 120 °C timp de 6 min și o presiune de 3.5 N/mm² au permis obținerea unor panouri cu densități între 628 kg/m³ - 758 kg/m³. Panourile realizate din aşchii cu mărime medie (cele rămase în sitele cu ochiuri de 1 mm și 2 mm) și mare (cele rămase în sita cu ochiuri de 4 mm) au obținut rezultatele cele mai bune (coeziune internă între 0.53 N/mm² și 1.3 N/mm²). Cercetările au arătat astfel că mărimea particulelor are o influență majoră asupra rezistențelor mecanice ale panourilor cu aşchii din stuf.

Iarba este o altă resursă vegetală din ale cărei fibre, în combinație cu cele din lemn de eucalipt s-au realizat panouri cu densitate medie (Nemli *et al*, 2009). Proporțiile *lemn : iarbă* au variat astfel: 100 : 0, 94 : 6, 87 : 13, 75 : 25, 0 : 100, (%). S-a utilizat în compoziție adeziv ureo-formaldehidic, 65 % conținut de substanță solidă, în proporție de 12 % din masa de substanță uscată, iar presarea s-a efectuat la o temperatură de 150 °C la o presiune de 26.5 kg/cm². S-a constatat că în condițiile prezentate mai sus, panourile cu rezistențele mecanice cele mai bune au fost cele cu proporția *lemn : iarbă*, de 94 : 6, (%). Panourile obținute în proporția *lemn : iarbă* de 87 : 13 (%) se încadrează de asemenea în valorile limită prevăzute pentru panouri de uz general și pentru mobilă.

Ca produs secundar din producția de ulei de măsline, turta obținută după presare a fost utilizată cu succes la fabricarea panourilor din fibre cu densitate medie (Ayrilmis și Buyuksari, 2010). Prelucrată în formă de făină uscată, aceasta a fost amestecată în diverse proporții cu fibre de lemn de esență tare, și anume 50 : 50, 40 : 60, 30 : 70, 20 : 80, 10 : 90, 0 : 100, (%) pentru raportul *făină din turtă măsline : aşchii din lemn*. În fabricarea panourilor s-a utilizat adeziv ureo-formaldehidic cu 65 % conținut de substanță solidă, în proporție de 10 % din masa de substanță uscată, presarea s-a realizat la o temperatură de 180 °C la o presiune de 3.5 N/mm², timp de 8 min. S-au obținut panouri cu densități de 660 kg/m³ - 680 kg/m³. Rezistențele mecanice ale acestor panouri însă nu s-au încadrat în cerințele standardului pentru panouri de interior EN 622-5: 2006 (la care coeziunea internă este de 0.60 N/mm²). Panourile cu un conținut de doar 10 % făină din turte de măsline s-au apropiat însă de această valoare.

Cercetările în acest domeniu au arătat că proprietățile fizice și mecanice ale panourilor sunt influențate de densitatea panoului și de cantitatea de adeziv pe de-o parte, dar și de mărimea aşchiilor, pe de altă parte. Panourile realizate numai din deșeuri vegetale și agricole ating valorile limită cerute pentru panouri de uz general numai la densități mari. Reducerea densității panourilor prin utilizarea de materiale lignocelulozice alternative a fost totuși investigată (Balducci *et al*, 2008). Deși s-au obținut valori bune ale coeziunii interne în cazul panourilor cu densități de aprox. 400 kg/m³ realizate din stuf chinezesc (*Miscanthus giganteus*), topinambur (*Helianthus tuberosus*) și plop, utilizând adezivi pe bază de difenilmetan-diizocianat, acestea nu s-au încadrat în limitele acceptabile pentru rezistența la încovoiere. Aceste panouri nu pot fi

utilizate în structura de rezistență a mobilierului, dar pot constitui parte a componentelor: uși, fețe de sertar, care nu sunt supuse la forțe de încovoiere. În schimb, s-au obținut rezultate bune prin utilizarea salciei repede crescătoare și a salcâmului în compoziția unor panouri tristratificate din așchii, cu densități medii (între 600 kg/m^3 și 660 kg/m^3) (Kowaluk *et al*, 2011). Panouri cu densități medii (650 kg/m^3) au fost de asemenea obținute din amestec de așchii de fag - 50 % și așchii obținute din conuri de pin (*Pinus pinea* L.) – 50 %, utilizând adeziv ureo-formaldehidic (10 %), prin presare la temperatura de $150 \text{ }^\circ\text{C}$ timp de 7 min, la o presiune de 2.6 N/mm^2 . Rezistențele mecanice ale acestor panouri au fost bune, iar influența pozitivă a conurilor de pin s-a remarcat la scăderea emisiei de formaldehidă și la creșterea rezistenței la apă, prin scăderea absorbției de apă și a umflării la grosime după imersie timp de 24 h (Buyuksari *et al*, 2010)

Universitățile de profil din întreaga Europă sunt preocupate de cercetări privind valorificarea zonală a deșeurilor agricole și a resurselor de biomasă în vederea reducerii consumului de lemn, dar și pentru obținerea unor panouri cu emanație scăzută de formaldehidă. De pildă, Institutul Politehnic din Viseu, Portugalia, prin Departamentul de Ingineria Lemnului, cercetează posibilitatea utilizării corzilor de viță de vie și a cojilor de alune în structura panourilor de PAL, utilizând adezivi ureo-formaldehidici (Prozil *et al*, 2012; Esteves *et al*, 2012). În același timp, cercetătorii din acest institut au dovedit că utilizarea lemnului reciclat într-un procent de 40 % în panourile de PAL nu afectează rezistențele mecanice, dar scad emanația de formaldehidă. Acest institut, în colaborare cu Universitatea din Porto, cea din Coimbra și din Aveira și cu mediul de producție, cercetează noi adezivi cu emisie scăzută de formaldehidă, care pot fi utilizați la fabricarea panourilor lignocelulozice și, mai mult, au în vedere utilizarea unor produși secundari din industria berii și a uleiului de măsline în fabricarea de panouri.

Universitatea de Vest din Sopron, Ungaria, a realizat cercetări în vederea obținerii de panouri din iarba elefantului (stuful chinezesc) și stuf, dar au și brevetat o metodă de obținere a MDF-ului fără adeziv, utilizând leșia neagră de la fabricarea celulozei și hârtiei. Universitatea din Poznan, Polonia, are preocupări legate de utilizarea salciei repede crescătoare (*Salix viminalis*) pentru obținerea în matrițe a unor componente pentru construcții.

În concluzie, deșeurile agricole și resursele de biomasă sunt foarte variate, iar ele se caracterizează chimic printr-un conținut de celuloză, hemiceluloză și lignină, care le recomandă pentru înlocuirea materiei prime lemnoase din componența panourilor clasice din așchii de lemn (PAL) și fibre de lemn (MDF). Din literatura de specialitate s-a remarcat utilizarea adezivilor ureo-formaldehidici, ca adezivi principali în obținerea de panouri cu așchii sau fibre din materiale lignocelulozice alternative, recomandați a fi introduși în proporție de 8-9 % din masa de substanță uscată pentru fețe și 10-12 (%) pentru miez, în cazul panourilor tristratificate și 8-12 % pentru panourile unistratificate, unele cercetări probând și valori mai mari (15 %). Calitatea

finală a panourilor și rezistența lor mecanică s-a dovedit a fi influențată și de tipul, mărimea, geometria și așezarea particulelor în structura produsului. Unii cercetători au găsit diferențe ale proprietăților panourilor din așchii de lemn în funcție de mărimea așchiilor, rezultate mai bune obținându-se pentru cele cu așchii de mărime medie (Pan *et al*, 2010; Garcia-Ortuño *et al*, 2011; Lee *et al*, 2006). Pentru fabricarea PAL-ului se utilizează în general două tipuri de particule: fine și grosiere. Particulele fine au în general lungimi de 1 mm – 3 mm, lățimi de 0.5 mm – 1 mm și grosimi de 0.1 mm - 0.3 mm, în timp ce particulele grosiere depășesc 3 mm lungime, ajungând până la lungimi de 20 mm, lățimi până la 5 mm și grosimi până la 0.5 mm (Garay *et al*, 2009). Particulele fine, în proporție de 32 % - 35 % sunt folosite pentru fețe, iar cele grosiere pentru miez.

Pornind de la rezultatele cercetărilor din ultimul timp și de la concluzia că un aport de deșeuri agricole sau biomasă în structura panourilor din așchii sau fibre de lemn reduce emisia de formaldehidă, eforturile de cercetare depuse în ultimii ani de către autoarea prezentei teze de abilitare s-au îndreptat către utilizarea unor resurse lignocelulozice alternative pentru obținerea de panouri din așchii de lemn cu potențial de utilizare în mobilier și amenajări interioare. Astfel, s-au luat în calcul resurse precum cojile de semințe de floarea soarelui și tulpinile de rapiță, deșeuri provenind din industria de fabricare a uleiului.

1.2. Cercetări privind utilizarea cojilor de semințe de floarea soarelui în realizarea biocompozitelor

România, în ultimii ani, este pe locul 1 la producția de semințe de floarea soarelui în Europa. Conform statisticilor *EUROSTAT*, în anii 2013 și 2014 România se situează înaintea Bulgariei și Franței, așa cum se poate observa în figura 1.1.

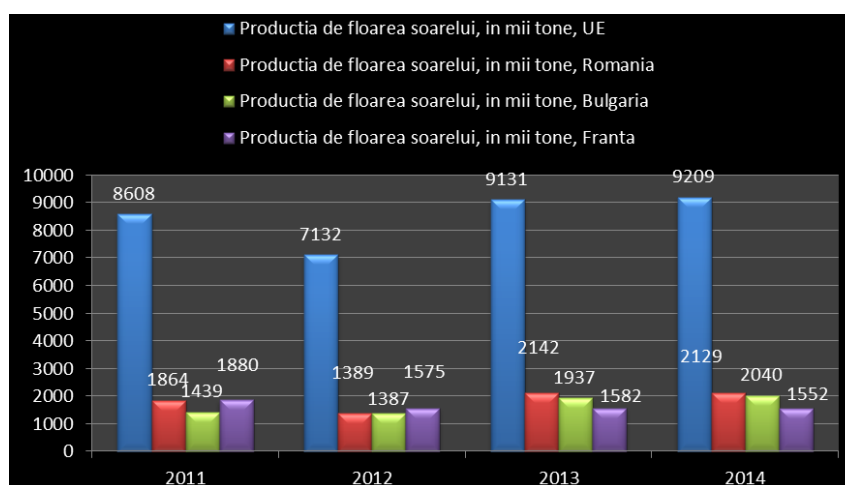


Fig. 1.1. Producția de floarea soarelui în UE, România, Bulgaria și Franța

(http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agricultural_production_-_crops#Oilseeds)

Studiile efectuate arată că procentul de coajă în semințele de floarea soarelui reprezintă 21.1 % - 29.8 %, deci aproape un sfert din producția de semințe (Wan *et al*, 1979; Carre, 2009), astfel încât producătorii de ulei de floarea soarelui se confruntă cu stocuri mari de deșeuri. Raportându-ne la producția României din anul 2014, rezultă o cantitate de deșeuri de coji de semințe de floarea soarelui de 510 000 *tone*. Numai fabrica de ulei *S.C. Prutul S.A.* din Brăila se confruntă cu stocuri medii anuale de 35 000 *tone*. Una dintre utilizările acestui deșeu este ca și combustibil, unele fabrici (*S.C. Prutul S.A.*) achiziționându-și instalații de peletizare în acest sens. Dar conținutul mare de siliciu al cojilor de semințe de floarea soarelui uzează instalațiile prin abraziune, astfel încât se caută noi soluții de utilizare. Pe de altă parte, în comparație cu lemnul, cojile de semințe de floarea soarelui au un procent mai mare de azot în compoziția chimică, astfel că produc în timpul arderii produși puternic poluanți (oxizi de azot).

O soluție mai bună ar putea fi încorporarea cojilor de semințe, a căror densitate este redusă ($150-200 \text{ kg/m}^3$) în rășini sau alt tip de lianți, rezultând astfel produse noi, utilizabile în diverse domenii. Compoziția chimică a cojilor de semințe de floarea soarelui: 21.85 % lignină (Carre, 2009), hemiceluloză 31 %, lignină 22 % și celuloză 34 % (<http://www.sunflowernsa.com/uploads/resources/606/study-of-sunflower-hulls-as-a-potential-feedstock-for-biofuel-and-chemical-production---kamireddy.pdf>), este similară cu cea a lemnului: 40-50 % celuloză, 20-25 % lignină și 25-35 % hemiceluloză (Hayes, 2010), ceea ce reprezintă un argument de necontestat pentru a fi considerate ca resurse alternative în compoziția panourilor pe bază de lemn.

În cadrul *Contractului nr.7/ 9.01.2014* cu societatea comercială *Prutul S.A.*, desfășurat prin *Fundația ProLigno* a Universității *Transilvania* din Brașov, coordonat de autoarea acestei teze de abilitare, s-au cercetat posibilitățile de utilizare ale acestor deșeuri în realizarea unor panouri similare cu cele din așchii de lemn (PAL), testând mai multe tipuri de adezivi, densități de panouri, mărimi ale așchiilor, structuri unistratificate și tristratificate. Fabricarea panourilor s-a realizat în condiții de laborator, iar testarea lor s-a realizat conform standardelor în vigoare: absorbția de apă (A) și umflarea la grosime (G_t) la 2 h și 24 h după imersia în apă, conform SR EN 317/ 1996; determinarea coeziunii interne (f_i), conform SR EN 319/ 1997; determinarea rezistenței la încovoiere (f_m) și a modulului de elasticitate (E_m), conform SR EN 310/ 1996; determinarea rezistenței la smulgere a șuruburilor (f_s), conform SR EN 320/ 1997. Testările s-au realizat în cadrul Institutului de Cercetare-Dezvoltare al Universității *Transilvania* din Brașov: Produse High-Tech pentru dezvoltare durabilă Pro-DD. Datele experimentale obținute au fost comparate cu condițiile pentru plăci de uz general, utilizate în mediu uscat (tip P1), conform SR EN 312/ 2004.

1.2.1. Cercetări experimentale privind distribuția mărimii particulelor din deșeurile de coji de semințe de floarea soarelui

Distribuția mărimii particulelor este o caracteristică ce se exprimă prin rata de participare a particulelor cu aceeași mărime în mostra analizată. În vederea realizării celor două tipuri de particule și anume grosiere și fine, o parte din cojile de semințe au fost măcinate la moara cu ciocănele, iar celelalte au fost lăsate așa cum au rezultat ca deșeu din fabrică. Pentru analiza distribuției mărimii particulelor, în cele două cazuri, s-au ales câte trei eșantioane a câte 25 g din fiecare tip (Fig. 1.2) și anume din cele măcinate și nemăcinate.



Fig. 1.2. Eșantioane a câte 25 g pentru analiza distribuției mărimii particulelor fine (stânga) și grosiere (dreapta)

Umiditatea determinată a particulelor, ca medie aritmetică a 3 determinări, a fost de 8.68 % pentru particulele grosiere și 7.63 % pentru particulele fine. Cele trei eșantioane au fost cernute succesiv prin site cu ochiuri de 4 x 4, 3 x 3, 2 x 2, 1 x 1 și 0.5 x 0.5 (mm^2), începând cu sita cu ochiuri mai largi și terminând cu sita cu ochiurile cele mai fine, timp de 10 min.

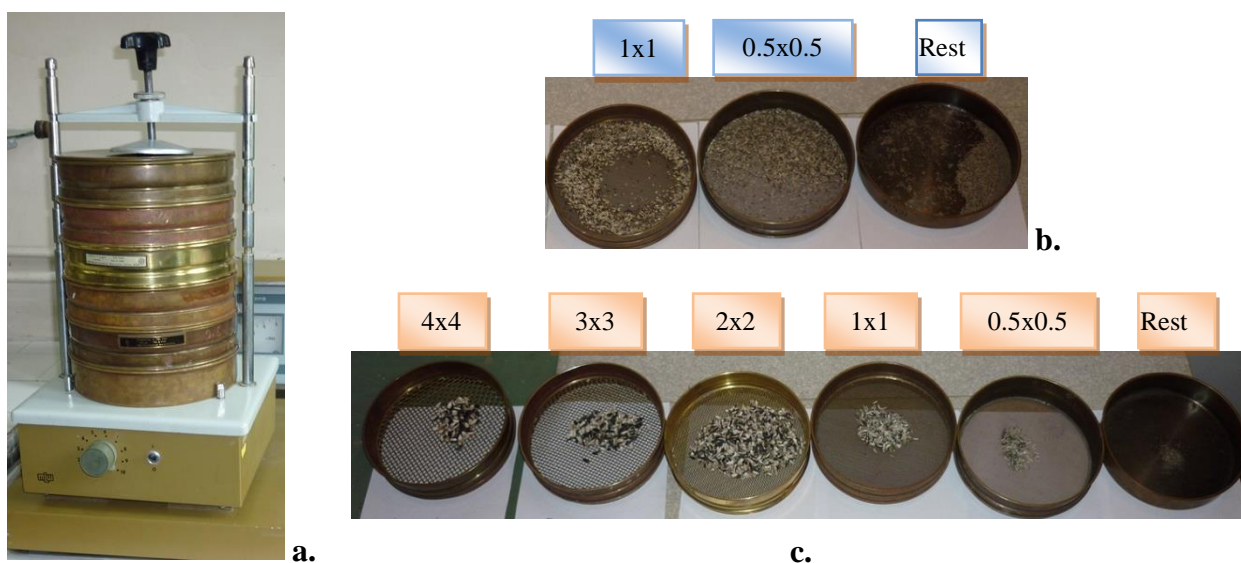


Fig. 1.3. Fraționarea așchiilor. a - aparatul cu cele 5 site; b - distribuția așchiilor în funcție de mărime pentru particulele fine; c - distribuția așchiilor pentru particulele grosiere

Aparatul cu cele 5 site (Fig. 1.3, a) a fost reglat la o frecvență cu amplitudine maximă, iar particulele colectate (Fig. 1.3, b și c) în fiecare sită au fost cântărite cu o precizie de 0,01 g.

S-a obținut o distribuție procentuală a particulelor, dată de relația 1.1:

$$D_p = \frac{m_f}{m} \cdot 100, \% \quad (1.1)$$

în care: m_f este masa fracției din sita luată în calcul, în g;

m – masa eșantionului, în g.

Această distribuție procentuală indică faptul că majoritatea așchiilor fine (Fig. 1.4, a) sunt reținute de sitele cu ochiuri de $0.5 \times 0.5 \text{ mm}^2$ și $1 \times 1 \text{ mm}^2$. Există însă în semințele măcinate și un procent destul de mare de praf, de 17 %, care va trebui îndepărtat. Particulele reținute de sitele cu ochiuri de $2 \times 2 \text{ mm}^2$ se găsesc într-un procent foarte mare, de 67 % în așchiile grosiere (Fig. 1.4, b), iar particulele reținute în sitele cu ochiuri de $3 \times 3 \text{ mm}^2$ – 12 % și $4 \times 4 \text{ mm}^2$ – 13 %, sunt de asemenea bine reprezentate în această categorie. Există însă și particule reținute în sitele cu ochiuri de $1 \times 1 \text{ mm}^2$ – 5 % și $0.5 \times 0.5 \text{ mm}^2$ – 2 %, și un rest de praf nesemnificativ de 1 %. De aceea, cojile de semințe nemăcinate, așa cum au rezultat ca deșeu din fabrică, au fost sortate prin cernere cu sitele de 2×2 , 3×3 și $4 \times 4 \text{ (mm}^2\text{)}$, rezultând structura particulelor grosiere utilizată la realizarea panourilor (Fig. 1.4, c) și anume: cele reținute în sita cu ochiuri de $2 \times 2 \text{ mm}^2$ în proporție de 60 %, în sita cu ochiuri de $3 \times 3 \text{ mm}^2$ în proporție de 15 % și în sita cu ochiuri de $4 \times 4 \text{ mm}^2$ în proporție de 25 %.

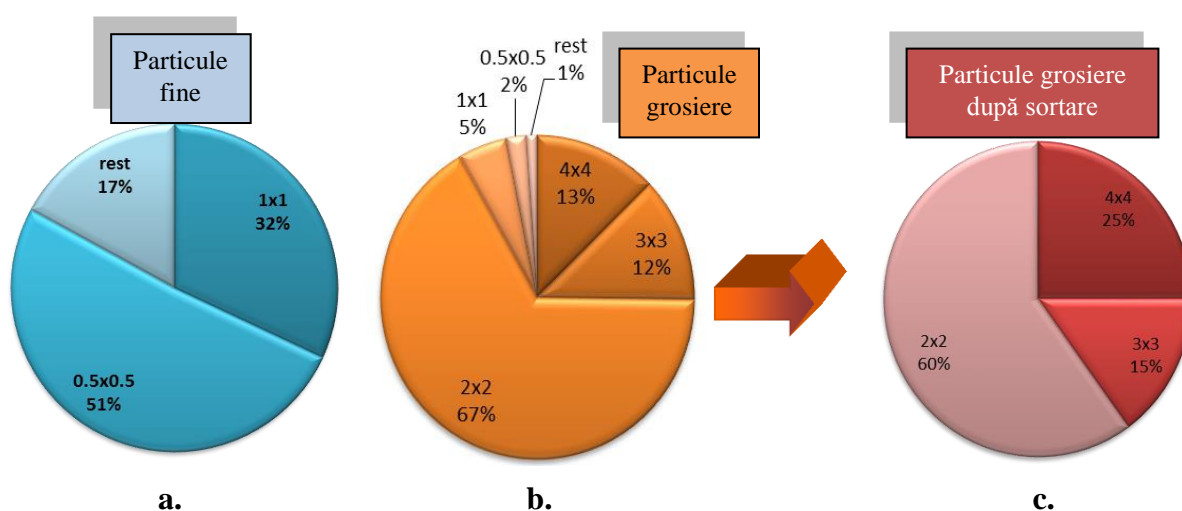


Fig. 1.4. Distribuția mărimii particulelor; a. – pentru particule fine; b. – pentru particule grosiere, înainte de sortare; c. – pentru particule grosiere după sortare

Praful, reprezentat de restul din cojile de semințe măcinate, s-a îndepărtat prin cernere prin sita de $0.5 \times 0.5 \text{ mm}^2$. Pentru evaluarea dimensională a particulelor fine și grosiere s-a extras $\frac{1}{4}$ din eșantionul rezultat în fiecare sită (Fig. 1.5), măsurându-se fiecare particulă.

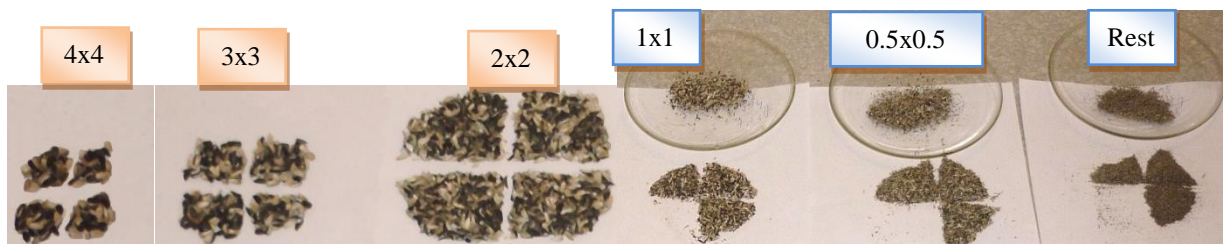


Fig. 1.5. Fraționarea pentru evaluarea dimensională a particulelor



Fig. 1.6. Tipuri de particule grosiere măsurate în programul AutoCAD 2007

S-au realizat măsurători ale lungimii, lățimii și grosimii astfel: particulele grosiere (rămase în sitele 4 x 4, 3 x 3 și 2 x 2 (mm^2) s-au scanat și transferat în *AutoCAD 2007*, ajustându-se la scara 1 : 1 și s-au măsurat lungimile și lățimile, în mm (Fig. 1.6). Particulele fine au fost măsurate, în μm , cu un microscop electronic *Optika SZM-2*, fabricație Italia. Stereomicroscopul ocular, echipat cu o video-cameră digitală de rezoluție ridicată, *Optika PRO 3* este prevăzut cu un software capabil să realizeze măsurători liniare (Fig. 1.7). Precizia de măsurare, în ambele cazuri, a fost de o sutime. După măsurare s-au stabilit limitele minime și maxime pentru dimensiunile particulelor, pentru fiecare categorie de mărime în parte. Grosimea particulelor s-a măsurat cu șublerul electronic, cu o precizie de 0.01 mm .

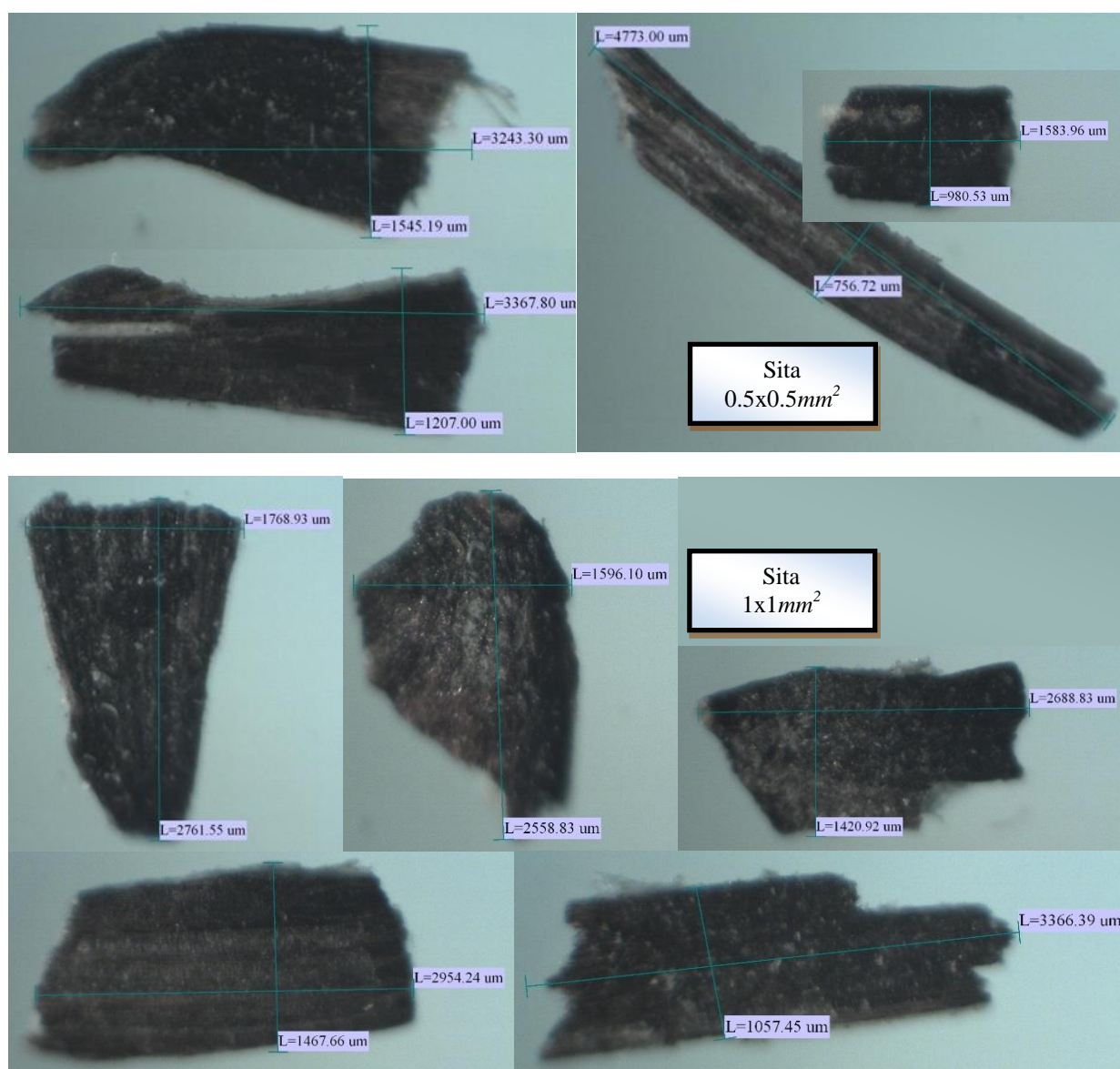


Fig. 1.7. Tipuri de particule fine măsurate cu microscopul electronic SZM-2

Dimensiunile particulelor grosiere, reținute în sitele cu ochiuri de 4 x 4, 3 x 3 și 2 x 2 (mm^2) au variat astfel: lungimea între 2.91 mm și 12.7 mm , lățimea de la 2 mm la 7 mm , iar

grosimea de la 0.2 mm la 0.5 mm. Grosimea particulelor s-a încadrat în dimensiunile găsite în literatura de specialitate (Wan *et al*, 1979). Indicele de formă și anume raportul dintre lungime și lățime a variat la aceste particule între 1.07 și 4.9. Dimensiunile particulelor fine, reținute în sitele cu ochiuri de 1 x 1 mm² și 0.5 x 0.5 mm² au fost cuprinse în intervalul de la 0.98 mm la 4.77 mm pentru lungime, de la 0.7 mm la 1.7 mm pentru lățime, iar grosimea de la 0.2 mm la 0.5 mm. Indicele de formă (raportul dintre lungime și lățime) s-a încadrat în intervalul 1.03 - 6.3.

În literatura de specialitate (Dobrinaș, 2010) se recomandă pentru plăcile standard de PAL lungimea optimă a așchiilor de cca. 20 mm, grosimea optimă de 0,3 mm - 0,7 mm, iar lățimea optimă între 2 mm și 6 mm, dimensiuni mai apropiate de particulele grosiere rezultate din cojile de semințe de floarea soarelui. În cazul particular al PAL-ului din așchii de pin în amestec cu rumeguș (Garay, 2012), particulele fine au lungimi între 1 mm și 3 mm, lățimi de la 0.5 mm la 1 mm și grosimi între 0.1 mm și 0.3 mm, iar particulele grosiere între 10 mm și 20 mm lungime, 3 mm și 5 mm lățime, 0.3 mm și 0.5 mm grosime. Dimensiunile sunt destul de apropiate de cele determinate pentru particulele obținute din cojile de semințe de floarea soarelui, așa cum se poate observa în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1

Comparația mărimii așchiilor de lemn cu a particulelor din coji de semințe de floarea soarelui

Mărimea	U.M.	Așchii din lemn pentru PAL				Particule din coji de semințe de floarea soarelui	
		Sursa: (Dobrinaș, 2010)	Sursa: (Garay, 2012)		Sursa: (Wan <i>et al</i> , 1979)	Fine	Grosiere
			Fine	Grosiere			
Lungimea	mm	20	1 - 3	10 - 20	-	0.98 - 4.77	2.91 - 12.7
Lățimea	mm	2 - 6	0.5 - 1	3 - 5	-	0.7 - 1.7	2 - 7
Grosimea	mm	0.3 - 0.7	0.1 - 0.3	0.3 - 0.5	0.1 - 0.5	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5
Indice de formă (Lungime / lățime)	-	3.3 - 10	1 - 6	2 - 6.67		1.03 - 6.3	1.07 - 4.9

Se poate observa că pentru așchiile fine, indicele de formă în cazul particulelor din coji de semințe de floarea soarelui este asemănător cu cel din literatura de specialitate, iar pentru așchiile grosiere, acesta este mai mic. În plus, o particularitate a cojilor de semințe de floarea soarelui este forma lor concavă, care se regăsește la majoritatea particulelor grosiere și mai puțin la cele fine, dar nu se găsește la particulele din lemn din care se fabrică panourile de PAL clasice. Geometria particulelor grosiere ale cojilor de semințe de floarea soarelui ar putea influența

astfel, în mod negativ, proprietățile noilor panouri, prin existența unor zone în partea concavă a semințelor la care să nu pătrundă adezivul și care, creînd o porozitate mai mare în structură, slăbesc rezistența panoului în acea zonă. Rămâne ca aceste supoziții teoretice să fie verificate experimental.

1.2.2. Cercetări experimentale privind caracteristicile fizice și mecanice ale biocompozitelor din coji de semințe de floarea soarelui cu adezivi ureo-formaldehidici

Panourile din așchii de lemn (PAL), în regim clasic, se fabrică prin presarea așchiilor în amestec cu adeziv ureo-formaldehidic (cel mai frecvent), la temperaturi ridicate. Acestea se pot realiza atât în variantă unistratificată, cât și tristratificată, cea din urmă având fețele din așchii fine, iar miezul din așchii grosiere. Așa cum s-a putut remarca în studiul de la subcapitolul 1.1 al acestei lucrări, în cazul panourilor de PAL tristratificat, particulele fine pentru fețe se recomandă a fi între 32 % și 35 % din totalul materiei prime lemnoase, iar restul de 65 % - 68 % este reprezentat de particulele grosiere pentru miez. De asemenea, conținutul de adeziv ureo-formaldehidic (cel mai des utilizat), se recomandă a fi între 8 % și 9 % pentru miez și între 10 % și 12 % pentru fețe (Buyuksari *et al*, 2010; Guler și Buyuksari, 2011, Kowaluk *et al*, 2011; Garay, 2012). Conform cercetărilor anterioare (Gertjejansen *et al*, 1972), cojile de semințe de floarea soarelui pot constitui materia primă pentru fabricarea unor panouri similare PAL-ului, doar în amestec cu așchii de lemn, în procent de cel mult 50 %.

Cercetările prezentate în această lucrare au urmărit însă utilizarea în procent de 100 % a cojilor de semințe de floarea soarelui în componența acestor tipuri de panouri, din următoarele rațiuni:

- *producătorii de ulei din semințe de floarea soarelui nu sunt situați în zone împădurite, ci în zone cu areal agricol, motiv pentru care accesul la resursele de lemn este greoi și costisitor;*
- *stocurile mari de deșeuri de floarea soarelui cu care se confruntă producătorii de ulei impun ocuparea unor suprafețe mari de teren cu depozitarea acestora, iar suplimentarea acestor suprafețe cu altele pentru depozitarea unor așchii de lemn ar constitui o problemă de organizare în plus;*
- *lemnul este mai scump decât deșeurile agricole, motiv pentru care panourile realizate integral din deșeuri ar fi mult mai ieftine;*
- *prin utilizarea deșeurilor agricole se urmărește de fapt economia de resurse lemnoase.*

Deoarece s-a dovedit în cercetările de până acum, prezentate în subcapitolul 1.1, că în general panourile realizate integral din deșeuri agricole nu sunt performante din punct de vedere al rezistențelor mecanice, în special al coeziunii interne la tracțiune perpendiculară pe fețe, s-a pornit în prezenta cercetare la realizarea acestor panouri cu un conținut mai mare de adeziv ureo-formaldehidic și anume de 16 % din masa de substanță uscată pentru varianta unistratificată și 16 % pentru fețe și 14 % pentru miez, în cazul variantei tristratificate. Testele preliminare efectuate în laborator au arătat că pentru un consum de adeziv mai mic de 12 % din masa de substanță uscată, coeziunea internă a panourilor obținute nu a fost corespunzătoare. Mai mult, în literatura de specialitate (Ferra *et al*, 2011), rezultatele unor cercetări au arătat că o creștere a cantității de adeziv a dus la o creștere a coeziunii interne. Pe de altă parte, s-a considerat că procentul mai mare de adeziv este convenabil și din punct de vedere economic, având în vedere că se utilizează doar deșeuri agricole în structura realizată. Cercetarea a avut ca scop investigarea pe de-o parte a posibilității de utilizare integrală a cojilor de semințe de floarea soarelui ca materie primă alternativă pentru așchiile din lemn din structura panourilor de PAL, dar și stabilirea influenței mărimii și geometriei așchiilor asupra rezistențelor mecanice ale biocompozitelor obținute.

S-au realizat șapte tipuri de panouri în două configurații structurale: unistratificate și tristratificate. Cele unistratificate au fost realizate în următoarele variante: 100 % cu particule fine; 100 % cu particule grosiere; 50 % particule fine : 50 % particule grosiere; 50 % așchii din lemn : 50 % particule fine; 50 % așchii din lemn : 50 % particule grosiere; 100 % așchii din lemn. Așchiile din lemn, obținute de pe fluxul de producție al plăcilor de PAL ale producătorului *S.C. Kastamonu S.A.*, aveau în compoziție 30 % așchii de fag și 70 % așchii de rășinoase. Cea de-a doua configurație, cea tristratificată, s-a realizat în proporție de 70 % cu așchii grosiere pentru miez și 30 % cu așchii fine pentru fețe. Adezivul ureo-formaldehidic, cu conținut de substanță solidă de 66 ± 1 %, a fost adăugat în proporție de 16 % din masa de substanță uscată pentru structura unistratificată și 14 %, respectiv 16 % pentru structura tristratificată pentru miez, respectiv fețe. În rețetă s-a adăugat și clorură de amoniu, 1% din masa de substanță solidă a adezivului, ca întăritor. Amestecul format din așchii și adeziv s-a omogenizat timp de 3 *min* cu ajutorul unei palete acționate electric, după care s-a turnat manual în forme de 620 *mm* x 620 *mm* (lungime x lățime). Covorul a avut inițial o grosime cuprinsă între 50 *mm* și 60 *mm* (valoarea cea mai mică pentru structurile cu particule fine și cea mai mare pentru cele cu particule grosiere). Presarea s-a făcut la cald într-o presă de laborator. După presare, panourile au avut grosimea finală de 16 *mm*. După condiționarea timp de două săptămâni, acestea au fost formatizate la dimensiunile de 600 *mm* x 600 *mm*. Condiționarea s-a realizat în condiții normale de mediu: temperatura de 20 °C și umiditate relativă a aerului de 65 %. După condiționare, panourile au fost debitate în epruvete pentru încercările mecanice, absorbția de apă, determinarea densității și a emanației de formaldehidă. S-au executat câte cinci panouri din fiecare tip, iar două panouri din fiecare au fost testate pentru determinarea coeficientului de conductivitate

termică pe un echipament *HFM 436/6/1 Lambda*, de fabricație germană, aflat în dotarea Institutului de Cercetare-Dezvoltare al Universității *Transilvania* din Brașov. În tabelul 1.2 este prezentată structura biocompozitelor, dar și parametrii tehnologici de realizare.

Tabelul 1.2

Componența biocompozitelor din coji de semințe de floarea soarelui și parametrii utilizați

Cod panou	Tip particule	Adeziv UF (%)	Temperatura presare (°C)	Timp presare (min)	Presiunea de presare (bar)
100F	100% fine	16	180	6	30
100G	100% grosiere	16	180	6	30
T	30% fine (fețe) 70% grosiere (miez)	16 (fețe) 14 (miez)	180	6	30
50FG	50% fine 50% grosiere	16	180	6	30
50FL	50% fine 50% lemn	16	180	6	30
50GL	50% grosiere 50% lemn	16	180	6	30
100L	100% lemn	16	180	6	30

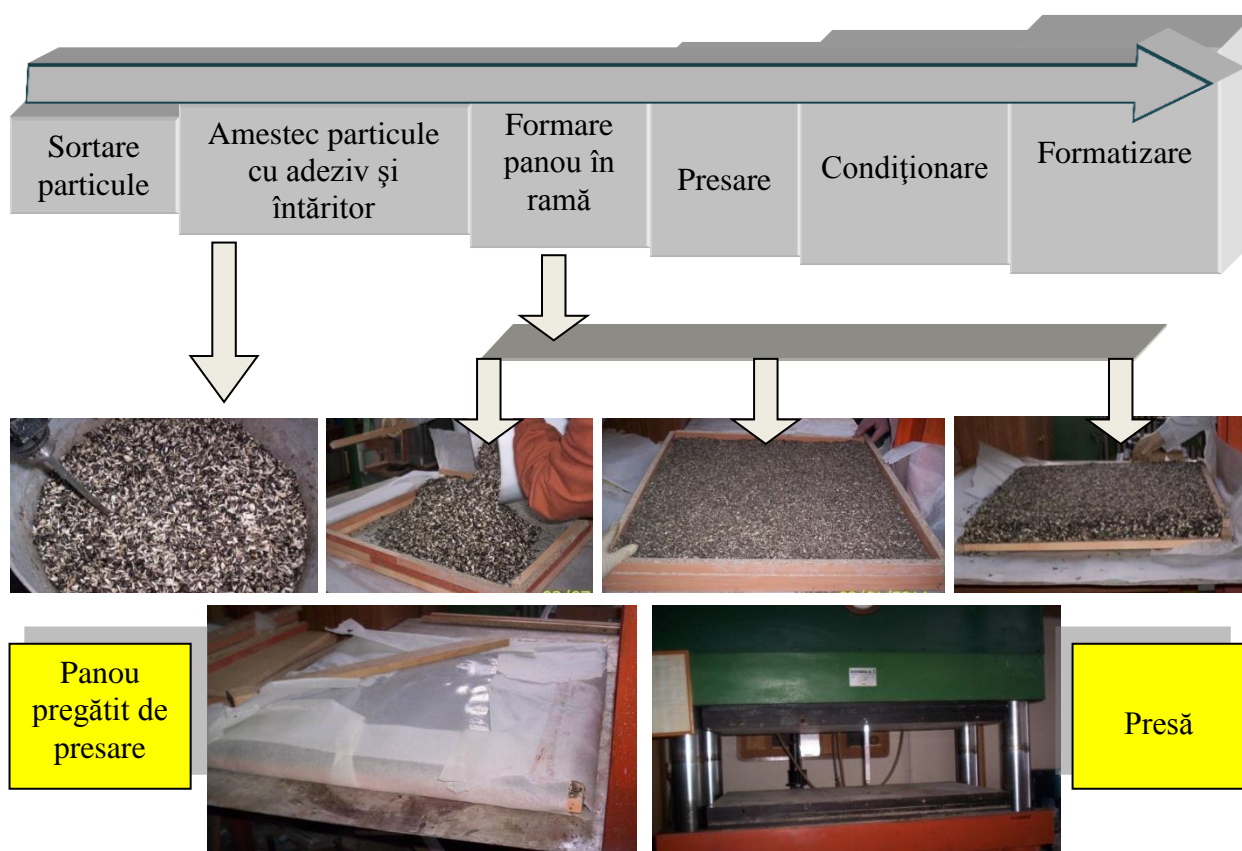


Fig. 1.8. Tehnologia biocompozitelor din coji de semințe de floarea soarelui în condiții de laborator

Ordinea operațiilor de fabricare a panourilor în condiții de laborator este prezentată în figura 1.8, împreună cu câteva imagini din faza de realizare a biocompozitelor cu coji de semințe de floarea soarelui.

Proprietățile fizice determinate pentru biocompozitele din coji de semințe de floarea soarelui au fost următoarele: densitatea (SR EN 323- 1996), absorbția de apă (A) și umflarea la grosime (G_t) după 2 h și 24 h de imersie în apă (SR EN 317- 1996), precum și coeficientul de conductivitate termică (λ) (DIN EN 12667 2001 și ISO 8301 1991).

Proprietățile mecanice determinate pentru biocompozitele din coji de semințe de floarea soarelui au fost următoarele: rezistența la încovoiere (f_m), modulul de elasticitate (E_m) (SR EN 310 -1996), coeziunea internă (f_i) sau rezistența la tracțiune perpendiculară pe fețele panoului (SR EN 319 - 1997) și rezistența la smulgere a șuruburilor (f_s) (SR EN 320 - 1997).

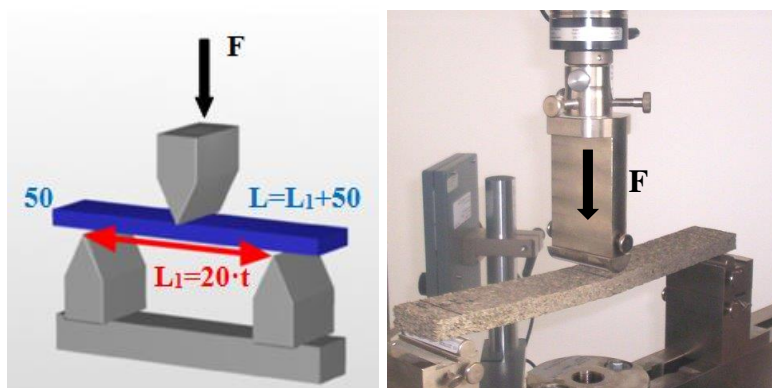
Proprietățile mecanice s-au determinat pe echipamentul de testare universal *Zwick/Roell Z010*, de fabricație germană (Fig. 1.9, a), iar coeficientul de conductivitate termică (λ) s-a măsurat pe echipamentul *HFM 436/6/1 Lambda* de fabricație germană, din figura 1.9, b.



Fig. 1.9. Echipamente utilizate în testarea panourilor din coji de semințe de floarea soarelui; a. - Echipamentul de testare universal *Zwick/Roell Z010* pentru determinarea caracteristicilor mecanice ale biocompozitelor; b. - echipamentul *HFM 436/6/1 Lambda* pentru măsurarea coeficientului de conductivitate termică (λ)

Densitatea (ρ), coeziunea internă (f_i), rezistența la smulgere a șuruburilor (f_s), modulul de elasticitate (E_m) și rezistența la încovoiere (f_m) au fost determinate ca medie aritmetică a rezultatelor pentru un set de șase epruvete din fiecare panou. Epruvetele au fost debitate atât din zona centrală, cât și din cea marginală a panourilor de 600 mm x 600 mm x16 mm și au fost condiționate înainte de testare într-o atmosferă cu umiditate relativă de $(65 \pm 5) \%$ și temperatura de $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

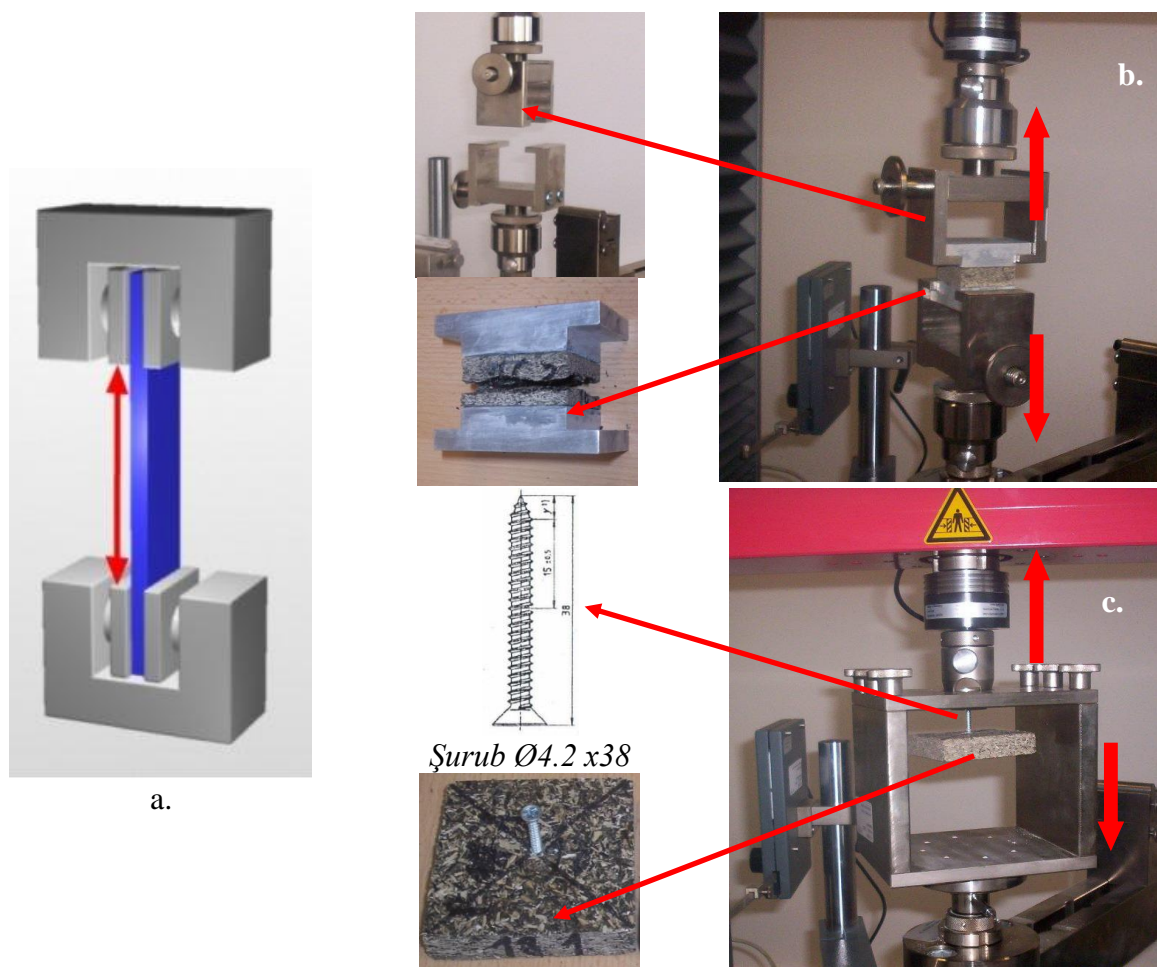
Pentru densitate s-au utilizat epruvete pătrate cu dimensiunile de $20 \times 20 \text{ mm}$. Pentru determinarea modului de elasticitate (E_m) și a rezistenței la încovoiere (f_m), s-au utilizat epruvete cu lățimi de 50 mm și lungime variabilă, calculată în funcție de grosimea panoului (t), așa cum se poate observa în figura 1.10.a.



a.

b.

Fig. 1.10. Solicitarea la încovoiere pentru determinarea modului de elasticitate (E_m) și a rezistenței la încovoiere (f_m); a. – schema încercării; b. – desfășurarea testului



a.

b.

c.

Fig. 1.11. Solicitarea epruvetelor la tracțiune; a. schema încercării; b. - testarea coeziunii interne; c. - testarea rezistenței la smulgere a șuruburilor

Atât modul de elasticitate (E_m), cât și rezistența la încovoiere (f_m) sunt calculate automat de soft-ul echipamentului de încercat, prima în funcție de panta părții rectilinii a curbei sarcină – deformație, iar cea de-a doua în funcție de momentul încovoiator corespunzător sarcinii de rupere F_{max} .

Pentru determinarea coeziunii interne și a rezistenței la smulgere a șuruburilor, epruvetele pătrate cu dimensiuni de $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ au fost supuse la tracțiune perpendiculară pe fețele acestora, așa cum se poate observa în figura 1.11, a.

Principiul de realizare în cazul determinării coeziunii interne (Fig. 1.11, b) este acela prin care se determină rezistența la tracțiune perpendiculară pe fețele unei epruvete supunând-o la un efort de tracțiune, uniform repartizat, până la rupere. Rezistența la tracțiune perpendiculară pe fețele epruvetei este determinată de încărcarea maximă raportată la suprafața epruvetei și poartă denumirea de coeziune. Viteza de aplicare a încărcării s-a reglat astfel încât încărcarea maximă să fie atinsă în intervalul $30\text{ s} - 90\text{ s}$.

Pentru încercarea de determinare a rezistenței la smulgere a șuruburilor (Fig. 1.11, c) s-au utilizat șuruburi cu dimensiunile nominale, în mm , de $\text{Ø}4.2 \times 38$, filet n^*ST și un pas de 1.4 mm . Șurubul a fost înșurubat în centrul epruvetei pe o lungime de 15 mm . S-a aplicat o forță axială crescătoare pe partea interioară a capului șurubului, cu o viteză de 10 mm/min , înregistrându-se forța maximă. Valoarea rezistenței la smulgere, exprimată în N/mm reprezintă raportul dintre valoarea maximă a forței suportată de către epruvetă și grosimea epruvetei, în mm .

Câte cinci epruvete cu dimensiunile de $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ din fiecare tip de biocompozit analizat au fost testate la imersie, determinându-se absorbția de apă și umflarea la grosime după 2 h , respectiv 24 h de imersie în apă. În acest sens, s-a utilizat un vas cu apă la temperatura de 20 °C . S-a măsurat grosimea inițială a epruvetelor în punctul de intersecție a diagonalelor, cu o precizie de 0.01 mm . Epruvetele s-au imersat în apă, astfel încât cantul superior al acestora să se afle la cca. $20 - 25\text{ mm}$ sub nivelul apei, epruvetele fiind sprijinite în partea superioară, pentru a-și păstra poziția, de traversele cu care era prevăzut vasul experimental.

Pentru fiecare epruvetă s-au calculat umflarea în grosime, G_t , exprimată în procente față de grosimea inițială (t_1) și absorbția de apă, A , exprimată în procente față de masa inițială (m_1), cu ajutorul următoarelor relații 1.2:

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \cdot 100, \text{ în } \% \qquad A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100, \text{ în } \% \qquad (1.2)$$

în care: t_2 este grosimea epruvetei după imersie;

t_1 - grosimea inițială a epruvetei, mm ;

m_2 - masa epruvetei după imersie, g ;

m_1 - masa inițială a epruvetei, g ;

Pentru o placă, umflarea în grosime exprimată este egală cu media aritmetică a rezultatelor obținute pentru ansamblul epruvetelor ce provin din aceeași placă (5 epruvete).



Fig. 1.12. Biocompozite din coji de semințe de floarea soarelui; a. - panouri obținute experimental; b. - epruvete debitate pentru cercetarea experimentală

Panourile întregi obținute experimental, cu dimensiuni de $600\text{ mm} \times 600\text{ mm} \times 16\text{ mm}$ (Fig. 1.12.a) au fost supuse determinării coeficientului de conductivitate termică (λ), câte două determinări pentru fiecare tip de panou în parte. Acestea au fost măsurate în opt puncte, pentru o diferență de temperatură (ΔT) de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ între platanul inferior și cel superior. Rezultatele raportate reprezintă media aritmetică a celor două determinări.

Din panourile realizate experimental s-au debitat câte trei epruvete de $400\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ pentru determinarea emanației de aldehidă formică prin metoda gazului (SR EN 717-2), pentru a verifica influența creșterii conținutului de adeziv asupra acestei proprietăți.

Rezultatele obținute în urma testărilor experimentale sunt prezentate în tabelul 1.3. Așa cum se poate observa din acest tabel, densitatea a variat în grupul de panouri analizate, densitățile cele mai mari înregistrându-se pentru panourile unistratificate realizate în toate variantele care conțin aşchii fine (100F, 50FG, 50FL), peste 600 kg/m^3 .

Densitatea panourilor a scăzut odată cu creșterea mărimii particulelor: pentru panourile în a căror structură particulele grosiere au fost majoritare, densitățile înregistrate au fost sub 600 kg/m^3 . O explicație ar fi gradul de compactare mai ridicat în cazul particulelor fine, pe de-o parte datorită suprafețelor mai mari de încheiere, iar pe de altă parte datorită geometriei plane a acestora, în comparație cu particulele grosiere, la care forma concavă împiedică adeziunea pe anumite zone ale acestora, creînd astfel o structură mai poroasă.

O concluzie similară a fost găsită în literatura de specialitate (Cai *et al*, 2004) unde cercetătorii afirmă că particulele fine sunt ușor de presat la temperaturi înalte, rezultând panouri cu densități mai mari.

Tabelul 1.3.

Rezultatele experimentale privind proprietățile fizice și mecanice ale biocompozitelor din
coji de semințe de floarea soarelui

Tip	Densitate, ρ , (kg/m ³)	A 24 h (%)	G_t 24 h (%)	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	f_t (N/mm ²)	f_s (N/mm)	λ (W/mK)
100F	682 (14.5)	55.4 (2.7)	10.2 (1.3)	5.82 (0.26)	1703 (141)	0.24 (0.017)	31.33 (1.50)	0.079 (0.001)
100G	587 (15.7)	60.7 (2.3)	11.9 (0.7)	5.33 (0.99)	2030 (125)	0.11 (0.010)	31.47 (1.30)	0.077 (0.006)
T	555 (14.83)	53.4 (11.8)	9.2 (0.9)	4.89 (0.50)	1645 (192)	0.18 (0.014)	25.15 (1.42)	0.076 (0.002)
50FG	605 (12.58)	74.5 (13)	14.8 (0.7)	4.15 (0.68)	1718 (159)	0.09 (0.006)	21.93 (1.21)	0.086 (0.001)
50FL	672 (24.8)	46.4 (6.5)	9.9 (1.0)	6.46 (0.49)	1566 (107)	0.18 (0.031)	37.68 (5.00)	0.077 (0.001)
50GL	535 (5.68)	65.2 (2.4)	8.50 (0.5)	4.39 (0.86)	1515 (71)	0.07 (0.004)	17.12 (0.95)	0.079 (0.007)
100L	653 (16.9)	50.6 (7.0)	6.4 (0.9)	10.29 (0.84)	2103 (191)	0.26 (0.023)	41.06 (7.70)	0.075 (0.001)
SR EN 312 (2004)			14 ^c	11.5 ^a	1600 ^b	0.24 ^a		
^a Valoarea minimă pentru panouri de uz general (P1) ^b Valoarea minimă pentru panouri destinate fabricării mobilei (P2) ^c Valoarea maximă pentru panouri rezistente la apă (P3) Valorile din paranteză reprezintă abaterea standard.								
A - absorbția de apă și G_t -umflarea la grosime după 24 h de imersie în apă (SR EN 317- 1996); f_m - rezistența la încovoiere și E_m -modulul de elasticitate, în N/mm ² (SR EN 310 -1996); f_t - coeziunea internă, în N/mm ² (SR EN 319 - 1997); f_s - rezistența la smulgere a șuruburilor, în N/mm (SR EN 320 - 1997).								

Pentru a verifica dacă există o dependență între rezistențele mecanice și densitatea panourilor s-a căutat o relație matematică între valorile determinate în cercetarea experimentală (Fig. 1.13).

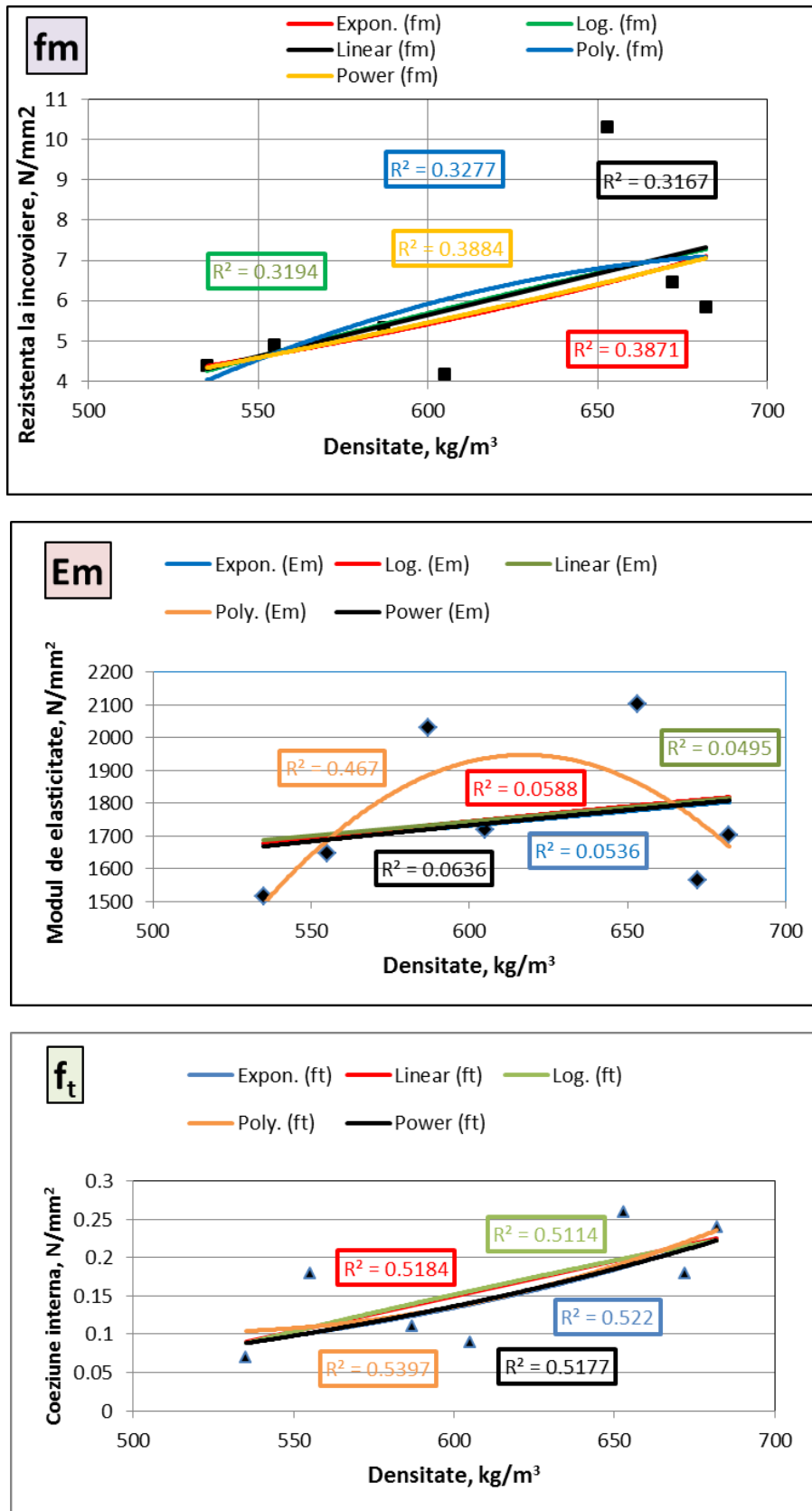


Fig. 1.13. Interdependența între densitate și caracteristicile mecanice determinate experimental pentru biocompozitele din coji de semințe de floarea soarelui

Așa cum se poate observa în graficele din figura 1.13, a rezultat din valorile obținute experimental că rezistențele mecanice nu sunt influențate în mod pregnant de către densitățile panourilor. Există o interdependență mai ridicată în cazul coeziunii interne, pentru care $R^2 > 0.51$, indiferent de tipul curbei de dependență, dar pentru celelalte două caracteristici, valoarea lui R^2 este foarte mică, ceea ce se explică prin faptul că modulul de elasticitate și rezistența la încovoiere sunt influențate și de alți factori în afară de densitatea panoului.

Referitor la coeziunea internă (f_i), rezultatele au demonstrat că panoul realizat 100 % din particule fine -100F, are o coeziune internă mult mai bună decât panoul realizat 100 % numai din particule grosiere -100G (0.24 N/mm^2 comparativ cu 0.11 N/mm^2), sau cele în amestec.

Rezistențe mai mari la smulgerea șuruburilor (f_s) s-au obținut pentru panourile unistratificate omogene din așchii de lemn (100L), din particule grosiere, respectiv fine de coji de semințe de floarea soarelui (100G, respectiv 100F), așa cum se poate observa în tabelul 1.3.

Din datele obținute, se poate trage concluzia că mărimea și geometria așchiilor influențează atât coeziunea internă, cât și rezistența la smulgere a șuruburilor. Particulele fine, având o formă plană și alungită, determină o suprafață mai mare de încliere și totodată o adeziune mai bună între elementele de ranforsare. Structura obținută astfel este mai compactă și omogenă. În schimb, particulele grosiere, formate în mare majoritate de coji întregi de semințe de floarea soarelui, au o formă concavă, care dezavantajează adeziunea între ele, formându-se aglomerări locale de adeziv, sau dimpotrivă, goluri care reduc atât gradul de compactare al amestecului, cât și rezistența înclieierilor din structura internă, afectând în mod direct coeziunea internă.

Valoarea ridicată a modulului de elasticitate pentru panourile realizate integral din particule grosiere demonstrează că acestea cresc rigiditatea panoului.

Din tabelul 1.3 se observă că toate valorile obținute pentru rezistența la încovoiere se situează sub cea minimă specificată de standardul SR EN 312-2004 pentru panouri de uz general. O explicație posibilă este mărimea particulelor obținute din cojile de semințe de floarea soarelui, care se situează sub valorile așchiilor din lemn utilizate în panourile de PAL clasice. Lungimile mai mici ale particulelor din coji de semințe de floarea soarelui fragmentează structura internă a panourilor, reducându-i astfel și rezistența la încovoiere.

În ceea ce privește absorbția de apă (A) și umflarea la grosime (G_t), toate structurile au obținut valori mici. În general structurile cu particule grosiere au obținut valori mai mari, explicate de porozitatea cauzată de concavitățile și variația formei acestora, în timp ce structurile cu particule fine, inclusiv cea tristratificată, au obținut valori mai mici, datorate unei construcții mai compacte. În literatura de specialitate s-au întâlnit valori similare în structurile de biocompozite cu coji de arahide și așchii de pin (Guler et al, 2008; Guler și Buyuksari, 2011).

Panoul tristratificat - T a dovedit o performanță similară cu a celui realizat din amestec de particule grosiere de coji de semințe de floarea soarelui și așchii de lemn. Luând ca reper standardul SR EN 312-2004, se poate spune că panoul cu particule fine din coji de semințe de floarea soarelui în structură îndeplinește condițiile generale impuse, mai puțin rezistența la încovoiere, ceea ce nu îl recomandă pentru componente de mobilă din structura de rezistență: plăci, pereți laterali sau intermediari, dar poate fi folosit pentru uși și fețe de sertar.

Coefficienții de conductivitate termică (λ) determinați (de la 0.075 W/mK la 0.079 W/mK), așa cum se poate observa din tabelul 1.3, indică proprietăți de izolare termică bune pentru toate panourile. Din literatura de specialitate (Panyakaew și Fotios, 2008), rezultă că intervalul corespunzător materialelor bune izolatoare din punct de vedere termic este între 0.035 W/mK și 0.160 W/mK pentru coeficientul de conductivitate termică (Panyakaew și Fotios, 2008), interval în care se încadrează majoritatea panourilor realizate din deșeuri agricole: 0.046 W/mK (coji de nucă de cocos), 0.096 W/mK (fibre de trestie de zahăr) (Panyakaew și Fotios, 2008) sau 0.051 W/mK (paie de orez) (Wei *et al*, 2015).

S-au realizat și câteva teste tehnologice pe aceste panouri: calibrare, frezare cant profilat și furniruire. În figura 1.14 se poate observa panoul tristratificat supus operațiilor de calibrare și frezare cant profilat. Panoul s-a comportat foarte bine la aceste operații, dar și la furniruire.

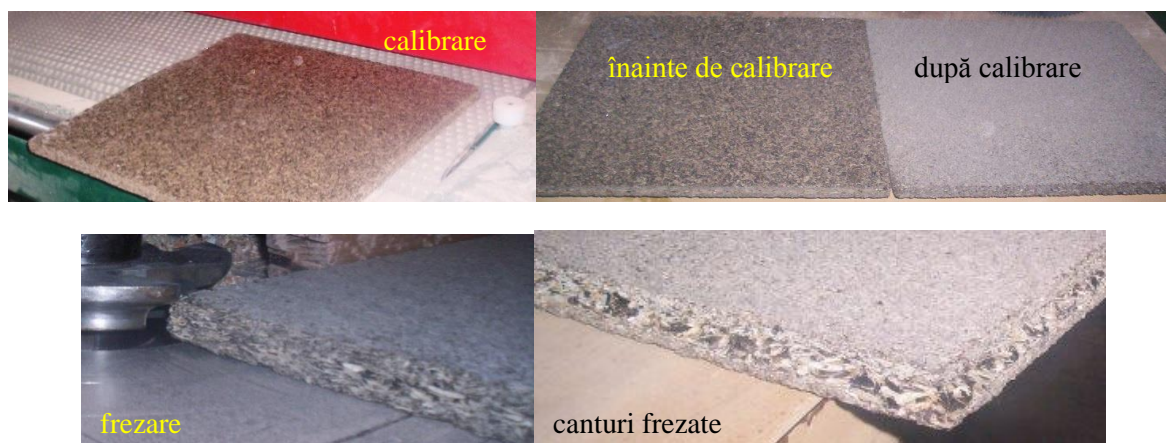


Fig. 1.14. Calibrarea și frezarea profilată a cantului la biocompozitul tristratificat (T)

1.2.3. Cercetări experimentale privind influența tipului de adeziv asupra proprietăților fizice și mecanice ale biocompozitelor din coji de semințe de floarea soarelui

Ținând cont de rezultatul cercetărilor anterioare referitoare la biocompozitele din coji de semințe de floarea soarelui, următoarea etapă a cercetărilor s-a axat pe investigarea proprietăților

fizice și mecanice ale panourilor unistratificate și tristratificate, utilizând cinci tipuri de adeziv de la doi producători de PAL din România: *S.C. Kronospan S.A.* Brașov și *S.C. Kastamonu S.A.*, Reghin, dar și direct de la *VIROMET S.A.* Victoria. Adezivii ureo-formaldehidici, melmin-formaldehidici și poliuretanic utilizați sunt prezentați în tabelul 1.4.

Tabelul 1.4.

Adezivii utilizați în cercetare

Denumire adeziv	Caracteristici	Sursa	Simbolizare
Urelit 1CL KAS	- rășină ureo-formaldehidică; - conținut în substanță solidă: 66 %; - formaldehidă liberă max. 0.25; - recomandat pentru așchiile grosiere.	Kastamonu Reghin	U1CL
Urelit U96	- rășină ureo-formaldehidică; - conținut în substanță solidă: 65 %; - formaldehidă liberă max. 0.1; - recomandat pentru așchiile fine.	Kastamonu Reghin	U96
Adeziv poliuretanic	- recomandat pentru panouri rezistente la apă (de exterior - OSB). - formaldehidă liberă: 0	Kronospan Brașov	AP
Urelit VIMEL M911	- rășină melamin-formaldehidică; - conținut în substanță solidă: 70 %; - formaldehidă liberă max. 1; - recomandat pentru industria hartziei (la fabricarea hartziei hidrozistente), în industria de prelucrare a lemnului (la producerea lamelelor elastice).	VIROMET SA Victoria	V911
Adeziv G	- rășină ureo-formaldehidică; - conținut în substanță solidă: 66 %; - formaldehidă liberă 0.06-0.15; - recomandat pentru fabricarea produselor stratificate din lemn (placaj, panel) - recomandat în combinație cu VIMEL M911	VIROMET SA Victoria	AG

Adezivii au fost utilizați atât pentru structuri unistratificate cu particule fine, cât și pentru particule grosiere, în diferite procente, de la 10 % la 16 % din masa de substanță uscată, dar și la realizarea unor panouri tristratificate.

S-a ținut cont de faptul că adezivul poliuretanic și Urelitul VIMEL M911 sunt utilizate pentru fabricarea panourilor de exterior (OSB), la care mărimea așchiilor utilizate este mare, iar rășinile ureo-formaldehidice sunt utilizate pentru panouri de interior (PAL), la care așchiile fine alcătuiesc straturile de exterior (în proporție de 30 % - 35 %), iar așchiile grosiere alcătuiesc miezul, în proporție de 65 % - 70 %. Componenta și structura panourilor sunt prezentate în tabelul 1.5.

Tabelul 1.5.

Compoziția și structura biocompozitelor din coji de semințe de floarea soarelui cu diverși adezivi

Cod panou	Conținut particule, în %		Adezivi, în % din masa uscată (conform Tabel 3)					T (°C)	t (min)	p (bar)
	Fine	Grosiere	U1CL	U96	AP	V911	AG			
P16	100	-	16	-	-	-	-	140	15	30
P17	-	100	16	-	-	-	-	140	15	30
P18	35 ^a	65 ^b	16 ^a ,14 ^b	-	-	-	-	140	15	30
P19	-	100	-	-	5.5	-	-	180	6	30
P20	100	-	-	16	-	-	-	140	15	30
P21	-	100	-	-	-	7	3	160	15	30
P22	-	100	-	-	-	3	7	160	15	30
P23	-	100	-	-	-	10	-	160	15	30
P24	35 ^a	65 ^b	-	-	8 ^b	10 ^a	-	180	6	30
P28	-	100	-	-	-	10.5	5.5	180	6	30
P29	-	100	-	-	-	16	-	180	6	30

^a – utilizat pentru fețe în structura tristratificată;

^b – utilizat pentru miez în structura tristratificată;

T – temperatura de presare, în °C;

t – timpul de presare, în min;

p – presiunea aplicată la presarea panourilor, în bar.

Proprietățile fizice determinate pentru biocompozitele din coji de semințe de floarea soarelui (Fig. 1.15, a și b), au fost următoarele: densitatea (SR EN 323- 1996), absorbția de apă (A) și umflarea la grosime (G_t) după 2 h și 24 h de imersie în apă (SR EN 317- 1996), precum și coeficientul de conductivitate termică (λ) (DIN EN 12667/ 2001 și ISO 8301/ 1991). Proprietățile mecanice determinate pentru biocompozitele din coji de semințe de floarea soarelui (Fig. 1.15, a și b) au fost următoarele: rezistența la încovoiere (f_m), modulul de elasticitate (E_m) (SR EN 310 -1996), coeziunea internă (f_t) sau rezistența la tracțiune perpendiculară pe fețele panoului (SR EN 319 - 1997) și rezistența la smulgere a șuruburilor (f_s) (SR EN 320 - 1997).

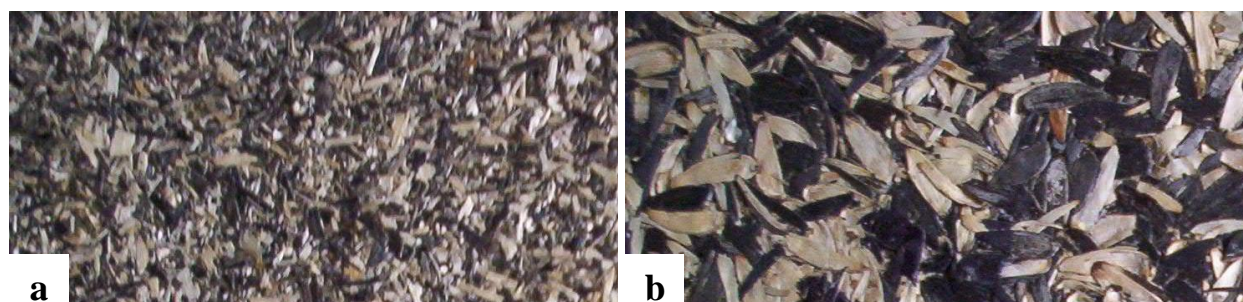


Fig. 1.15. Structurile biocompozitelor; a. - cu aşchii fine; b. - cu aşchii grosiere

Aceste biocompozitele din coji de semințe de floarea soarelui, la care s-au utilizat mai multe tipuri de adeziv, s-au realizat într-o grupă de densități reduse, de la 478 kg/m^3 la 574 kg/m^3 , iar rezultatele cercetărilor experimentale sunt prezentate în tabelul 1.6. De menționat că în rețetele acestor panouri nu s-a utilizat parafină.

Tabelul 1.6.

Proprietăți fizice și mecanice ale biocompozitelor din coji de semințe de floarea soarelui cu diverși adezivi

Tip	Densitate, ρ , (kg/m^3)	A 24 h (%)	G_t 24 h (%)	f_m (N/mm^2)	E_m (N/mm^2)	f_t (N/mm^2)	f_s (N/mm)	λ (W/mK)
P16	574	107.22	19.64	4.28	1450	0.19	24.14	0.079
P17	542	117.9	32.28	5.06	1920	0.03	17.00	0.077
P18	521	125.3	28.6	8.16	1900	0.02	10.9	0.074
P19	453	71.2	19.4	4.15	2090	0.21	29.8	0.074
P20	567	136.4	41.2	1.33	750	0.07	9.8	0.076
P21	481	140	44.5	2.19	959	0.02	7.7	0.072
P22	508	154.4	62.6	1.58	722	0.03	9.7	0.070
P23	478	distrusă	distrusă	2.28	1310	0.01	10.9	0.072
P24	545	66.4	16.9	5.17	1278	0.16	27.1	0.075
P28	519	90.9	23.3	4.13	1598	0.02	12.2	0.076
P29	526	distrusă	distrusă	2.33	1380	0.02	11.3	0.073
SR EN 312 (2004)			14 ^c	11.5 ^a	1600 ^b	0.24 ^a		
^a Valoarea minimă pentru panouri de uz general (P1) ^b Valoarea minimă pentru panouri destinate fabricării mobilei (P2) ^c Valoarea maximă pentru panouri rezistente la apă (P3) Valorile din paranteză reprezintă abaterea standard.								
A - absorbția de apă și G_t - umflarea la grosime după 24 h de imersie în apă (SR EN 317- 1996), în %; f_m - rezistența la încovoiere și E_m -modulul de elasticitate (SR EN 310 -1996), în N/mm^2 ; f_t - coeziunea internă (SR EN 319 - 1997), în N/mm^2 ; f_s - rezistența la smulgere a șuruburilor (SR EN 320 - 1997), în N/mm .								

Se poate observa din tabelul 1.6, că pentru panourile unistratificate la care s-au utilizat cele două tipuri de adeziv ureo-formaldehidic (Urelit 1CL KAS, Urelit U96), rezultatele cele mai

bune s-au obținut pentru adezivul Urelit 1CL KAS, pentru structura de biocompozit cu particule fine P16. Aceeași rețetă, aplicată utilizând adezivul Urelit U96, în structura P20, a dus la rezultate mult mai slabe. Se poate observa că valorile obținute experimental pentru panoul P16 nu se ridică la nivelul celor înregistrate pentru panourile prezentate în subcapitolul 1.2.2, deși s-a utilizat același adeziv și aceeași rețetă, mai puțin parafina. Explicația ar fi densitatea mai mică a panourilor studiate în a doua etapă.

Pentru structura unistratificată cu așchii grosiere, în panoul P17, adezivul Urelit 1CL KAS nu a dat aceleași rezultate bune ca pentru structura unistratificată cu așchii fine. În schimb, structura unistratificată cu așchii grosiere a dat rezultate foarte bune cu adezivul poliuretanic de la producătorul de PAL, Kronospan Brașov, în panoul P19.

Combinăția dintre adezivul melamin-formaldehidic VIMEL M911 și adezivul ureo-formaldehidic G, recomandată pentru structuri lignocelulozice rezistente la apă, cu aplicații în mediul exterior, nu au dat rezultate bune în nici una din procentele de combinare, așa cum se poate observa din valorile înregistrate pentru panourile P21, P22, P23, P28, P29.

Pentru structurile tristratificate, respectiv panourile P18 și P24, valorile cele mai bune le-a obținut structura cu adeziv poliuretanic (AP) pentru miez și Vimel M911 pentru fețe (P24).

În ceea ce privește absorbția de apă (A) și umflarea la grosime (G_t), lipsa parafinei din compozițiile panoului, a avut o influență negativă asupra acestor caracteristici, comparativ cu cercetările anterioare, prezentate în subcapitolul 1.2.2. Nici una dintre structurile de mai sus nu îndeplinește condiția de 14 % impusă de standardul SR EN 312/ 2004.

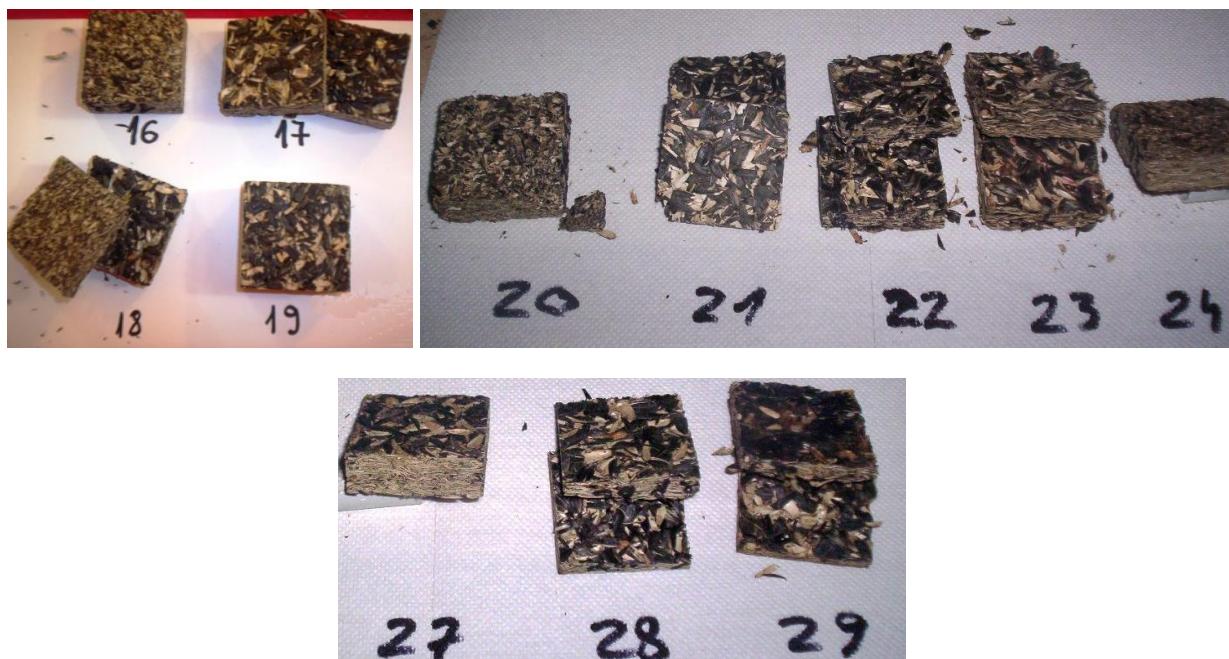


Fig. 1.16. Epruvetele supuse la imersie în apă timp de 24 h

Epruvetele supuse imersiei în apă, după 24 h de imersie, și-au păstrat integritatea structurii doar pentru panourile P16, P19, P24, P27, celelalte structuri s-au dezintegrat fie integral (ca în cazul panourilor P23 și P29), fie parțial (pentru panourile P17, P18, P20, P21, P22, P28), așa cum se poate observa în figura 1.16.

Coeficientul de conductivitate termică (λ) se păstrează în jurul valorii de 0.074 W/mK (de la 0.070 W/mK la 0.079 W/mK).

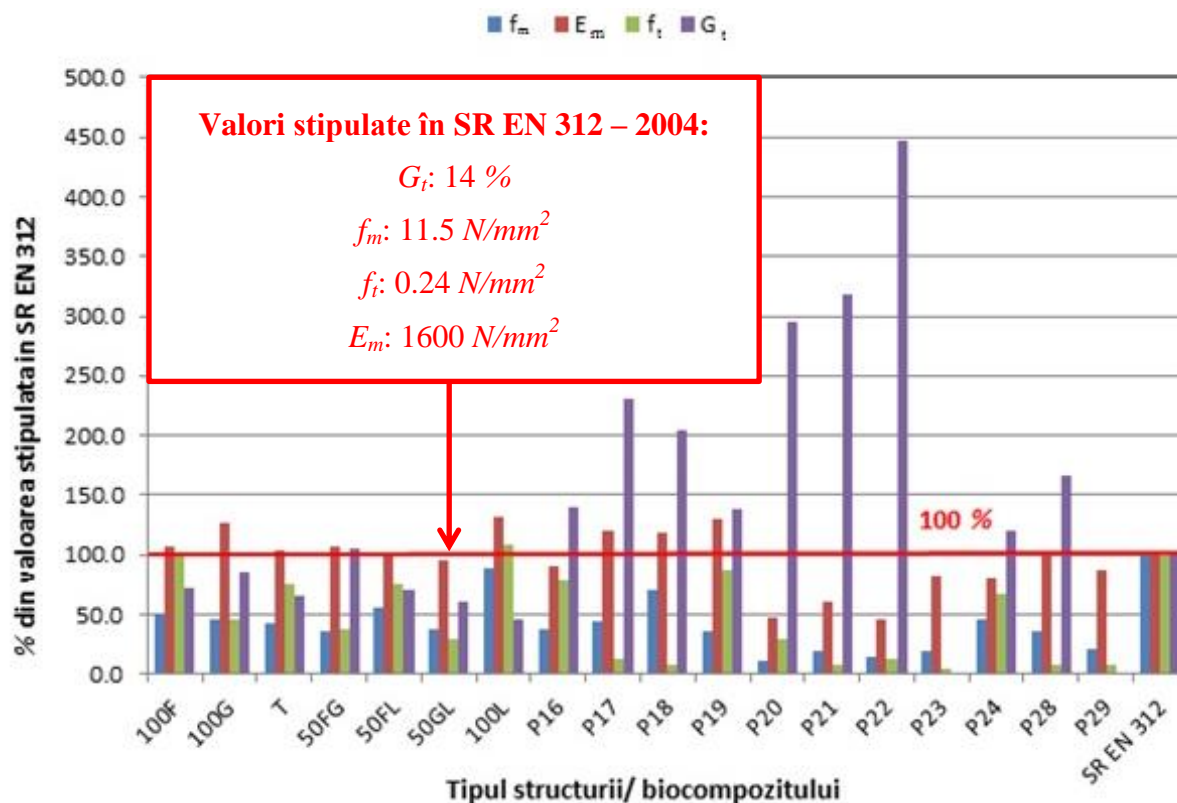
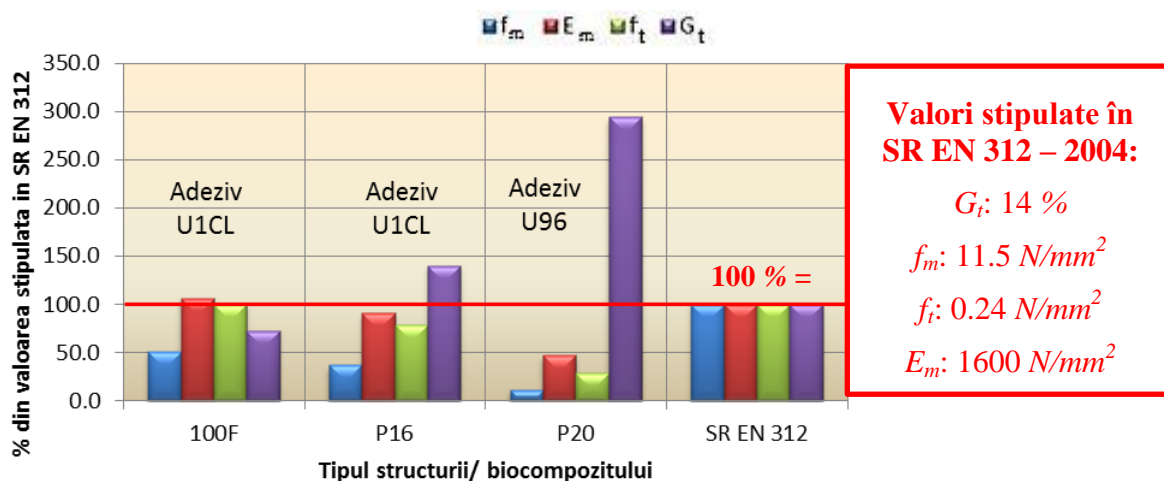


Fig. 1.17. Valorile experimentale în raport cu cele stipulate în SR EN 312 -2004, exprimate în %

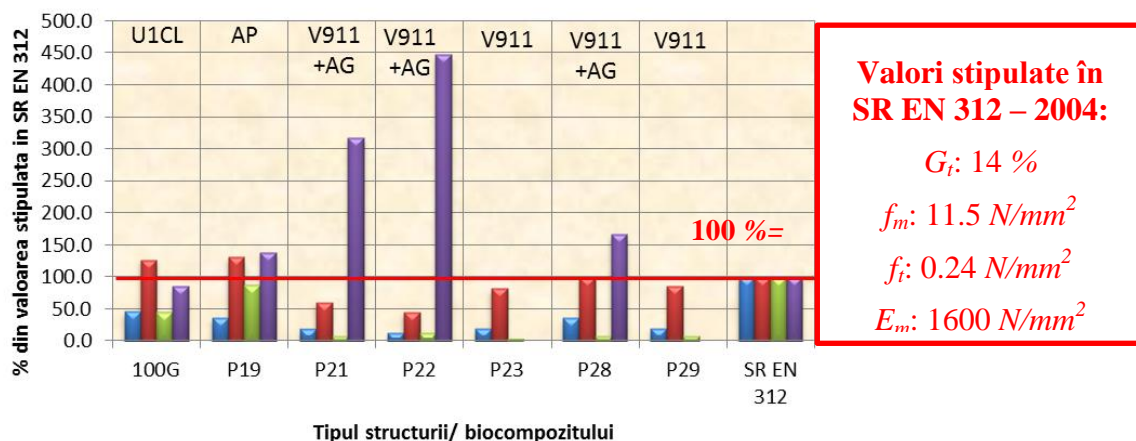
Pentru biocompozitele din coji de semințe de floarea soarelui, valorile experimentale pentru principalele caracteristici fizice și mecanice în raport cu cele de referință din standardul SR EN 312-2004 sunt prezentate în figura 1.17, în %. Valori foarte mari ale umflării la grosime (G_t), de peste 3 ori față de limita admisibilă de 14 % prevăzută în standardul mai sus menționat, le-au înregistrat structurile P21 și P22, cu așchii grosiere și adezivii (în amestec Vimel M911 și adeziv G). Și celelalte structuri care au avut în componență acești doi adezivi, de la P21 la P29 (cu excepția P24) s-au comportat rău la imersia în apă, majoritatea lor fiind distruse până la finalizarea testării, așa cum se poate observa în figura 1.16.

Situația, pe structuri și tipuri de adezivi, este prezentată în figura 1.18.

Biocompozite unistratificate din coji de semințe de floarea soarelui cu particule fine



Biocompozite unistratificate din coji de semințe de floarea soarelui cu particule grosiere



Biocompozite tristratificate din coji de semințe de floarea soarelui (65 % particule grosiere pentru miez și 35 % particule fine pentru fețe)

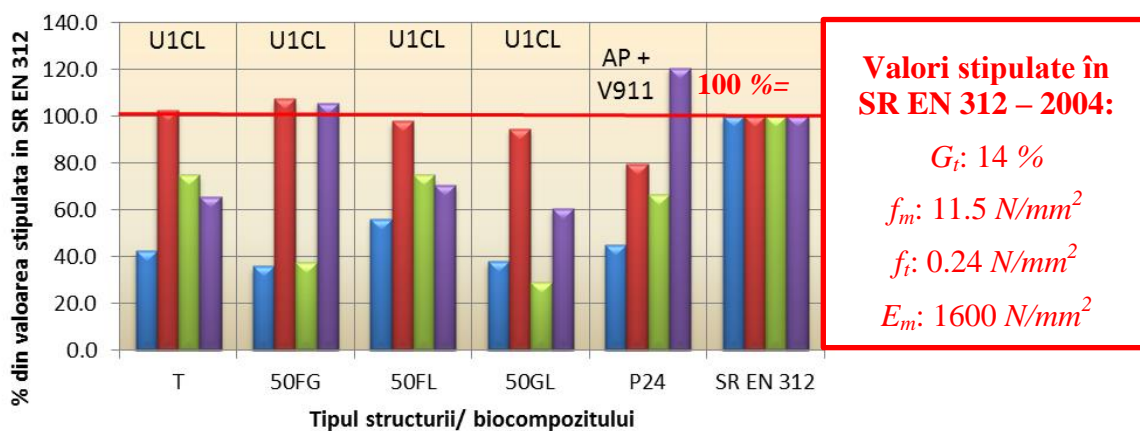


Fig. 1.18. Valorile experimentale pentru rezistența la încovoiere (f_m), modulul de elasticitate (E_m), oeziunea internă (f_t) și umflarea la grosime după 24 h imersie în apă (G_t) obținute la biocompozitele din coji de semințe de floarea soarelui, raportate la SR EN 312-2004

Studiind pentru fiecare structură de biocompozite valorile experimentale pentru rezistența la încovoiere (f_m), modulul de elasticitate (E_m), coeziunea internă (f_i) și umflarea la grosime după 24 h de imersie în apă (G_t), în funcție de tipul adezivului, se poate concluziona astfel:

- pentru structurile unistratificate din particule fine, cel mai bun adeziv este Urelit UICL de la producătorul Kastamonu, în condițiile utilizării sale în proporție de 16 % din masa de substanță uscată, cu 1 % întăritor și 1% parafină, prin presare la temperatura de 180 °C timp de 6min, la o presiune de 30 bar (structurile 100F și P16). Cu cât densitatea panoului este mai mare, cu atât valorile rezultate sunt mai bune.
- pentru structurile unistratificate din particule grosiere, adezivul cel mai potrivit este cel poliuretanic (AP) de la producătorul Kronospan, în condițiile utilizării sale în proporție de 5.5 % din masa de substanță uscată, cu 1% întăritor și 1% parafină, prin presare la temperatura de 180 °C timp de 6 min, la o presiune de 30 bar (structura P19).
- pentru structurile în amestec între particule grosiere și fine (inclusiv cele tristratificate), dar și amestec cu aşchii de lemn, cele mai reușite structuri au fost 50FL (unistratificat cu 50 % particule fine +50 % aşchii lemn) și P24 (tristratificat), pentru prima utilizându-se Urelit UICL, iar pentru a doua adeziv poliuretanic pentru miez și Vimel M911 pentru fețe.

1.3. Cercetări privind utilizarea rapiței în structura biocompozitelor

Din cercetările unor specialiști în compozite lignocelulozice, între lemn, biomasă și alte resurse vegetale există asemănări macroscopice și compatibilități chimice și microscopice, astfel încât, prin costuri reduse, se pot obține performanțe mai mari decât prin utilizarea unor elemente sintetice (Barbu, 2002). Astfel, se pot utiliza în combinație cu lemnul fibre provenind de la plante textile (in, bumbac, cânepă), tulpini ale diverselor plante cerealiere (grâu, orez, secară), dar și alte plante cu utilizări industriale (rapiță, trestia de zahăr, palmierul, stuful, etc.).

1.3.1. Stadiul actual al cercetărilor privind utilizarea tulpinii de rapiță în biocompozite

Unii cercetători (Dziurka *et al*, 2005) au studiat posibilitatea utilizării aşchiilor de rapiță provenind din tulpină, în proporție de 100 %, în structura panourilor unistratificate asemănătoare celor de PAL, folosind patru tipuri de adeziv în proporții variate: ureo-formaldehidic, fenol-formaldehidic, melamin-fenol-formaldehidic și rășină izocianat, presând panourile la o temperatură de 200 °C, timp de 5 min, la o presiune de 2.5 N/mm². S-au obținut panouri cu densitate de 700 kg/m³, la care s-au determinat coeziunea internă (SR EN 319 – 1997), rezistența la încovoiere și modulul de elasticitate (SR EN 310 - 1996). Valorile cele mai bune s-au

înregistrat pentru biocompozitele obținute cu izocianați (pentru 8 % și 10 % din masa de substanță uscată), iar pentru ceilalți trei adezivi valorile au fost destul de apropiate și în intervalul impus de standardul SR EN 312-2004. pentru panouri de uz general, pentru o participare de 12 % și 14 % din masa de substanță uscată.

Alte cercetări (Dukarska et al, 2006) au vizat investigarea influenței conținutului de aşchii de tulpină de rapiță din structura biocompozitelor asupra proprietăților lor mecanice - coeziune internă (f_i), conform EN 319, rezistență la încovoiere (f_m) și modul de elasticitate (E_m), conform EN 310 și asupra absorbției de apă după imersie timp de 24 h, conform EN 317. Fraționarea (aproximativă) a aşchiilor de rapiță și lemn utilizate a fost următoarea: 85 % aşchii de 1 mm, 9 % aşchii de 2.5 mm, 5 % aşchii de 0.5 mm și restul de 1 % praf. Au fost utilizați trei adezivi: fenol-formaldehidic și melamin-fenol-formaldehidic în proporție de 10 % din masa de substanță uscată și rășină izocianat în proporție de 8 % din masa de substanță uscată. Panourile au fost presate la temperatură de 200 °C, timp de 25 s/mm grosime placă, la o presiune de 2.5 N/mm². Deși rezultatele testelor mecanice au fost satisfăcătoare pentru un conținut de particule de rapiță sub 75 %, pentru toate tipurile de adeziv, încadrându-se în valorile stipulate în standardul EN 312, absorbția de apă și umflarea în grosime nu s-au putut încadra în valorile limită ale acestui standard.

Cercetări mai noi (Dziurka et al, 2013) au investigat proprietățile mecanice: coeziune internă (f_i) - EN 319, rezistență la încovoiere (f_m) și modul de elasticitate (E_m) - EN 310, ale panourilor furniruite, cu densități reduse (350 kg/m³ - 550 kg/m³), fabricate din aşchii de rapiță, în condițiile furniruirii cu furnir de fag de 1.7 mm grosime, furniruirea realizându-se o dată cu presarea panoului, la temperatura de 200 °C, timp de 5 min, la o presiune de 2.5 N/mm². Doar panourile cu densitate mai mare (550 kg/m³) au îndeplinit condițiile impuse de standardul EN 312, celelalte structuri încadrându-se în valorile limită ale acestuia doar pentru coeziunea internă (f_i) și modulul de elasticitate (E_m), nu și pentru rezistența la încovoiere (f_m). Pentru aceste panouri s-a utilizat ca adeziv rășina izocianat, considerându-se că la interfața dintre suprafața tulpinilor de cereale și acesta se crează o bună adeziune, favorizată de puterea de absorbție a acestor adezivi de către tulpinile de cereale (Mo et al, 2001; Boquillon et al, 2004).

Dar izocianații, în general, irită pielea și pot provoca dermatite și eczeme. Irită de asemenea ochii, mucoasa și sistemul respirator, având o toxicitate puternică la inhalare. Expunerea pe termen lung la izocianați duce la boli cronice, cum ar fi astmul și sensibilitatea întregului sistem respirator (Tan, 2012). De aceea, deși prin folosirea izocianaților scade emisia de formaldehidă a panourilor, apar alte efecte negative asupra sănătății, fiind destul de periculoși la utilizarea în sistem industrial.

Utilizarea rapiței în structura unor panouri din aşchii de lemn s-a testat și tehnologic de către unii cercetători (Kowaluk et al, 2007), fabricând în condiții semi-industriale plăci

tristratificate cu o proporție de 50 % din tulpina acestei plante în stratul de miez. S-a constatat că aportul tulpinii de rapiță afectează benefic proprietățile tehnologice ale panourilor, forțele de tăiere și frecare fiind mai reduse în acest caz.

Cercetările privind compoziția chimică a tulpinii de rapiță au arătat că nu există diferențe mari față de lemnul masiv, așa cum se poate observa în tabelul 1.7.

Tabelul 1.7.

Compoziția chimică a tulpinii de rapiță comparativ cu cea a lemnului masiv

Componenta	În raport cu masa de substanță uscată, în %		
	Tulpini de rapiță		Lemn de molid
	Sursa: (Dziurka <i>et al</i> , 2005)	Sursa: (Potůček și Milichovský, 2011)	Sursa: (Dziurka <i>et al</i> , 2005)
Celuloză	37.55	58.07-60.65	54.09
Hemiceluloze	31.37	-	23.40
Lignină	21.30	16.09-16.99	30.15
Substanțe extractibile (ceară, pentozane)	3.76	14.11-17.76	1.47
Compuși minerali	6.02	-	0.24
Cenușă	-	7.08-8.80	-

Se observă că la rapiță, conținutul de celuloză și lignină este mai scăzut decât la lemn, mai ridicată fiind proporția de hemiceluloză, cenușă, substanțe extractibile și compuși minerali.

La rapiță, ca și la alte resurse cerealiere, există un strat protector al tulpinii la impactul cu apa, exercitat de către cuticulă, bogată în ceruri, care poate crea dificultăți la încleierile fibrelor (Barbu, 2002). De aceea, testarea mai multor tipuri de adezivi este importantă în identificarea unei compatibilități satisfăcătoare.

În ceea ce privește resursele de tulpini de rapiță, ele constituie deșeurile agricole rămase după utilizarea semințelor la fabricarea biodieselului, iar aceste resurse sunt în creștere în ultimii ani. Conform statisticilor Ministerului Agriculturii și Dezvoltării Rurale din România (<http://www.madr.ro/culturi-de-camp/plante-tehnice/rapita-pentru-ulei.html>), producția totală de rapiță a crescut în 2014 la 1 072 000 *tone* față de 361 500 *tone* în 2007. Conform statisticilor

EUROSTAT, producția de rapiță în U.E., România, Germania și Franța, între anii 2011-2014, este prezentată în figura 1.19.

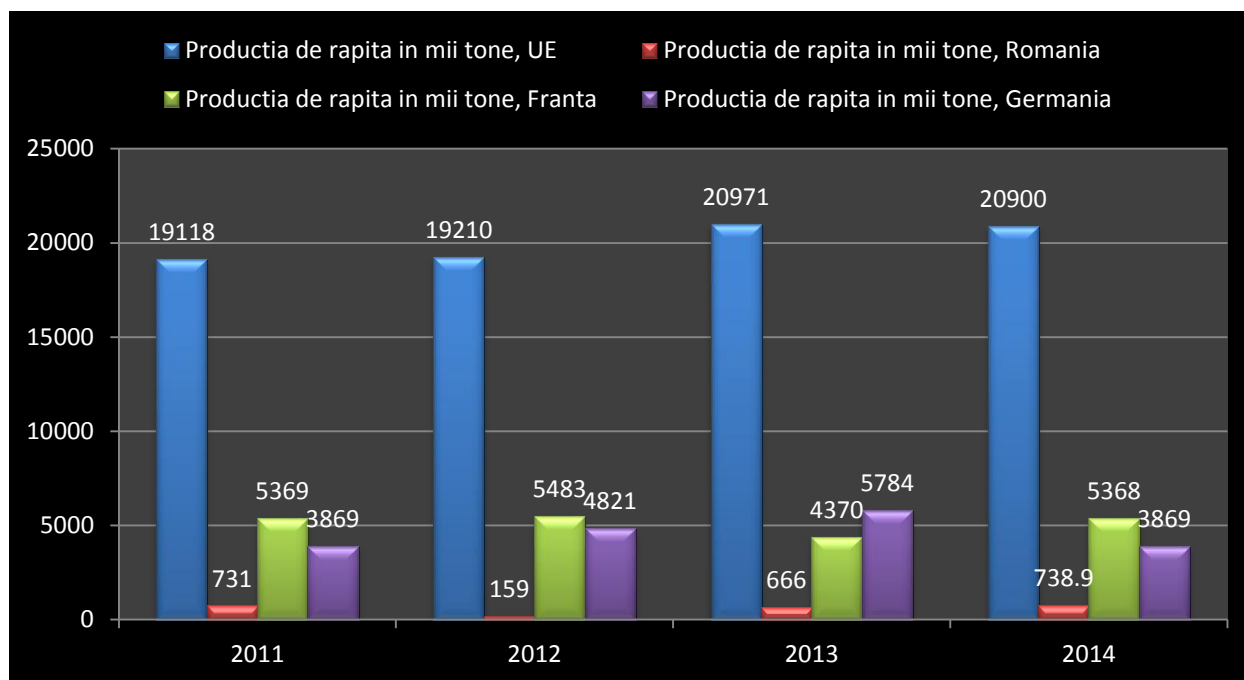


Fig. 1.19. Producția de rapiță în România, comparativ cu UE și țările cu producția cea mai mare, Germania și Franța, conform (http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agricultural_production_-_crops#Oilseeds)

Conform unor date statistice (<http://www.ie.asm.md/assets/images/img/pdf/A-59.pdf>), 2/3 din plantația de rapiță este reprezentată de resturi vegetale, respectiv tulpini și frunze. La nivelul producției de rapiță din România, de 738 900 *tone* în anul 2014, în baza afirmației anterioare, deșeurile de rapiță se ridică la o cantitate de 492 600 *tone*. De aceea, sunt necesare utilizări alternative ale acestei resurse importante de biomasă, pentru care deja s-au efectuat cercetări în domeniul combustibililor solizi și cel al biocompozitelor.

Din rezultatele cercetărilor de până acum privind utilizarea tulpinilor de rapiță în fabricarea biocompozitelor, prezentate mai sus, se pot trage următoarele concluzii:

- *izocianații realizează legăturile cele mai solide, ca adezivi, între particulele rezultate din tulpinile de rapiță, dar și între particulele de lemn-rapiță; cu toate acestea, utilizarea izocianaților nu este recomandată în regim industrial, datorită efectelor negative asupra sănătății;*

- au fost testate cu adezivi ureo-formaldehidici doar structuri realizate integral din particule rezultate din tulpini de rapiță, cu rezultate bune pentru procente de participare mari (de 14 % din masa de substanță uscată);
- combinația așchii lemn-particule din tulpini de rapiță, a fost studiată doar pentru așchii de pin, utilizând adezivi fenol-formaldehidici, melamin-fenol-formaldehidici și izocianații, fără a investiga și adezivul ureo-formaldehidic, care este adezivul cel mai utilizat în fabricarea panourilor din așchii de lemn (PAL).

În baza acestor concluzii s-au stabilit obiectivele cercetării experimentale privind utilizarea tulpinilor de rapiță în fabricarea biocompozitelor, pornind de la următoarea schemă de cercetare:

- utilizarea așchiilor de lemn din producția industrială curentă de PAL (furnizate de producătorul industrial KASTAMONU Reghin) în amestec cu particule obținute din tulpini de rapiță;
- utilizarea unui adeziv ureo-formaldehidic din producția curentă de PAL (furnizat de producătorul industrial KASTAMONU Reghin).

1.3.2. Cercetări experimentale privind biocompozitele fabricate din așchii de lemn în amestec cu particule din tulpini de rapiță, înleiate cu adeziv UF

Obiectivele urmărite în această cercetare experimentală au fost următoarele:

- stabilirea fracției de participare a particulelor obținute din tulpinile de rapiță;
- stabilirea amestecului optim (în %), între așchiile de lemn și particulele din tulpini de rapiță, astfel încât panourile unistratificate fabricate să îndeplinească cerințele standardului SR EN 312-2004, privind caracteristicile mecanice (coeziune internă - SR EN 319 – 1997, rezistență la încovoiere și modul de elasticitate - SR EN 310 – 1996) și umflarea la grosime după imersie în apă timp de 24 h (SR EN 317 – 1996), în condițiile înleierii așchiilor cu adeziv ureo-formaldehidic utilizat în mod curent în regim industrial (de către firma S.C. KASTAMONU S.A Reghin), într-o proporție prestabilită de 12 % din masa de substanță uscată.

Așchiile de lemn provenite de la firma S.C. KASTAMONU S.A Reghin reprezintă un amestec între așchii din lemn de rășinoase (70 %) și de foioase (30 %).

În ceea ce privește particulele din tulpini de rapiță, acestea au fost obținute prin măcinarea tulpinilor uscate (la o umiditate de 13.13 %) într-o moară cu ciocănele din dotarea laboratorului. În urma acestei operații s-au obținut particule fracționate apoi prin cernere cu site cu ochiuri de 2 x 2, 1 x 1 și 0.5 x 0.5 (mm²). S-au obținut astfel într-un procent de aproximativ 88 % particule rămase în sita de 1 x 1 (mm²), aproximativ 5.5 % particule rămase în sita de 0.5 x 0.5 (mm²) și 6.5 % praf (Fig.1.20).



Fig. 1.20. Fraționarea particulelor din tulpini de rapiță

Lungimea maximă a particulelor de rapiță a ajuns în urma procesului de mărunțire la 20 mm. În construcția panourilor s-au utilizat doar particulele din tulpini de rapiță rămase în sita cu ochiuri de 1 x 1 (mm^2).

Adezivul utilizat, Urelit 1CL KAS, este o rășină ureo-formaldehidică cu conținut în substanță solidă de 66 %, recomandat pentru stratul de miez al PAL-ului tristratificat, utilizat de către producătorul de PAL, S.C. KASTAMONU S.A. Reghin. Compoziția panourilor cu amestec de așchii din lemn și particule din tulpini de rapiță este prezentat în tabelul 1.8.

Tabelul 1.8.

Compoziția panourilor experimentale cu amestec de așchii din lemn și particule din tulpini de rapiță

Cod panou	Conținut, în %		Adeziv ureo-formaldehidic UF, cod U1CL Kas, în % din masa uscată	T (°C)	t (min)	p (bar)
	Particule rapiță	Așchii lemn				
R10	10	90	12	180	10	30
R30	30	70		180	10	30
R50	50	50		180	10	30
R70	70	30		180	10	30

T – temperatura de presare, în °C;

t – timpul de presare, în min;

p – presiunea aplicată la presarea panourilor, în bar.

Având în vedere că cercetările unor autori (Dukarska *et al*, 2006) au dovedit că pentru un procent mai mare de 75 % de particule din tulpini de rapiță, rezultatele testelor mecanice nu sunt

satisfăcătoare, nu s-au mai executat în prezenta cercetare experimentală biocompozite cu procent de particule de rapiță mai mare de 50 % din totalul materiei prime.

În rețetă s-au mai adăugat: întăritor (clorură de amoniu), în procent de 1 % din conținutul de substanță solidă a adezivului, parafină în același procent și apă, 5 % din masa de substanță uscată.

Panourile au fost fabricate în condiții de laborator, utilizându-se o presă cu platanul de 450 mm x 450 mm. Panourile au fost formate în rame de PAL cu grosime de 18 mm, lungimea și lățimea egale cu 430 mm. Au fost realizate câte două panouri din fiecare tip, condiționate timp de șapte zile la temperatura de 20 °C și umiditatea relativă a aerului de 65 % și debitate în epruvete pentru testarea la încovoiere (SR EN 310 – 1996), la coeziune internă (SR EN 319 – 1997) și umflarea la grosime după imersie în apă timp de 24 h (SR EN 317 – 1996), după metodologia prezentată în această lucrare la subcapitolul 1.2.2.

Covorul format în ramele de PAL a avut inițial grosimea de 40 mm - 50 mm, ajungând după presare la grosimi între 15 mm și 16 mm (Fig. 1.21).

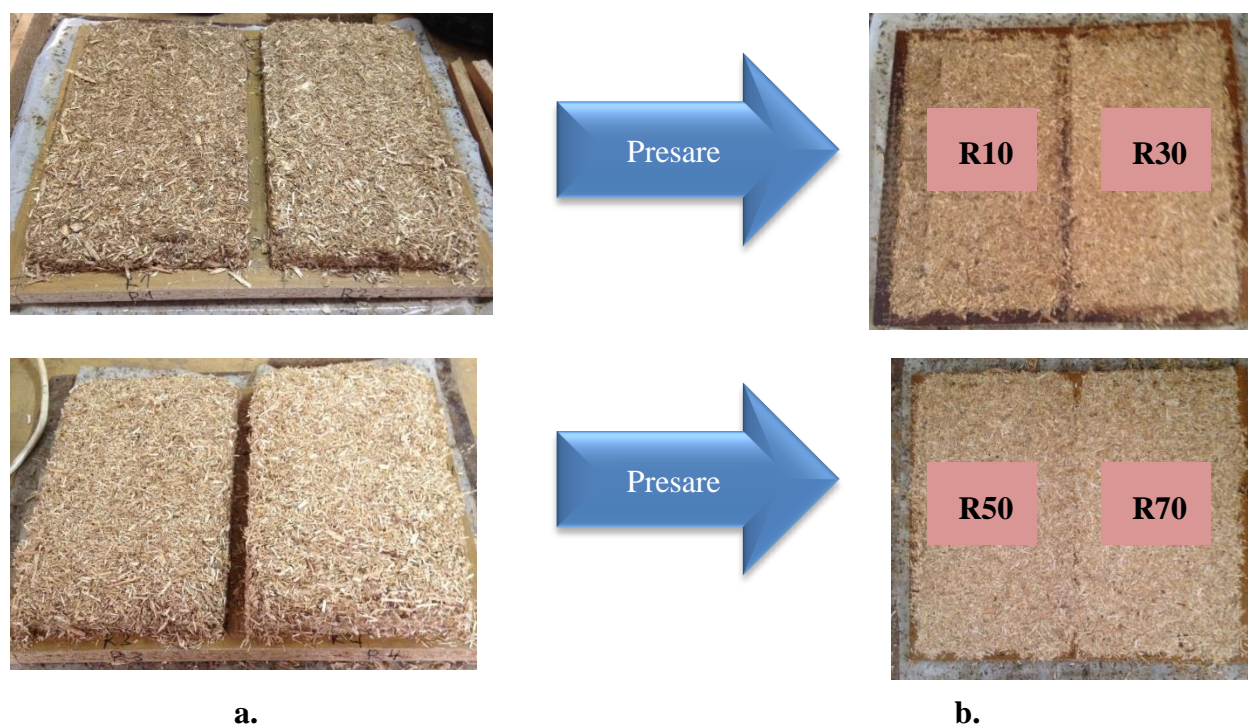


Fig. 1.21. Biocompozite din amestec de așchii din lemn și rapiță; a. - formarea panoului; b. - panoul presat în rama de PAL

Epruvetele destinate testului de încovoiere, al celui de tracțiune perpendiculară pe fețele panoului, imersie în apă și măsurarea densității sunt prezentate în figura 1.22. Se observă că, odată cu creșterea procentului de rapiță în structura biocompozitului, culoarea epruvetelor este mai deschisă.



Fig. 1.22. Epruvete pregătite pentru determinările experimentale; a. – la încovoiere; b. – la imersie în apă 24 h și densitate; c. – la tracțiune perpendiculară pe fețele panoului (coeziune internă).

Inițial s-a verificat experimental profilul densității pe grosimea epruvetelor de 50 mm x 50 mm, utilizând echipamentul cu raze X din dotarea laboratorului din cadrul Institutului de Cercetare Dezvoltare PRO-DD al Universității *Transilvania* din Brașov. Profilele densităților generate de softul echipamentului, pentru cele patru tipuri de panouri investigate, sunt prezentate în figura 1.23. Din profilele densităților din figura 1.23 se observă că la o grosime de la 1 mm la 3 mm față de cele două suprafețe exterioare ale epruvetelor, densitatea este maximă, în timp ce în centrul acestora, pe o grosime de la 4 mm la 6 mm, densitatea este minimă.

O structură mai uniformă se remarcă la epruveta R10, unde diferența între densitatea minimă și cea maximă nu este atât de mare ca în celelalte cazuri. Diferențele de densitate între fețe și miez se pot explica prin presiunea neuniformă exercitată de platane pe fețele și în miezul panourilor, pe de-o parte, dar și prin polimerizarea diferită a adezivului în centrul și pe fețele piesei, datorită temperaturii mai ridicate la contactul cu platanele în timpul presării. Este de așteptat ca această structură să afecteze coeziunea internă a piesei, iar ruperea epruvetelor să se realizeze în zona cu densitatea cea mai mică. Mediile densităților se situează în jurul valorii de 600 kg/m^3 , o valoare mai mare a densității având panourile cu un conținut mai mare de aşchii din lemn. Diferențele de densitate între marginile și centrul epruvetei sunt cuprinse între 200 kg/m^3 și 250 kg/m^3 , destul de mari pentru a nu influența rezistența structurii interne a panoului, respectiv coeziune internă, f_i . Sunt de așteptat valori mici pentru această caracteristică în cazul epruvetelor R30, R50 și R70.

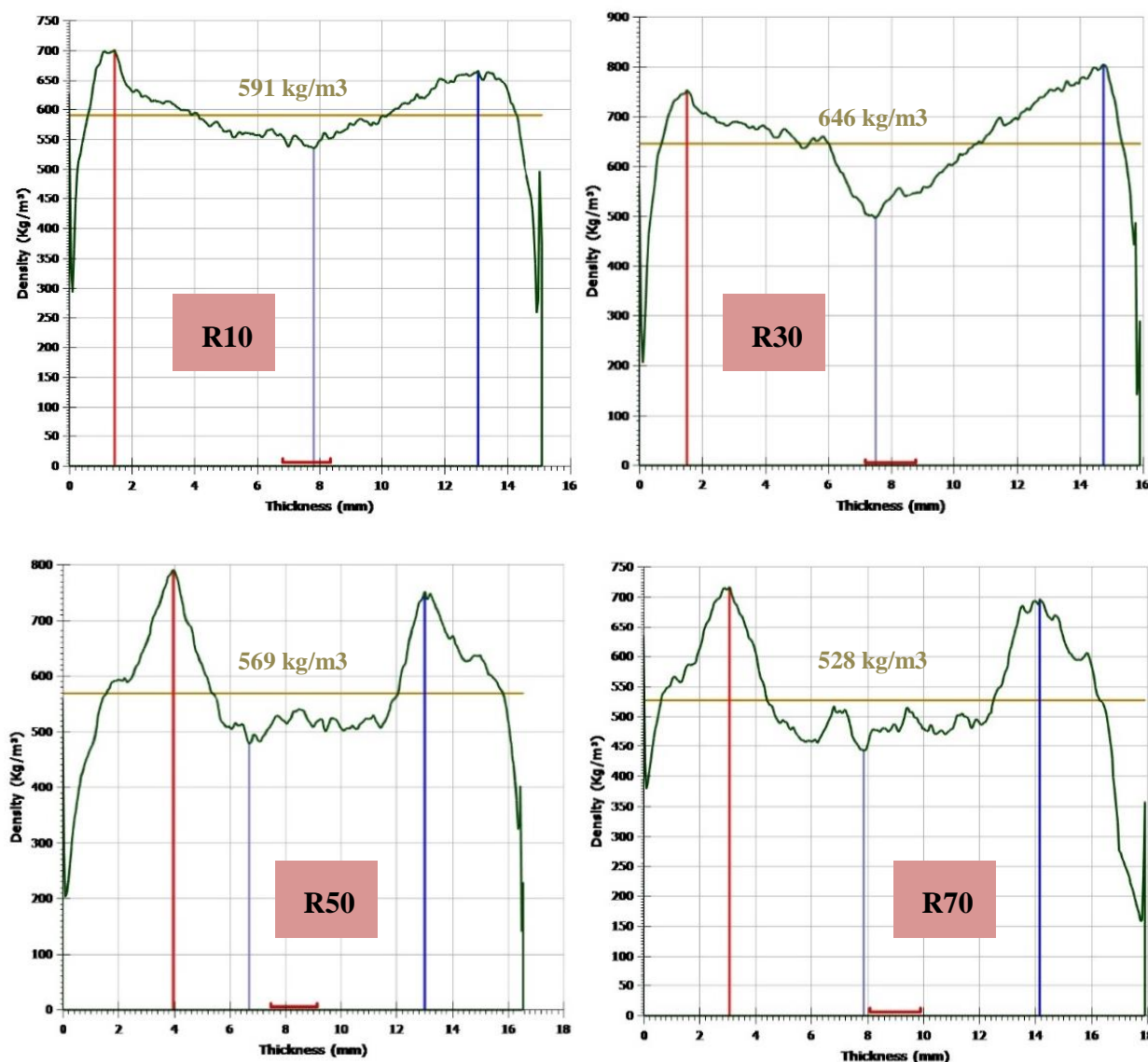


Fig. 1.23. Profilul densității pe grosimea piesei, pentru epruvete debitate din cele patru panouri investigate

Rezultatele experimentale privind proprietățile fizice și mecanice ale biocompozitelor din amestec de aşchii de lemn și particule din tulpini de rapiță sunt prezentate în tabelul 1.9, iar imagini din timpul testării experimentale în vederea determinării proprietăților mecanice, pe echipamentul de testare universal *Zwick/Roell Z010*, de fabricație germană, sunt prezentate în figura 1.25.

Spre deosebire de rezultatele obținute la panourile din coji de semințe de floarea soarelui, prezentate în subcapitolele 1.2.2. și 1.2.3 ale lucrării de față, în cazul utilizării rapiței în structura biocompozitelor, se îmbunătățește rezistența la încovoiere (f_m), astfel încât condiția limită de 11.5 N/mm^2 impusă de standardul SR EN 312 – 2004 este îndeplinită de structurile cu 10 % și 30 % particule de rapiță în compoziție. Coeziunea internă însă, nu se încadrează în cazul acestor

panouri în valorile impuse de standardul mai sus menționat, pentru nici una din structurile analizate.

Tabelul 1.9.

Rezultatele experimentale privind proprietățile fizice și mecanice ale biocompozitelor din amestec de așchii de lemn și particule din tulpini de rapiță

Tip	Densitate, ρ , (kg/m^3)	A 24 h (%)	G_t 24 h (%)	f_m (N/mm^2)	E_m (N/mm^2)	f_t (N/mm^2)
R10	667 (12.7)	76.91 (1.9)	22.3 (2.2)	11.9 (0.9)	3706 (256.6)	0.13 (0.007)
R30	605 (17.0)	87.82 (5.5)	20.3 (2.1)	12.5 (2.8)	4137 (1049)	0.09 (0.030)
R50	559 (36.8)	107.2 (8.7)	23.3 (0.5)	8.6 (0.4)	1645 (192)	0.07 (0.005)
R70	542 (23.9)	112.3 (6.3)	21.5 (1.4)	6.1 (0.2)	1376 (30.5)	0.03 (0.005)
SR EN 312 (2004)			14 ^c	11.5 ^a	1600 ^b	0.24 ^a

^a Valoarea minimă pentru panouri de uz general (P1)

^b Valoarea minimă pentru panouri destinate fabricării mobilei (P2)

^c Valoarea maximă pentru panouri rezistente la apă (P3)

() Valorile din paranteză reprezintă abaterea standard.

A – absorbția de apă și G_t – umflarea la grosime după 24 h de imersie în apă (SR EN 317- 1996), în %;

f_m – rezistența la încovoiere și E_m – modulul de elasticitate (SR EN 310 -1996), în N/mm^2 ;

f_t – coeziunea internă (SR EN 319 - 1997), în N/mm^2 .

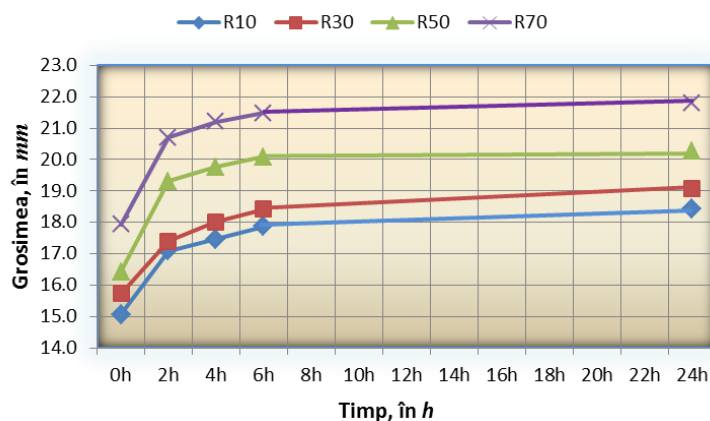


Fig. 1.24. Evoluția umflării în grosime pentru epruvetele biocompozitelor din așchii de lemn și particule din tulpini de rapiță în diverse procente de participare

Evoluția umflării la grosime a fost urmărită la intervale mai scurte de timp, respectiv la 2 h, 4 h și 6 h, iar în final la 24 h și este prezentată în graficul din figura 1.24.

Din graficul de mai sus se poate observa că umflarea la grosime a epruvetelor a înregistrat o dinamică mai mare în primele patru ore de imersie în apă, după acest interval creșterile în grosime fiind mai lente.

Spre deosebire de panourile din coji de semințe de floarea soarelui, ale căror rezultate experimentale sunt prezentate în subcapitolul 1.2.2. al lucrării, atât absorbția de apă, cât și umflarea la grosime în cazul panourilor cu particule din tulpini de rapiță au înregistrat valori mai mari, deși s-a adăugat în rețetă parafina, care are rolul de a mări rezistența la apă a structurii.

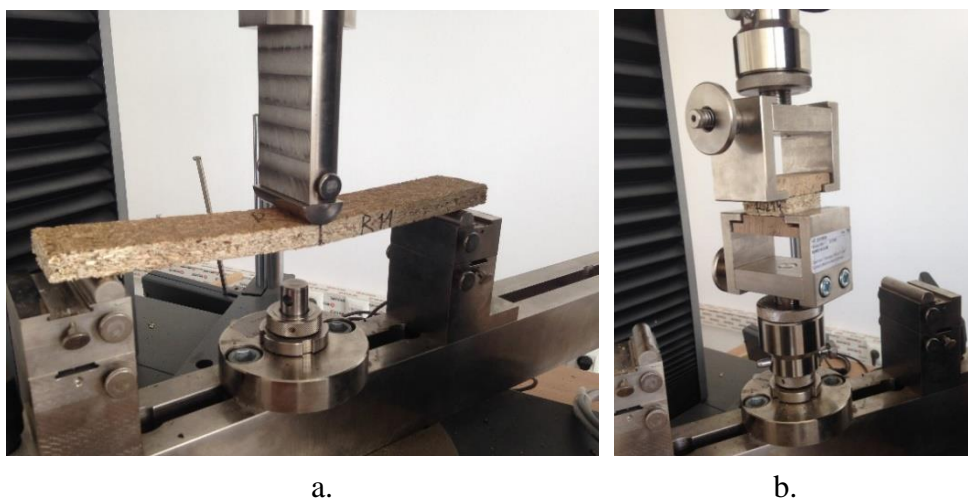


Fig. 1.25. Testarea caracteristicilor mecanice ale epruvetelor; a. – rezistența la încovoiere (f_m) și modulul de elasticitate (E_m) conform SR EN 310 – 1996; b. – coeziunea internă (f_t) conform SR EN 319 – 1997

1.4. Concluzii

Din rezultatele experimentale prezentate în Capitolul 1 al acestei lucrări se pot trage următoarele **concluzii**:

- *deșeurile agricole rezultate din industria de fabricare a uleiului, respectiv cojile de semințe de floarea soarelui și tulpinile de rapiță, pot fi utilizate pentru fabricarea panourilor din aşchii cu structură clasică, utilizând adezivi ureo-formaldehidici (UF) și adezivi poliuretanici.*
- *rezultatele experimentale înregistrate până acum pentru rezistențele mecanice ale biocompozitelor investigate, nu recomandă aceste panouri pentru utilizarea lor în structura de rezistență a mobilierului (pereți laterali, polițe), ci pentru panouri ale*

fronturilor acestuia (uși și fețe de sertar), sau pentru amenajări interioare, în placarea pereților și tavanului, datorită bunei lor capacități de izolare termică și anume $\lambda = 0.070 \div 0.079 \text{ W/mK}$ comparativ cu $0.10 \text{ W/mK} \div 0.17 \text{ W/mK}$ pentru lemn (Simpson și TenWolde, 1999).

- având în vedere rezultatele bune ale coeziunii interne (f_i) obținute pentru unele structuri ale biocompozitelor realizate din coji de semințe de floarea soarelui și valorile bune ale rezistenței la încovoiere (f_m) și modulului de elasticitate (E_m) obținute pentru unele structuri cu particule din tulpini de rapiță (10 %, respectiv 30 % procent de participare), se poate încerca, în cercetări viitoare, investigarea biocompozitelor cu structuri combinate între așchii de lemn, coji de semințe de floarea soarelui și particule din tulpini de rapiță, care ar putea aduce rezultate satisfăcătoare în dezideratul de a produce panouri din așchii de lemn utilizabile la fabricarea mobilierului, cu resurse alternative din deșeuri agricole.
- o altă problemă, care nu a fost investigată în cercetările prezentate în acest capitol, este emisia de formaldehidă a acestor biocompozite, care nu trebuie să depășească valoarea limită de $3.5 \text{ mg/m}^2\text{h}$ (conform standardului EN 717-2). Din studiile teoretice efectuate, a rezultat faptul că un aport de biomasă vegetală în structura unor biocompozite din așchii, influențează pozitiv emanația de formaldehidă (Pirayesh et al, 2013). În cercetările efectuate până în prezent, cu o cantitate mai mare de adeziv în compoziția biocompozitelor (14 % - 16 % din masa de substanță uscată față de normalul de 8 % - 12 %), teoretic ar trebui să rezulte panouri cu emanație mare de formaldehidă. Este posibil, însă, ca aportul de deșeuri agricole să mai reducă din această emisie, dar acest subiect deschide o nouă cale de investigare.
- cercetările prezentate în acest capitol dovedesc faptul că este posibilă utilizarea unor materiale alternative pentru lemn în compoziția panourilor din așchii de lemn (PAL). S-au utilizat doar două resurse din deșeuri agricole, dar lista este deschisă. Se pot investiga resursele generate de curățarea viilor și pomilor fructiferi, deșeurile din industria alimentară (coji de nuci, de alune), sau rezervele de stuf din Delta Dunării. Pot fi testate amestecuri, care în final să ducă la rezultate performante.
- posibilitatea de șlefuire și furniruire a biocompozitelor din coji de semințe de floarea soarelui, dovedită prin încercările efectuate în condiții de laborator, deschid calea investigării unor compozite tip sandwich, care să folosească aceste panouri drept miez.

Pentru o concluzie finală se vor compara rezultatele obținute pentru biocompozitele prezentate în acest capitol cu valorile obținute la testări de către panourile produse în regim industrial: pentru PAL, ca plăci de interior, de către *S.C. Kastamonu S.A.* Reghin și OSB pentru plăci de exterior, produse de *EGGER* România. Rezultatele obținute pentru structurile de interior (realizate cu adezivi ureo-formaldehidici) sunt prezentate în figurile 1.26 și 1.27.

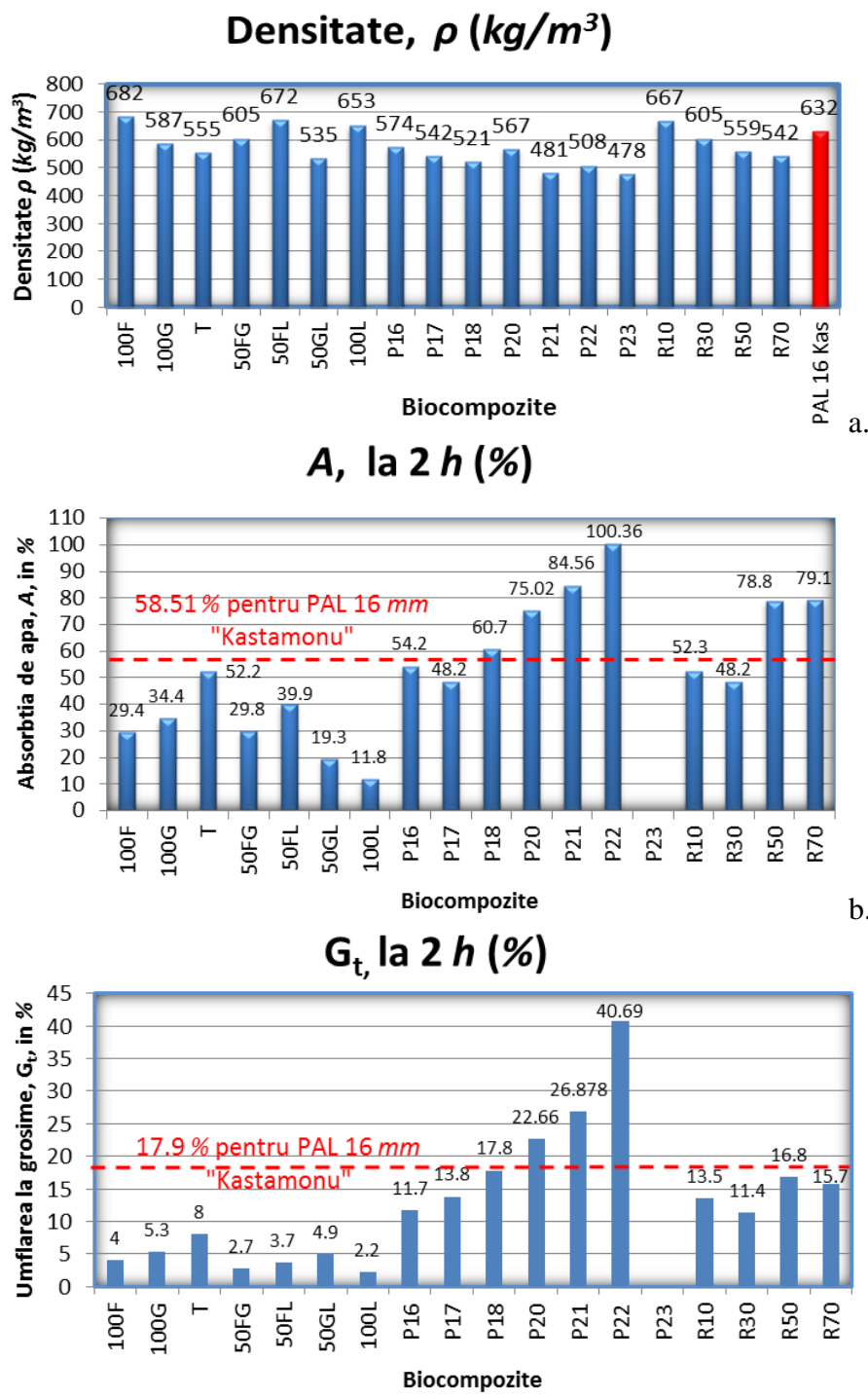


Fig. 1.26. Proprietățile fizice ale biocompozitelor de interior comparativ cu determinările pentru PAL 16 mm de la *S.C. Kastamonu* Reghin S.A.; a – densitatea, în kg/m^3 ; b – absorbția de apă la 2 h, în %; c – umflarea în grosime, la 2 h, în %

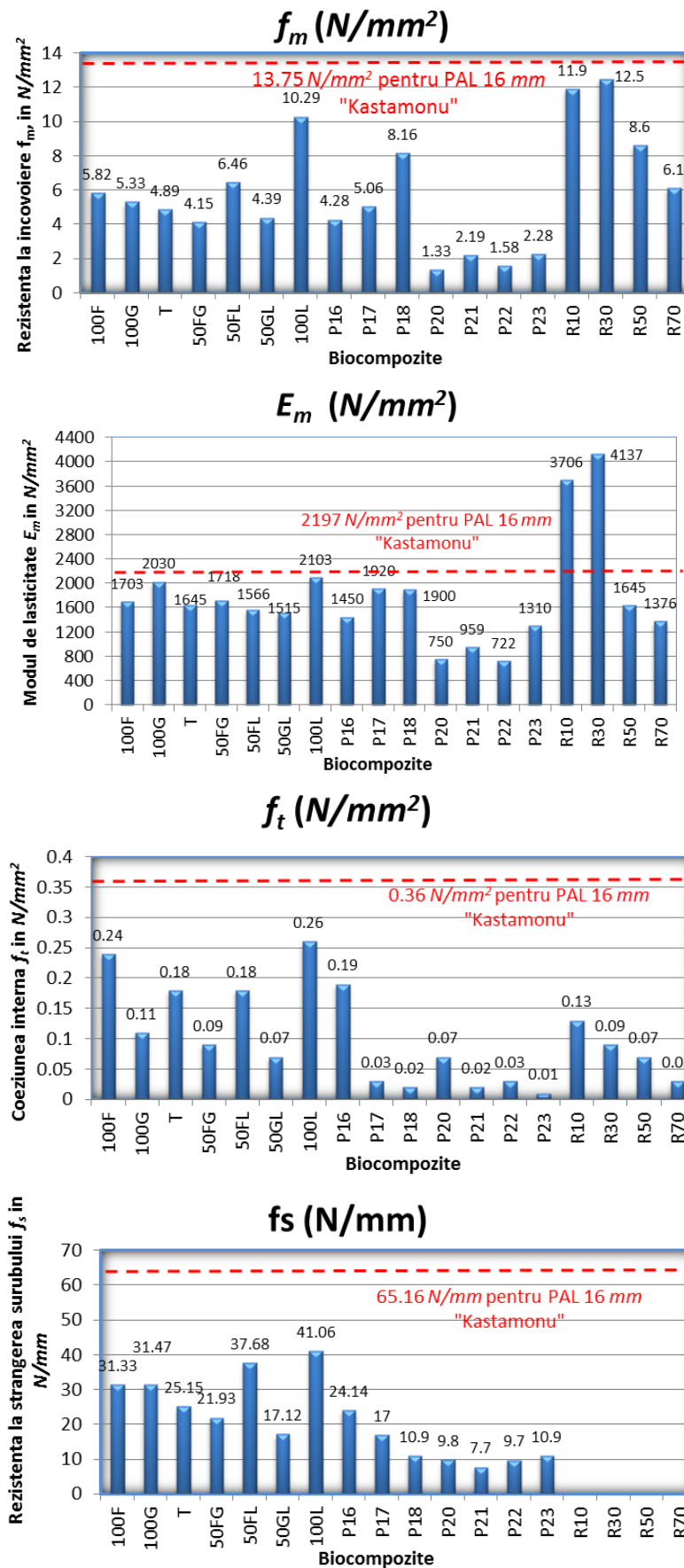


Fig. 1.27. Proprietățile mecanice ale biocompozitelor de interior comparativ cu determinările pentru PAL 16 mm de la S.C. Kastamonu Reghin S.A

Din graficele din figurile 1.26 și 1.27, comparativ cu rezultatele obținute la PAL-ul de 16 mm de la producătorul S.C. KASTAMONU S.A., luat ca referință, panourile cu așchii din tulpini de rapiță în proporție de 10 % (R10), respectiv 30 % (R30) se remarcă prin densități apropiate celui de referință, rezultate mai bune la imersia în apă (exprimată prin A și G_t), valorile cele mai bune la încovoiere (exprimate prin E_m și f_m), însă sub limita celor de referință, dar destul de apropiate de acestea, fiind dezavantajate de rezultatele slabe la coeziune internă (f_i), unde rezultate mai bune au obținut structurile cu 100 % particule fine din floarea soarelui, respectiv 100F și P16. Rezultate slabe s-au obținut și pentru testul de rezistență la smulgere a șuruburilor, (f_s), pentru toate biocompozitele.

O concluzie importantă a acestor rezultate:

- pentru cercetările viitoare se poate încerca o combinație între așchiile de rapiță și particulele fine de floarea soarelui, primele fiind benefice rezistenței la încovoiere, iar particulele fine de floarea soarelui influențând pozitiv coeziunea internă.

În graficele din figurile 1.28 și 1.29 sunt prezentate comparațiile proprietăților fizice și mecanice ale biocompozitelor realizate cu adezivi de exterior cu cele ale panourilor de OSB 16 mm realizate de firma EGGER S.A România.

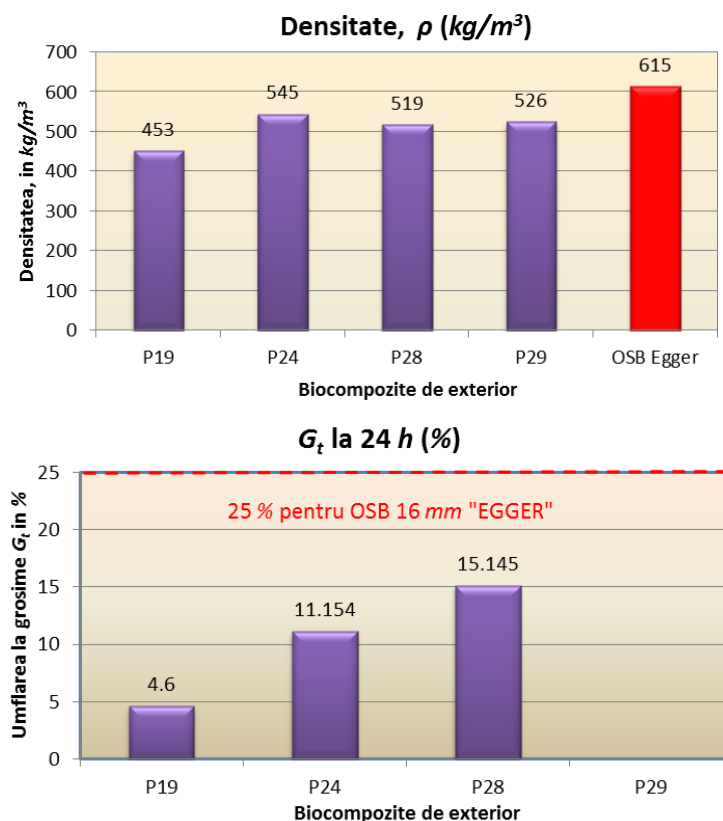


Fig. 1.28. Proprietățile fizice ale biocompozitelor de exterior comparativ cu determinările pentru OSB 16 mm de la producătorul EGGER România

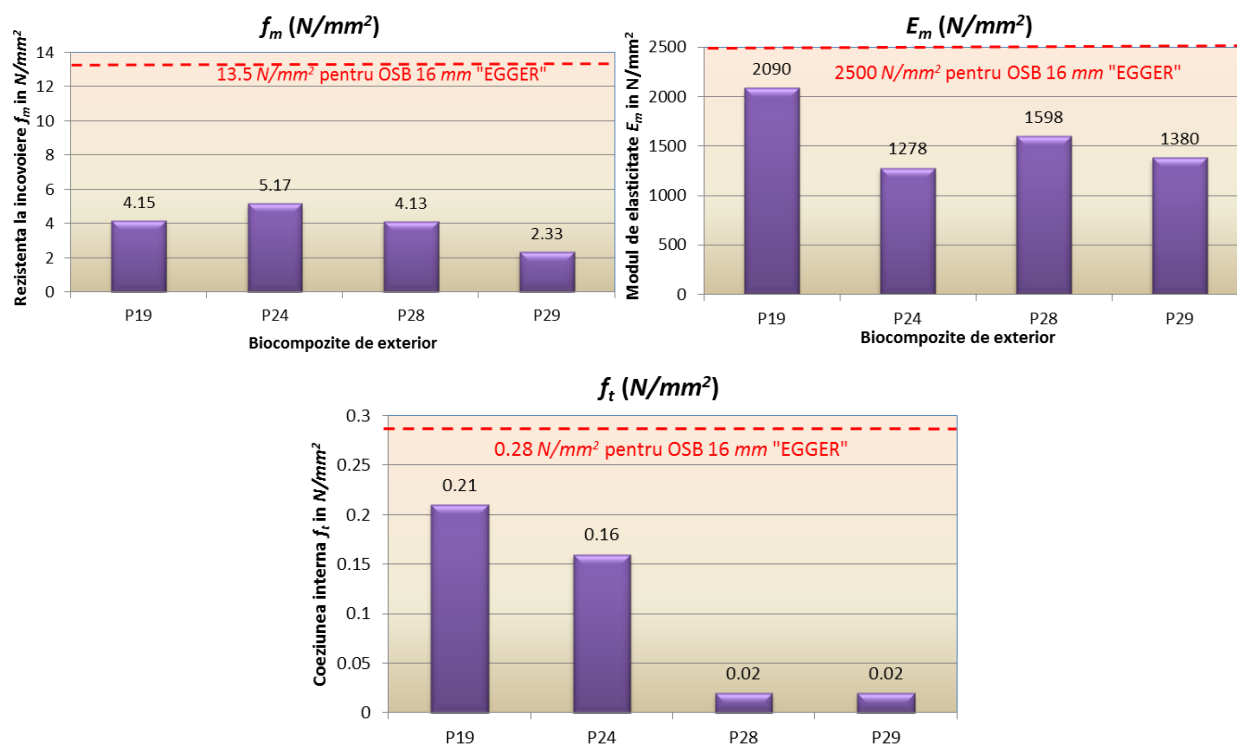


Fig. 1.29. Proprietățile mecanice ale biocompozitelor de exterior comparativ cu determinările pentru OSB 16 mm de la producătorul EGGER România

Structurile analizate, numai din coji de semințe de floarea soarelui, se încadrează sub valorile luate ca referință din sectorul industrial pentru OSB 16 mm. Valorile mai bune le-a obținut panoul P19, care are și cea mai scăzută densitate. **Este posibil ca prin creșterea densității acestei structuri să crească și rezistențele mecanice.** Cercetările pot continua și pentru structurile cu rapiță.

O parte din rezultatele prezentate în acest capitol au fost valorificate astfel:

- publicarea unui (1) articol ISI (ca prim autor), în jurnalul *BioResources* 10(1), 1127-1136 din 2015, cu **factor de impact 1.549** (Coșereanu *et al*, 2015);
- două (2) cereri de brevet de invenție (una ca prim autor), ale căror rezumate au fost publicate în *BOPI 5/2015– Secțiunea Invenții* și pe <http://worldwide.espacenet.com>:
 - CBI A/00889/19.11.14 (BI RO 130258 A0), intitulat „Panou tristratificat din particule și coji de semințe de floarea soarelui pentru utilizări în interior și procedeu de obținere”
 - CBI A/00888/19.11.14 (BI RO 130259 A0), intitulat „Plăci ecologice din deșeuri de floarea soarelui destinate plăcilor exterioare și procedeu de obținere”

CAPITOLUL 2. CERCETĂRI PRIVIND POSIBILITATEA OBȚINERII UNOR BIOCOMPOZITE FĂRĂ ADEZIV

2.1. Stadiul actual al cercetărilor privind biocompozitele cu emisie redusă de formaldehidă

Preocuparea cercetătorilor de a reduce emanația de formaldehidă din compoziția panourilor clasice de aşchii de lemn s-a îndreptat în primul rând către modificarea adezivilor. Una dintre resursele exploatare în această direcție au fost cele de leșie neagră, rezultate ca deșeu în urma procesului de fabricare a celulozei și hârtiei (Gavrilescu și Crăciun, 2012). Leșia neagră este soluția reziduală obținută la fierberea materiei prime, în vederea obținerii pastei celulozice. În resursele vegetale (lemn sau plante anuale), fibrele celulozice sunt unite prin lignină, acestea putând fi separate prin solubilizarea ligninei, ca urmare a unor tratamente chimice sau mecanice. Această operație de delignificare presupune tratamente chimice la temperaturi și presiuni ridicate, în urma cărora se obține pasta celulozică, ce conține $4.5 m^3 - 8 m^3$ de leșie neagră pe tona de celuloză. Pentru separarea ligninei se spală pasta celulozică, urmând un proces de recuperare a reactivilor chimici folosiți în fierberea materiei prime. În acest proces are loc evaporarea leșiei și separarea ligninei. Doar 2 % din lignina obținută în procesul industrial al celulozei și hârtiei se utilizează în alte scopuri decât cele energetice (Yoon *et al*, 2015), așa încât există resurse uriașe de lignină care ar putea fi utilizate în producerea unor biocompozite

O mare parte din încercările de utilizare a ligninei în adezivii pentru lemn s-au concentrat pe substituirea unei părți de adezivi fenol-formaldehidici sau ureo-formaldehidici cu lignină reactivată cu glioxal și hidroxid de sodiu, sau pe utilizarea unor combinații între lignină reactivată și izocianați, scăzând izocianatii procentual de la 10 % la 6 % din masa de substanță uscată (El Mansouri *et al*, 2007; Yoon *et al*, 2015).

Lignina este considerată un compus macro-molecular mult mai reactiv decât celuloza din punct de vedere chimic. Prezența grupărilor hidroxil în lignină permite utilizarea sa parțială ca substituent al fenolului în produși de sinteză. Dacă în cercetările inițiale lignina a fost încorporată în adezivii fenol-formaldehidici, cercetările din ultima vreme au urmărit modificarea chimică a ligninei pentru a-i crește reactivitatea, prin hidroxi-metilare (Malutan *et al*, 2008), sau prin tratarea cu polietilen-glicol, metodă care a modificat temperatura de topire a acesteia, obținându-se rezultate bune pentru o temperatură de 160 °C (Yoon *et al*, 2015).

Modificarea ligninei (sub formă de pudră) cu peroxid de hidrogen în mediu acid și alcalin și utilizarea sa ca adeziv în obținerea unor panouri din aşchii de lemn, a fost cercetată de către unii autori (Hemmilä *et al*, 2013), fără a utiliza alți adezivi. Presând panourile la temperatura de 210 °C, obținând densități ale acestora de 620 kg/m³, cercetătorii nu au obținut rezultate mecanice performante pentru aceste compozite, concluzionând că un adeziv doar pe bază de lignină necesită o abordare cu totul nouă.

Evoluțiile recente din domeniul bio-adezivilor includ adezivi pe bază de tanin, fără compuși sintetici și fără întăritori, adezivi pe bază de proteine, cum ar fi cei pe bază de soia care au căpătat o atenție deosebită în cercetările din ultima vreme. Există de asemenea tendințe de utilizare a adezivilor pe bază de carbohidrați, ca modificatori ai unor adezivi existenți, adezivi bazați pe uleiuri vegetale nesaturate, epoxidate, formarea de compuși de degradare, cum ar fi compușii furanici, care pot fi apoi folosiți ca adezivi pentru lemn, chiar sub formă de lemn lichefiat. O altă metodă nouă utilizată este cea de ozonoliză, sau oxidarea alchenelor cu ozon, prin care se eliberează un adeziv prin auto-condensarea materialului. Mai mult, s-au realizat cercetări privind sudarea lemnului, un proces de frecare mecanică, fără utilizarea vreunui adeziv, în care zona de contact între două suprafețe lemnoase este utilizată ca liant (Pizzi, 2006). În anul 2005, o echipă franco-elvețiană de cercetători, a deschis calea cercetărilor aprofundate privind sudarea lemnului. Aceasta a fost definită ca fiind un procedeu de fricțiune care permite asamblarea pieselor de lemn între ele fără să utilizeze adezivi, fiind avantajos atât din punct de vedere economic, cât și ecologic (Gerber *et al*, 2005). Procedeu de sudare a lemnului este de fapt unul de topire, constând în modificarea celulozei și ligninei, astfel încât să devină termoplastice, să se înmoaie și să se topească la temperatura la care în mod normal s-ar degrada termochimic și s-ar aprinde. Practic, prin fricțiune mecanică, la temperaturi mai mari de 180 °C, caracteristicile ligninei și hemicelulozei se modifică, iar pereții celulelor din lemn intră în faza de „topire”. Lignina transformată joacă rolul de liant, realizând îmbinări fără liant între două suprafețe lemnoase (Pizzi *et al*, 2005).

2.2. Cercetări experimentale privind înlocuirea adezivilor clasici cu lignină

2.2.1. Cercetări experimentale privind înlocuirea adezivilor din compoziția panourilor din aşchii de lemn cu lignină

Având în vedere caracterul termoplastic și de liant al ligninei, explicat în mod special de către specialiștii care au cercetat fenomenul de sudare a lemnului, am considerat oportună încercarea de utilizare a ligninei comerciale sub formă de praf, în stare nemodificată, în realizarea unor panouri din aşchii de lemn, fără a utiliza un alt adeziv, deși rezultatele înregistrate în literatura de specialitate nu au fost încurajatoare (Hemmilä *et al*, 2013).

Pentru aceasta, s-a utilizat lignina comercială PROTOBIND 1000, obținută din plante agricole fibroase, utilizată în prezent pentru a înlocui în proporție de 15 % fenolul în producția industrială a rășinilor fenolice. Producătorul indian al acestui produs, ALM India Pvt. Ltd., îl recomandă și ca posibil înlocuitor (parțial) al rășinii fenol-formaldehidice, considerându-l comparabil ca performanță cu aceste rășini.

În cercetările efectuate până acum, acest produs a fost modificat cu formaldehidă – soluție 37 %, în vederea creșterii reactivității ligninei (Malutan *et al*, 2008).

Caracteristicile acestei lignine comerciale, livrată sub formă de praf, sunt prezentate în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1.

Caracteristicile ligninei PROTOBIND 1000

Conținut în substanță solidă, în %	~ 98
Conținut de cenușă, în %	< 2
pH (10% suspensie apoasă)	~ 4
Temperatura de înmuiere, °C	~ 200
Solubilitate în apă (acidă sau neutră)	-
Solubilitate în soluții alcaline	Foarte mare
Solubilitate în fenol	Foarte mare
Solubilitate în alcool furfurolic	Mare

Pentru cercetarea experimentală s-au utilizat așchii de lemn din procesul industrial (un amestec de 70 % rășinos și 30 % fag), realizându-se biocompozite unistratificate, la care s-a utilizat ca liant lignina PROTOBIND 1000, sub formă de praf, în stare nedizolvată, în diferite procente. Inițial s-a urmărit stabilirea unui timp de presare potrivit, astfel încât, aceleași rețete de panouri au fost testate timp de 10 *min*, respectiv 20 *min*.

Codificarea panourilor, conținutul de așchii de lemn și de lignină, precum și parametrii de presare sunt prezentați în tabelul 2.2. În aceleași condiții cu panourile studiate s-a realizat experimental un panou etalon cu 100 % așchii de lemn și adeziv ureo-formaldehidic.

Panourile au fost fabricate în condiții de laborator, utilizându-se o presă cu platanul de 450 *mm* x 450 *mm*. Acestea au fost formate în rame de PAL cu grosime de 18 *mm*, lungimea și lățimea egale cu 430 *mm*, cu câte 4 cuiburi destinate celor patru rețete diferite, așa cum se poate observa în figura 2.1.

Tabelul 2.2.

Conținutul și parametrii de presare ai biocompozitelor din așchii de lemn și lignină

Cod panou	Conținut așchii lemn, în %	Conținut lignină PROTOBIND 1000, în %	T (°C)	t (min)	p (bar)
10L50	50	50	180	10	30
10L40	60	40	180	10	30
10L30	70	30	180	10	30
10L20	80	20	180	10	30
20L50	50	50	180	20	30
20L40	60	40	180	20	30
20L30	70	30	180	20	30
20L20	80	20	180	20	30
AL100UF	100 %	-	180	6	30

T – temperatura de presare, în °C, ; t – timpul de presare, în min; p – presiunea aplicată la presarea panourilor, în bar.

AL100UF – panou etalon, realizat din 100 % așchii de lemn, adeziv ureo-formaldehidic 12 % din masa de substanță uscată, 5 % apă, 1 % clorură de amoniu, 1 % parafină.

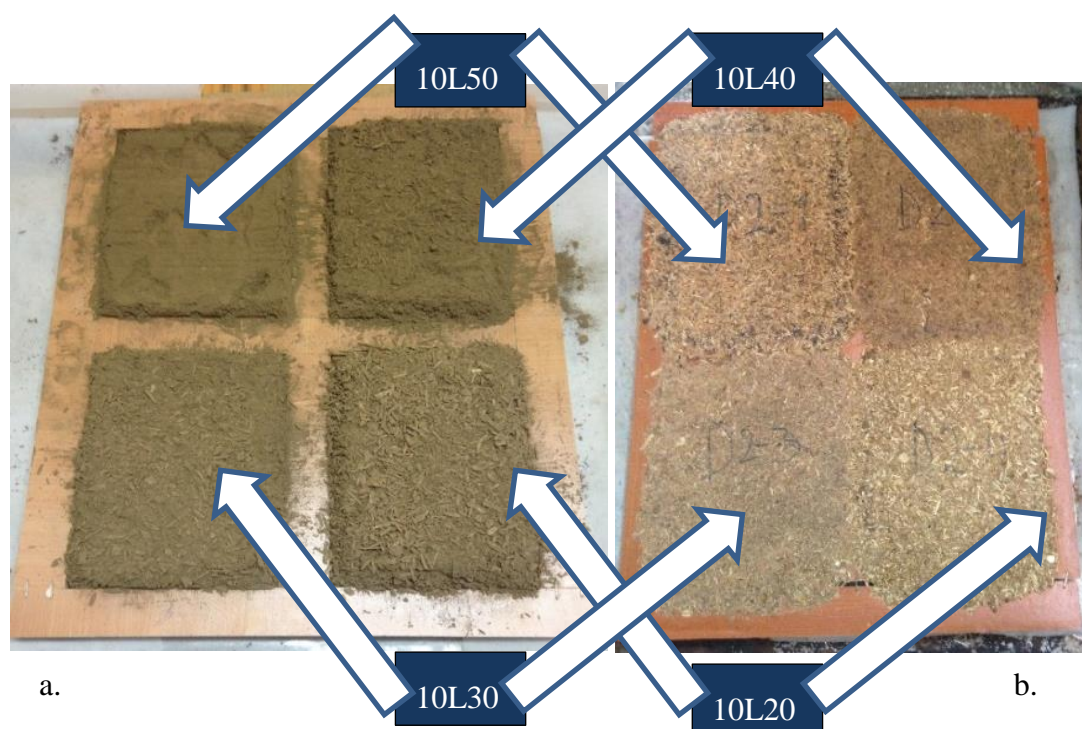


Fig.2.1. Realizarea panourilor pentru testarea la coeziune internă și umflare la grosime după 24 ore de imersie în apă; a. – înainte de presare; b. – după presare

Au fost realizate câte două panouri din fiecare tip, condiționate timp de șapte zile la temperatura de 20 °C și umiditatea relativă a aerului de 65 % și debitate în epruvete pentru testarea la coeziune internă f_t (SR EN 319 – 1997) și umflarea la grosime G_t după imersie în apă timp de 24 h (SR EN 317 – 1996), după metodologia prezentată în această lucrare la subcapitolul 1.2.2. Din experiența acumulată în cercetările anterioare, s-a considerat coeziunea internă f_t o caracteristică critică a biocompozitelor, motiv pentru care, în cercetările preliminare efectuate în investigarea ligninei ca și posibil liant în structura panourilor din aşchii de lemn, s-a determinat experimental doar această caracteristică mecanică.

Tabelul 2.3.

Rezultatele experimentale privind proprietățile fizice și mecanice ale biocompozitelor din amestec de aşchii din lemn și lignină

Tip	Densitate, ρ , (kg/m ³)	A 24 h (%)	G_t 24 h (%)	f_t (N/mm ²)
10L50	840 (30.4)	88.06 (1.37)	44.90 (2.75)	0.18 (0.010)
10L40	800 (18.2)	89.08 (8.5)	28.11 (2.4)	0.12 (0.015)
10L30	821 (38.3)	91.2 (8.2)	25.3 (1.5)	0.14 (0.04)
10L20	832 (25.8)	93.3 (5.6)	29.5 (2.4)	0.27 (0.09)
20L50	808 (54.4)	60.1 (5.7)	13.27 (0.72)	0.27 (0.09)
20L40	801 (26.8)	83.03 (12.6)	30.99 (8.96)	0.29 (0.11)
20L30	858 (25.4)	72.8 (8.7)	25.07 (5.63)	0.27 (0.04)
20L20	735 (20.5)	119.7 (5.06)	48.99 (3.29)	0.25 (0.02)
AL100UF	829 (19.5)	-	-	0.52 (0.15)
SR EN 312 (2004)			14 ^c	0.24 ^a
^a Valoarea minimă pentru panouri de uz general (P1); ^b Valoarea minimă pentru panouri destinate fabricării mobilei (P2); ^c Valoarea maximă pentru panouri rezistente la apă (P3); () Valorile din paranteză reprezintă abaterea standard.				
A - absorbția de apă și G_t - umflarea la grosime după 24 h de imersie în apă (SR EN 317- 1996), în %; f_t - coeziunea internă (SR EN 319 - 1997), în N/mm ² .				
AL100UF – panou etalon, realizat din 100 % aşchii de lemn, adeziv ureo-formaldehidic 12 % din masa de substanță uscată, 5 % apă, 1 % clorură de amoniu, 1 % parafină.				

Metoda de fabricare a biocompozitelor, echipamentele de testare, numărul și dimensiunile epruvetelor se mențin ca și în cercetările anterioare, prezentate în capitolul 1 al lucrării de față. Rezultatele experimentale obținute sunt prezentate în tabelul 2.3.

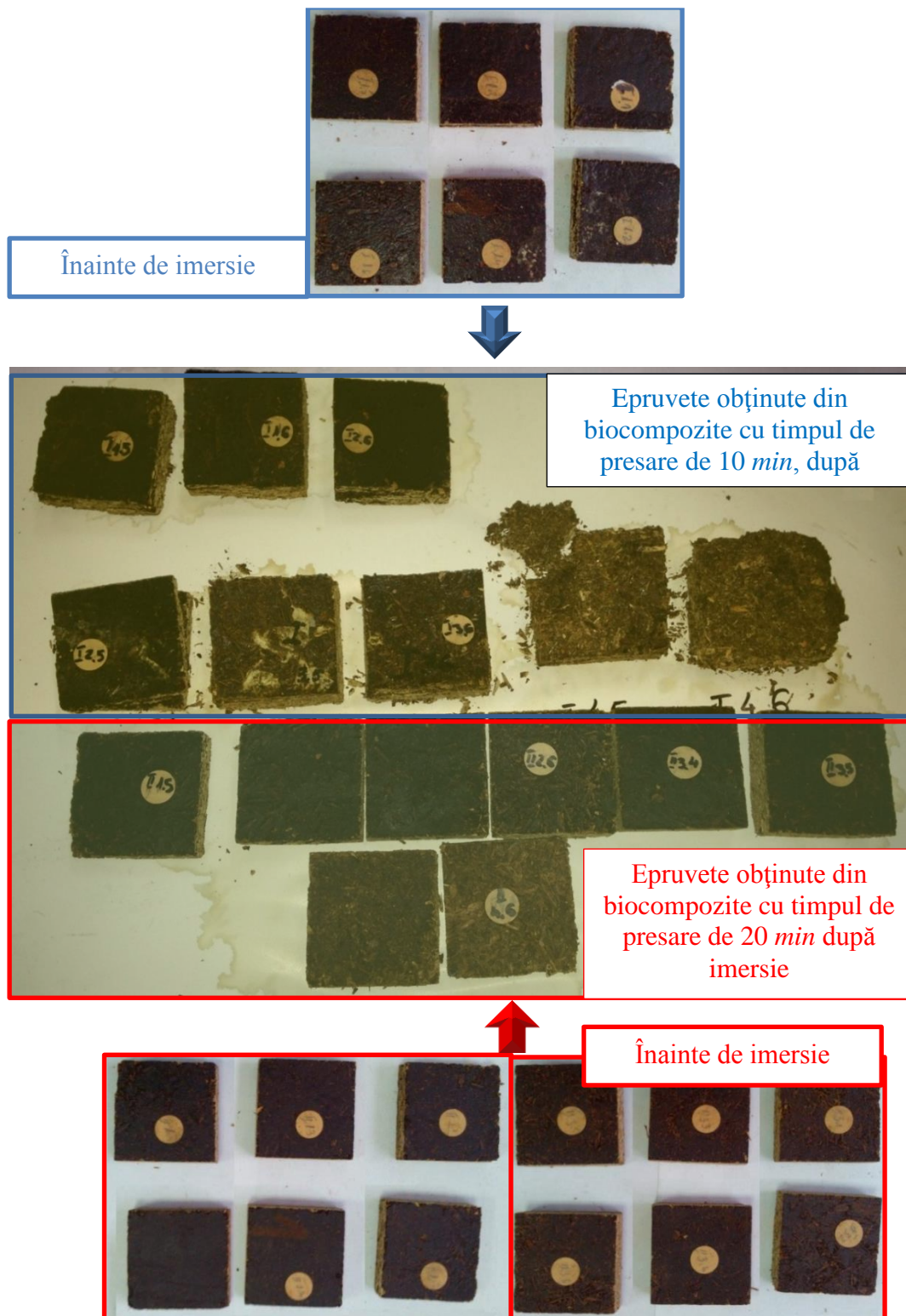
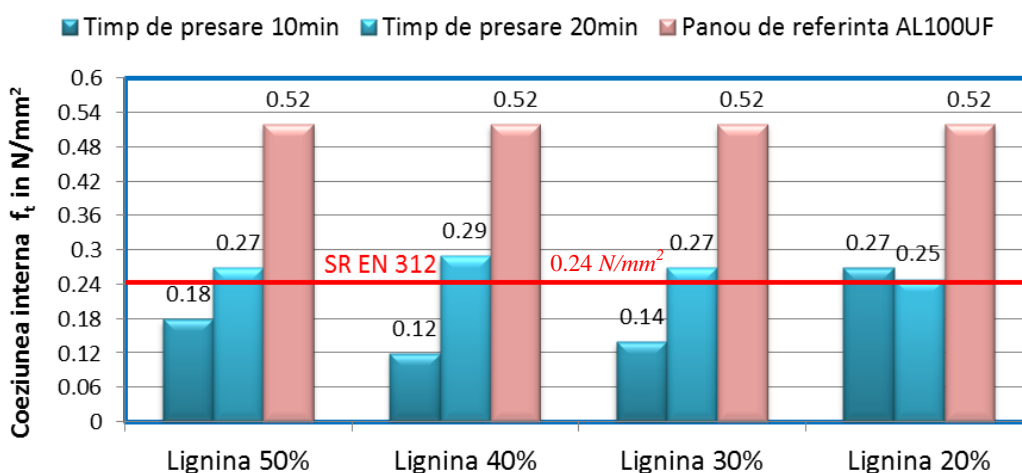


Fig. 2.2. Epruvetele din aşchii de lemn și lignină în diverse proporții, înainte și după imersia în apă timp de 24 h

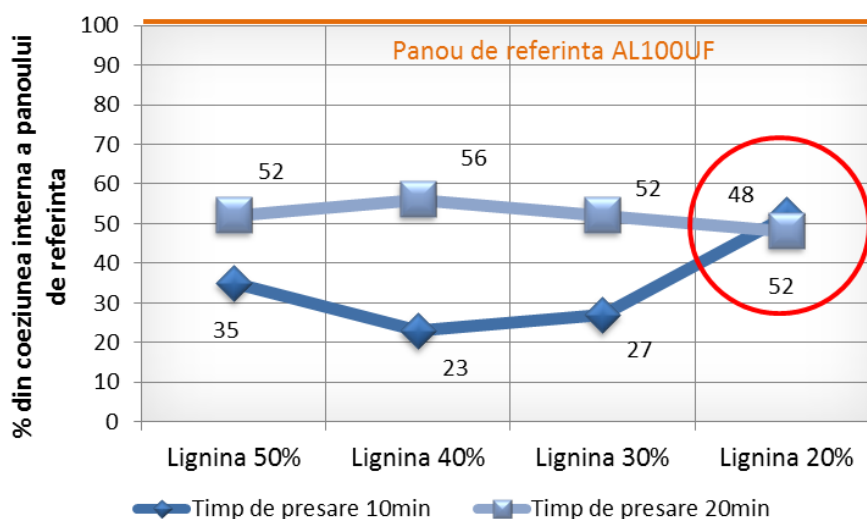
Panoul etalon AL100UF a fost realizat în aceleași condiții, din același tip de așchii, utilizând adezivul ureo-formaldehidic U1CL KAS pentru încheiere.

Se poate observa din datele înregistrate în figura 2.3 că timpul de presare influențează valorile coeziunii interne f_t , pentru timpul de presare de 20 min înregistrându-se valori mai mari decât pentru cel de 10 min și foarte apropiate ca valoare, indiferent de proporția de lignină din compoziție.

În ceea ce privește absorbția de apă A și umflarea la grosime G_t , timpul de presare nu a influențat esențial valorile, acestea fiind mari în ambele cazuri. Singulele epruvete care au îndeplinit condițiile din SR EN 312 – 2004 sunt cele cu un conținut de lignină de 50 % și numai pentru un timp de presare de 20 min. Imagini cu epruvetele supuse la imersie în apă timp de 24 h, sunt prezentate în figura 2.2.



a.



b.

Fig. 2.3. Compararea rezultatelor înregistrate pentru coeziunea internă la panourile cu lignină, în funcție de procentul de participare al ligninei și timpul de presare, cu panoul de referință din așchii de lemn; a. – ca valoare; b. – procentual din valoarea panoului de referință

Lignina a acționat ca un adeziv termoplast, „topindu-se” la temperatura de 180 °C, și s-a constituit într-un liant puternic, realizând o coeziune internă acceptabilă pentru toate panourile realizate în regim experimental. Comparând coeziunea internă a panourilor cu lignină cu un panou de referință realizat prin încleierea așchiilor cu un adeziv ureo-formaldehidic (Fig. 2.3), se poate observa că valorile obținute sunt aproximativ de două ori mai mici pentru un timp de presare de 20 *min* și variază foarte mult pentru un timp de presare de 10 *min* (de la 23 % la 52 % din valoarea coeziunii panoului de referință). Valorile coeziunii interne f_i pentru panourile cu lignină, presate timp de 20 *min*, se încadrează toate în limita minimă impusă de standardul SR EN 312 – 2004, de 0.24 N/mm^2 .

Valori apropiate pentru coeziunea internă f_i , în cazul panourilor cu lignină, s-au înregistrat pentru cele cu un conținut de lignină de 20 %, pentru ambele variante de presare (cu timp de presare de 20 *min*, respectiv 10 *min*), ambele valori încadrându-se în cerințele standardului SR EN 312 – 2004. Ținând cont și de faptul că valorile obținute pentru coeziunea internă f_i în cazul unui timp de presare de 20 *min* sunt foarte apropiate, se poate concluziona că utilizarea unui procent de 20 % lignină este suficient pentru îndeplinirea condițiilor cerute pentru această caracteristică mecanică.

Din cercetarea efectuată asupra rezistenței la apă pentru biocompozitele lemn-lignină, s-a constatat că aceasta este destul de scăzută, unele epruvete, din cele presate timp de 10 *min* dezintegrându-se după imersie timp de 24 *h*. Pentru îmbunătățirea acestei proprietăți, s-a investigat comportamentul panourilor la imersie în apă timp de 24 *h*, după introducerea în rețetă a unui material termoplast, ABS (acrilonitril-butadien-stiren), al cărui punct de topire este de 105 °C. Structura acestor panouri și parametrii de presare sunt prezentați în tabelul 2.4.

Tabelul 2.4.

Structura și parametrii de presare pentru biocompozitele din amestec de așchii de lemn, lignină și ABS

Cod panou	Conținut așchii lemn, în %	Conținut, în %		T (°C)	t (min)	p (bar)
		Lignină	ABS			
L20	80	20	-	180	10	30
L10	90	10	-	180	10	30
L20ABS	80	10	10	180	10	30
L10ABS	90	5	5	180	10	30

T – temperatura de presare, în °C;

t – timpul de presare, în *min*;

p – presiunea aplicată la presarea panourilor, în *bar*.

S-au realizat panouri experimentale, în condiții de laborator identice cu cele prezentate în capitolul anterior. Pentru a observa influența ABS-ului asupra proprietăților de absorbție a apei, în cel de-al doilea set de probe, jumătate din cantitatea de lignină a fost înlocuită cu particule fine de ABS.

Au fost realizate câte două panouri din fiecare tip, condiționate timp de șapte zile la temperatura de 20 °C și umiditatea relativă a aerului de 65 % și debitate în epruvete pentru testarea la coeziune internă f_t (SR EN 319 – 1997) și umflarea la grosime G_t , după imersie în apă timp de 24 h (SR EN 317 – 1996), după metodologia prezentată în această lucrare la subcapitolul 1.2.2.

Panourile au fost formate în rame cu patru cuiburi, ca în figura 2.1. ABS-ul utilizat a rezultat ca deșeu industrial de la fabricarea mobilierului din panouri de PAL cașerat sau melaminat, în urma operației de nivelare a cantului de ABS, după aplicarea acestuia, prezentându-se sub forma unor particule fine, analizate în prezenta lucrare în capitolul 3.

Rezultatele experimentale obținute pentru panourile fabricate conform specificațiilor din tabelul 2.4, sunt prezentate în tabelul 2.5.

Tabelul 2.5.

Rezultatele experimentale privind influența adaosului de ABS asupra caracteristicilor panourilor din așchii de lemn și lignină

Tip	Densitate, ρ , (kg/m^3)	A 24 h (%)	G_t 24 h (%)	f_t (N/mm^2)
L20	611 (37.7)	98.10 (7.8)	22.90 (2.3)	0.04 (0.020)
L10	542 (0.61)	124.9 (1.36)	35.17 (1.2)	0.02 (0.010)
L20ABS	589 (12.3)	123.6 (15.2)	36.3 (1.9)	0.04 (0.010)
L10ABS	521 (23.5)	133.3 (12.6)	49.5 (2.1)	0.01 (0.01)
SR EN 312 (2004)			14 ^c	0.24 ^a
^a Valoarea minimă pentru panouri de uz general (P1); ^b Valoarea minimă pentru panouri destinate fabricării mobilei (P2); ^c Valoarea maximă pentru panouri rezistente la apă (P3); () Valorile din paranteză reprezintă abaterea standard.				
A - absorbția de apă și G_t - umflarea la grosime după 24 h de imersie în apă (SR EN 317- 1996), în %;				
f_t - coeziunea internă (SR EN 319 - 1997), în N/mm^2 .				

Se poate observa din datele înregistrate în tabelul 2.5 că aportul de ABS în compoziția panourilor cu așchii de lemn și lignină nu influențează rezistența la coeziune internă (f_t), pe de-o

parte, dar nici nu crește rezistența la absorbția de apă (A), așa cum ne-am fi așteptat, acesta fiind un material termoplast care nu absoarbe apă.

Explicația ar putea fi dată corelând densitatea (ρ) cu cele două mărimi care caracterizează rezistența la absorbția de apă: absorbția de apă (A) și umflarea la grosime după 24 h de imersie în apă (G_t). Prin aportul de ABS în compoziția panourilor se remarcă o scădere a densității acestora, deci o creștere a porozității lor, care favorizează absorbția de apă, producând atât o creștere a masei de apă absorbite, cât și o creștere în grosime a epruvetelor analizate. Mai mult, epruvetele cu ABS s-au dezintegrat aproape după 24 h de imersie, așa cum se poate observa în figura 2.4.



Fig. 2.4. Epruvete cu structura dezintegrată după imersie în apă timp de 24 h

Obiectivul acestei cercetări, fiind obținerea de biocompozite cu emanație ultra-săzută de formaldehidă, s-a determinat în continuare emanația de formaldehidă pentru două tipuri de structuri, prezentate în tabelul 2.6, ale căror imagini sunt prezentate în figura 2.5

Tabelul 2.6.

Structura și parametrii de presare pentru biocompozitele din amestec de aşchii de lemn și lignină, pentru determinarea experimentală a emanației de formaldehidă

Cod panou	Conținut aşchii lemn, în %	Conținut de lignină, în %	T ($^{\circ}C$)	t (min)	p (bar)
F1	80	20	180	10	30
F2	50	50	180	10	30

T – temperatura de presare, în $^{\circ}C$;

t – timpul de presare, în min ;

p – presiunea aplicată la presarea panourilor, în bar .

Emanția de formaldehidă s-a determinat prin metoda gazului, conform standardului SR EN 717 – 2004. Conform acestui standard, cele două epruvete cu dimensiuni de 300 mm x 300 mm x 16 mm au fost închise într-o cameră închisă termostată și străbătută de un curent de aer. Aldehida formică emanată de epruvete și diluată în aerul din interiorul camerei iese împreună cu acesta în vase de spălare cu apă, absorbind aldehida formică emanată. La sfârșitul determinării, concentrația de aldehydă este stabilită fotometric, iar emanția de aldehydă formică se calculează, plecând de la această concentrație, de la durata încercării și de la suprafața expusă a epruvetei și se exprimă în mg/m²h.

Conținutul de aldehydă formică se calculează cu relația 2.1:

$$c(HCHO) = (V_0 - V) \cdot 15 \cdot c(Na_2S_2O_3) \cdot 1000/20, \text{ în } mg/l \quad (2.1)$$

în care $c(HCHO)$ este concentrația de aldehydă formică, în mg/l;

$c(Na_2S_2O_3)$ - concentrația de tiosulfat, în mol/litru;

V - volumul de soluție de tiosulfat, în ml;

V_0 - volumul de soluție de tiosulfat în proba martor, în ml.

Valoarea de analiză a gazului G_i se determină la intervale de o oră și se calculează cu relația 2.2:

$$G_i = \frac{(A_s - A_B) \cdot f \cdot V}{F}, \text{ în } mg/m^2h \quad (2.2)$$

în care G_i este conținutul de aldehydă formică al soluției din fiecare prelevare orară, în miligrame împărțite la aria feței neetanșate expuse;

i - prima, a doua, a treia, a patra oră;

A_s - absorbția soluției din vasele de spălare;

A_B - absorbția apei distilate;

f - panta curbei de etalonare a soluției etanol de aldehydă formică, în mg/ml;

F - suprafața neetanșată, în m²;

V - volumul balonului, în ml.

Valoarea medie de analiză a gazului G_m , s-a calculat cu relația 2.3.

$$G_m = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + G_4}{4}, \text{ în } mg/m^2h \quad (2.3)$$

în care G_m este valoarea medie de analiză a gazului epruvetei, în mg/m²h.

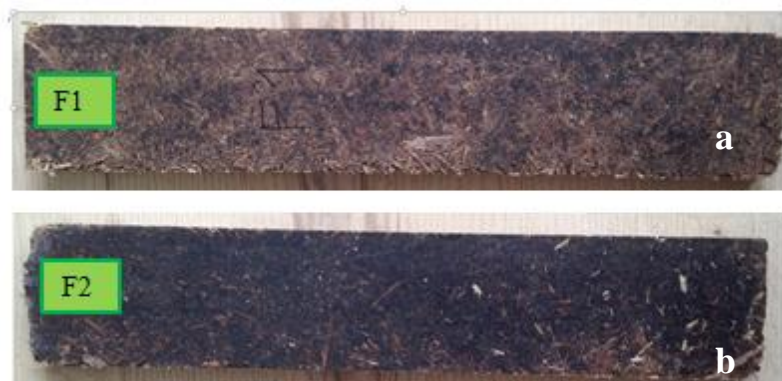


Fig. 2.5. Epruvetele pentru determinarea emanației de formadehidă; a. – cu un conținut de 20 % lignină; b. – cu un conținut de 50 % lignină.

Rezultatele obținute pentru cele două epruvete sunt prezentate în tabelul 2.7.

Tabelul 2.7.

Rezultatele evaluării emanației de formaldehidă prin metoda gazului

	Epruveta F1	Epruveta F2
<i>G1 (1h)</i>	1.32	0.82
<i>G2 (2h)</i>	0.92	0.63
<i>G3 (3h)</i>	0.66	0.49
<i>G4 (4h)</i>	0.50	0.36
Emanația de formaldehidă în mg/m^2h	0.85	0.57
Valoarea limită (conform SR EN 717-2004): $3.5 mg/m^2h$		

2.2.2. Cercetări experimentale privind utilizarea deșeurilor agricole în realizarea de biocompozite fără adezivi

Dacă în capitolul 1 al acestei lucrări am dovedit că se pot utiliza deșeuri agricole ca materiale alternative pentru așchiile de lemn din compoziția panourilor din așchii de lemn (PAL), în continuare obiectivul cercetării este acela de a înlocui adezivii clasici, care se caracterizează prin emisii de formaldehidă, cu lignina, care a dat rezultate bune în cercetările anterioare cu structuri din așchii de lemn, prezentate în subcapitolul 2.2.1.

În acest sens s-au utilizat aceleași două resurse de deșeuri agricole ca în cercetarea precedentă și anume coji de semințe de floarea soarelui și tulpini de rapiță, în aceleași condiții de fracționare a particulelor.

Pentru formarea panourilor s-au utilizat rame cu trei cuiburi, așa cum se poate observa în figura 2.6, a și b pentru a obține fâșii cu dimensiunile de $310\text{ mm} \times 60\text{ mm} \times 12\text{ mm}$, din care s-au debitat atât epruvete pentru determinarea rezistenței la încovoiere f_m și a modulului de elasticitate E_m (SR EN 310 – 1996), cât și a coeziunii interne f_t (SR EN 319 – 1997), aceste caracteristici fiind considerate ca și critice în cercetările anterioare privind biocompozitele din coji de semințe de floarea soarelui. După formatizare, au rezultat epruvete închise la culoare (Fig. 2.6, c.), durata de presare fiind în acest caz de 20 min , în aparență compacte, așa cum a rezultat din analiza vizuală a cantului (Fig. 2.6, d).

În fiecare cuib al aceleiași rame s-au format epruvete cu rețete diferite, astfel încât comparația lor să se poată realiza cu precizie cât mai mare, la parametri identici de presare.

S-au realizat trei asemenea panouri, iar epruvetele rezultate s-au formatizat inițial pentru încovoiere, apoi pentru coeziune internă.

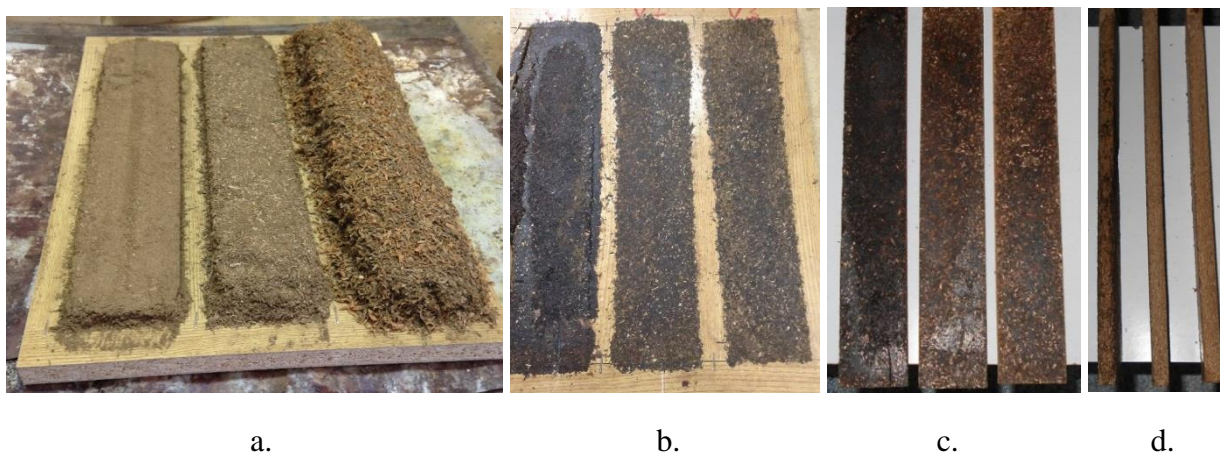


Fig. 2.6. Realizarea experimentală a epruvetelor de investigare a biocompozitelor cu particule din coji de semințe de floarea soarelui și lignină; a. – formarea epruvetelor în cele trei cuiburi; b. – rama cu cele trei cuiburi, după presare; c. – epruvetele formatizate pentru încovoiere; d. – cantul epruvetelor obținute

Structura biocompozitelor cu particule de semințe de floarea soarelui și lignină este prezentat în tabelul 2.8. Așa cum se poate observa, în cea de-a treia structură s-a introdus și ABS-ul, pentru a studia influența acestuia asupra proprietăților mecanice ale epruvetelor rezultate.

Tabelul 2.8.

Compoziția biocompozitelor din amestec de particule de coji de semințe de floarea soarelui și lignină și parametrii de presare

Cod panou	Conținut particule de semințe de floarea soarelui , în %	Conținut, în %		T ($^{\circ}C$)	t (min)	p (bar)
		Lignină	ABS			
FSL40	60	40	-	180	20	30
FSL20	80	20	-	180	20	30
FSL20ABS20	80	20	20	180	20	30

T – temperatura de presare, în $^{\circ}C$;

t – timpul de presare, în min ;

p – presiunea aplicată la presarea panourilor, în bar .

Structurile propuse în acest studiu au fost realizate cu particule fine din coji de floarea soarelui și cu așchii de lemn de la producătorul de PAL, S.C KASTAMONU S.A., un amestec de 70 % așchii din lemn de rășinoase și 30 % lemn de foioase. Rezultatele experimentale obținute în acest caz sunt prezentate în tabelul 2.9.

Tabelul 2.9.

Rezultatele experimentale privind densitatea și caracteristicile mecanice ale biocompozitelor din amestec de particule de coji de semințe de floarea soarelui și lignină

Tip	Densitate ρ , (kg/m^3)	f_m (N/mm^2)	E_m (N/mm^2)	f_t (N/mm^2)
FSL40	910 (18.0)	1.67 (1.9)	746 (126.3)	0.04 (0.04)
FSL20	912 (19.2)	10.1 (3.1)	2360 (122.1)	0.20 (0.04)
FSL20ABS20	879 (27.8)	8.16 (1.1)	1750 (161.3)	0.20 (0.04)
SR EN 312 (2004)		11.5 ^a	1600 ^b	0.24 ^a
^a Valoarea minimă pentru panouri de uz general (P1) ^b Valoarea minimă pentru panouri destinate fabricării mobilei (P2) ^c Valoarea maximă pentru panouri rezistente la apă (P3) () Valorile din paranteză reprezintă abaterea standard.				
f_m -rezistența la încovoiere și E_m -modulul de elasticitate (SR EN 310 -1996), f_t -coeziunea internă (SR EN 319 - 1997).				

Se poate observa din tabelul 2.9 că densitățile obținute la acest tip de panouri sunt mai mari decât ale tuturor celorlalte structuri investigate până acum. Cu toate acestea, valorile la coeziunea internă (f_i) nu depășesc valorile obținute pentru structurile din așchii de lemn și lignină, nereușind să ajungă la nivelul impus de standardul SR EN 312 – 2004.

Valorile cele mai bune, și de această dată, ca și pentru structurile așchii din lemn – lignină, s-au înregistrat pentru epruvetele cu un conținut de 20 % lignină.

O altă concluzie a rezultatelor obținute în aceste investigații este aceea că aportul de ABS în structura acestui tip de biocompozite nu modifică rezistența coeziunii interne f_i a epruvetelor, în schimb micșorează rezistența la încovoiere f_m a acestora. Concluzia referitoare la coeziunea internă f_i întărește rezultatul obținut anterior pentru biocompozitele lemn-lignină.

Un alt aspect interesant al acestor compozite este profilul total diferit față de cel al structurilor cu particule din tulpini de rapiță, prezentate la subcapitolul 1.3.2. Profilul densității pe grosimea epruvetelor de 50 mm x 50 mm, obținut prin scanarea cu raze X cu echipamentul din dotarea laboratorului din cadrul Institutului de Cercetare Dezvoltare PRO-DD al Universității Transilvania din Brașov, este prezentat pentru câteva epruvete analizate, în figurile 2.7 și 2.8.

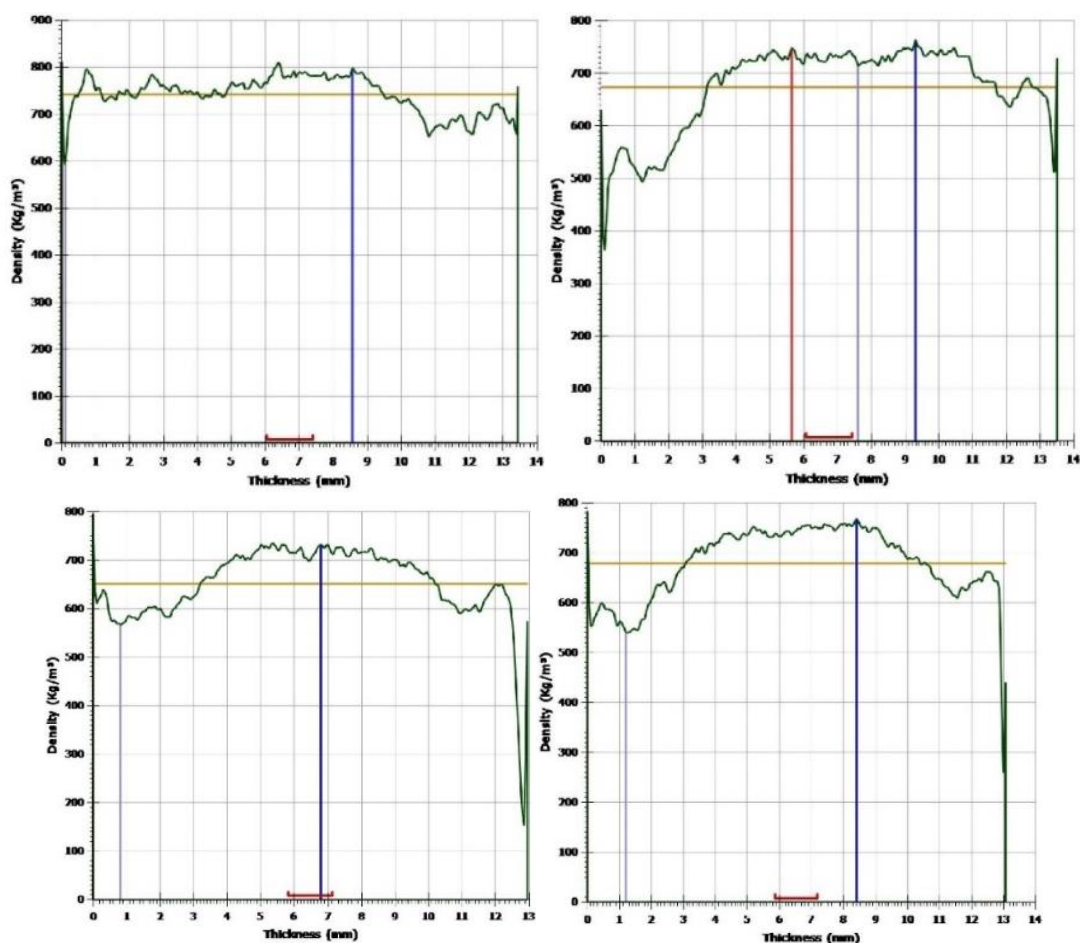


Fig. 2.7. Profilul densității pe grosime al epruvetelor tip FSL40.

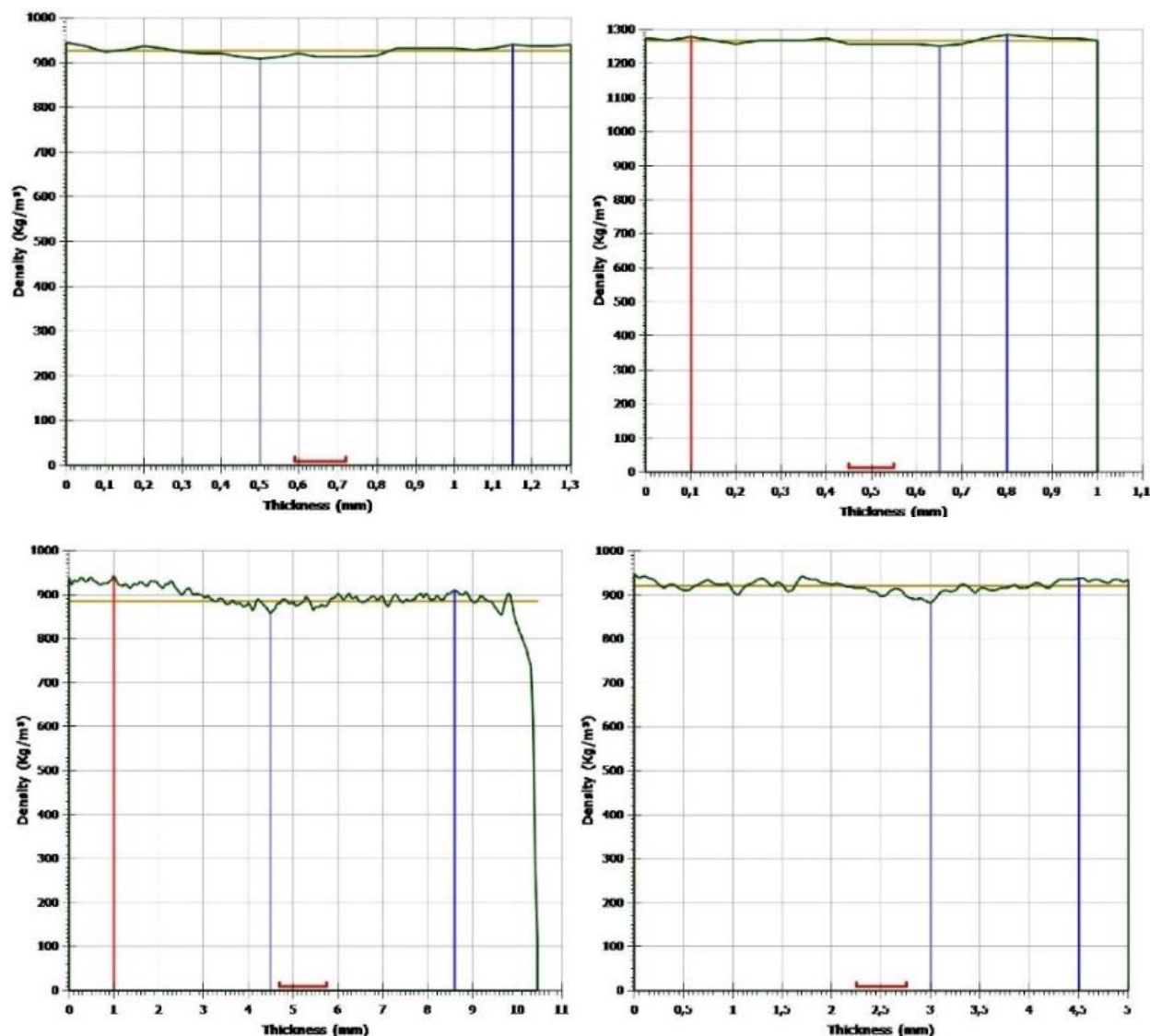


Fig. 2.8. Profilul densității pe grosime al epruvetelor tip FSL20.

În cazul epruvetelor din figura 2.7, care conțin 40 % lignină, spre deosebire de profilul biocompozitelor cu particule din tulpini de rapiță (subcapitolul 1.2.3), zona cu densitate mai redusă se află la aproximativ 1 mm – 2 mm de margine și nu în centrul epruvetei, astfel încât șansele de rupere a epruvetelor la testarea la tracțiune perpendiculară pe fețele epruvetelor se concentrează în aceste zone.

În cazul epruvetelor din figura 2.8, care conțin 20 % lignină, profilul densității este aproape constant pe toată grosimea epruvetei, suprapunându-se, practic, peste linia densității medii. Acest lucru întărește și rezultatele bune ale acestor epruvete la coeziunea internă în comparație cu cele ale epruvetelor prezentate anterior. În concluzie, rezultatele obținute în cercetarea acestui tip de structură sunt promițătoare, constituind începutul unor investigații de optimizare a structurilor, rețetelor și tehnologiilor, astfel încât să se îmbunătățească rezistențele mecanice ale acestora.

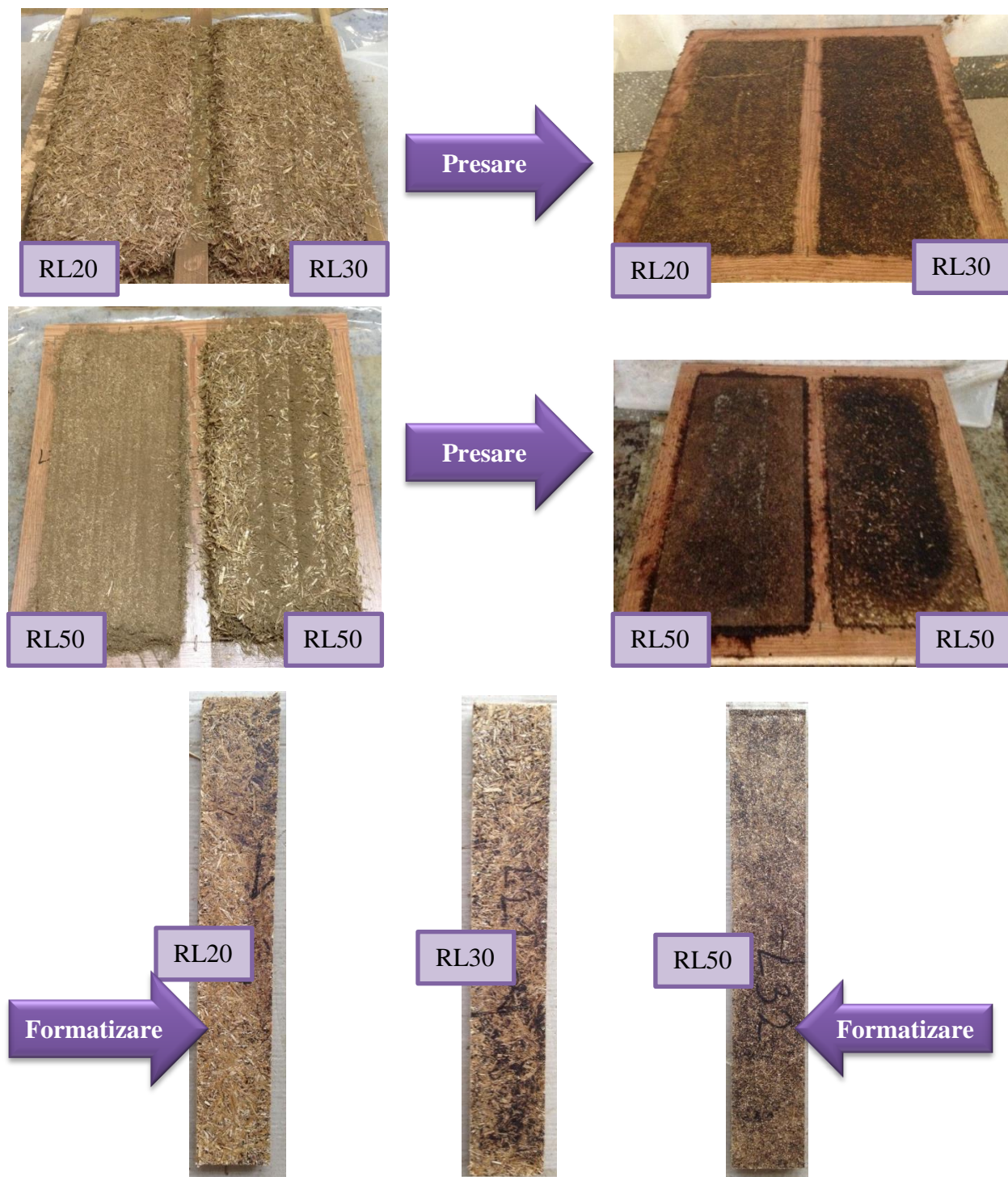


Fig. 2.9. Biocompozite din rapiță și lignină în diferite procente, înainte de presare, după presare și după formatizare în epruvete

Următoarele cercetări, prezentate în continuare, au urmărit comportamentul particulelor de rapiță în combinație cu lignina, în realizarea unor biocompozite cu emisie ultra-scăzută, fără adeziv. În acest scop s-a respectat protocolul formării panourilor și testărilor, așa cum s-a aplicat și în cercetările anterioare. Panourile, înainte și după presare, sunt prezentate în figura 2.9.

Structura biocompozitelor cu particule din tulpini de rapiță și lignină este prezentată în tabelul 2.10, împreună cu parametrii de presare.

Tabelul 2.10.

Structura biocompozitelor din amestec de particule din tulpini de rapiță și lignină și parametrii de presare

Cod panou	Conținut particule tulpini de rapiță, în %	Conținut, în %	T (°C)	t (min)	p (bar)
		Lignină			
RL20	80	20	180	10	30
RL30	70	30	180	10	30
RL50	50	50	180	10	30

T – temperatura de presare, în °C; t – timpul de presare, în min; p – presiunea aplicată la presarea panourilor, în bar.

Analiza profilului mediu al densității pe grosimea epruvetelor de 50 mm x 50 mm, utilizând echipamentul cu raze X din dotarea laboratorului din cadrul Institutului de Cercetare Dezvoltare PRO-DD al Universității *Transilvania* din Brașov, este prezentat pentru cele trei tipuri de epruvete analizate, în figurile 2.10, 2.11 și 2.12,

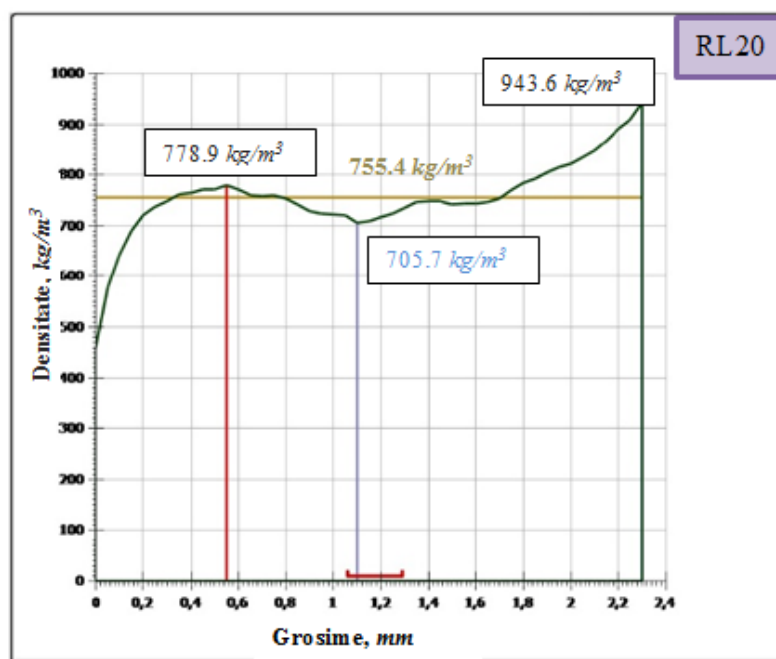


Fig. 2.10. Analiza profilului mediu al densității pentru epruvetele cu 20 % lignină și 80 % particule din tulpini de rapiță, prin scanare cu raze X

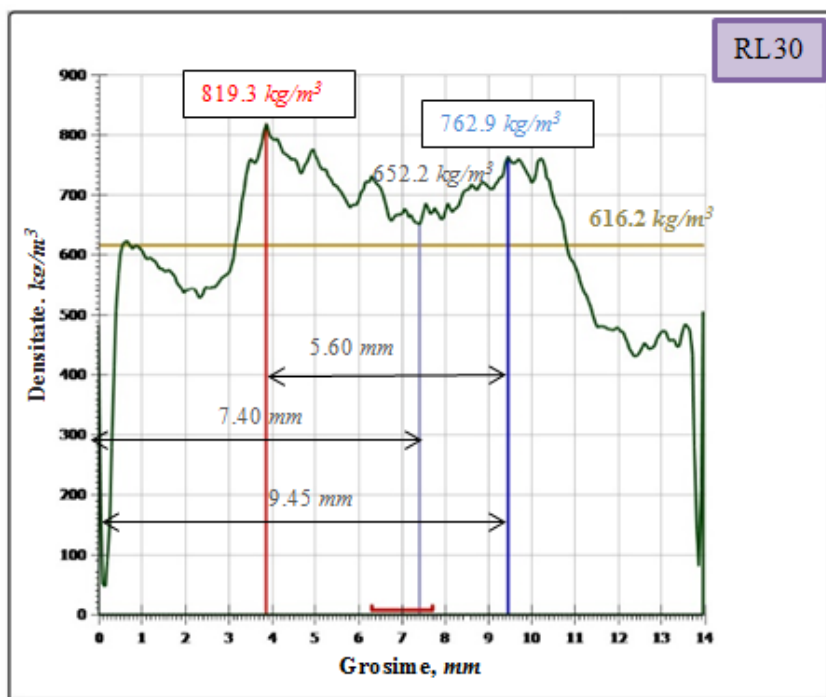


Fig. 2.11. Analiza profilului mediu al densității pentru epruvetele cu 30 % lignină și 70 % particule din tulpini de rapiță, prin scanare cu raze X

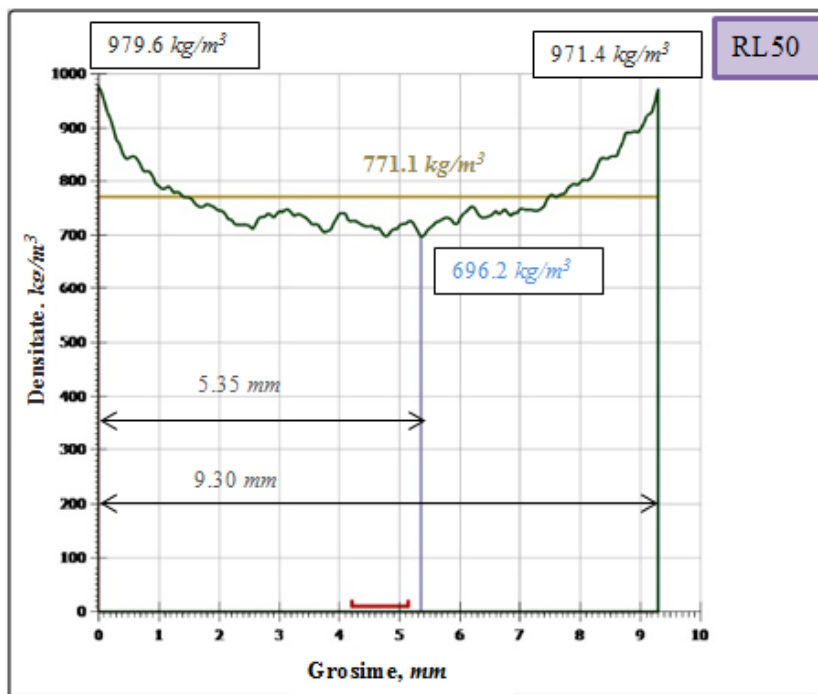


Fig. 2.12. Analiza profilului mediu al densității pentru epruvetele cu 50 % lignină și 50 % particule din tulpini de rapiță, prin scanare cu raze X

Analiza profilului mediu al densităților arată foarte diferit pentru cele trei tipuri de epruvete, dar nici una nu indică o structură constantă pe întreaga grosime a biocompozitelor. În ce măsură acest profil influențează sau nu rezultatele testelor mecanice, se poate concluziona din rezultatele datelor experimentale prezentate în tabelul 2.11.

Tabelul 2.11.

Rezultatele experimentale privind densitatea și caracteristicile mecanice ale biocompozitelor din amestec de particule din tulpini de rapiță și lignină

Tip	Densitate ρ , (kg/m^3)	f_m (N/mm^2)	E_m (N/mm^2)	f_t (N/mm^2)
RL20	755 (21.9)	7.93 (0.12)	2120 (128)	0.02 (0.01)
RL30	616 (28.9)	6.33 (0.24)	1730 (326)	0.04 (0.01)
RL50	771 (40.3)	6.74 (0.42)	2715 (90)	0.12 (0.03)
SR EN 312 (2004)		11.5 ^a	1600 ^b	0.24 ^a

^a Valoarea minimă pentru panouri de uz general (P1)
^b Valoarea minimă pentru panouri destinate fabricării mobilei (P2)
^c Valoarea maximă pentru panouri rezistente la apă (P3)
 () Valorile din paranteză reprezintă abaterea standard.

f_m - rezistența la încovoiere și E_m - modulul de elasticitate (SR EN 310 -1996), în N/mm^2 ;
 f_t - coeziunea internă (SR EN 319 - 1997), în N/mm^2 .

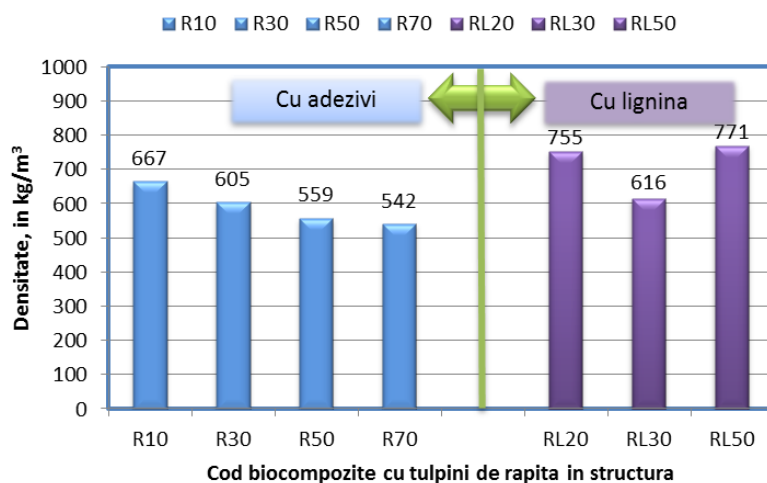


Fig. 2.13. Comparația densităților structurilor de biocompozite cu tulpini de rapiță în compoziție, în varianta cu adezivi clasici și fără adezivi (cu lignină); R10, R30, R50, R70 – structuri așchii de lemn-rapiță, cu 10 %, 30 %, 50 %, respectiv 70 % particule de rapiță în compoziție.

Comparând datele din tabelul 2.11 cu cele obținute anterior pentru structurile cu adezivi clasici și amestec din aşchii din lemn și particule din tulpini de rapiță, s-au întocmit diagramele din figurile 2.13 până la 2.16, care oferă date despre performanța biocompozitelor cu lignină.

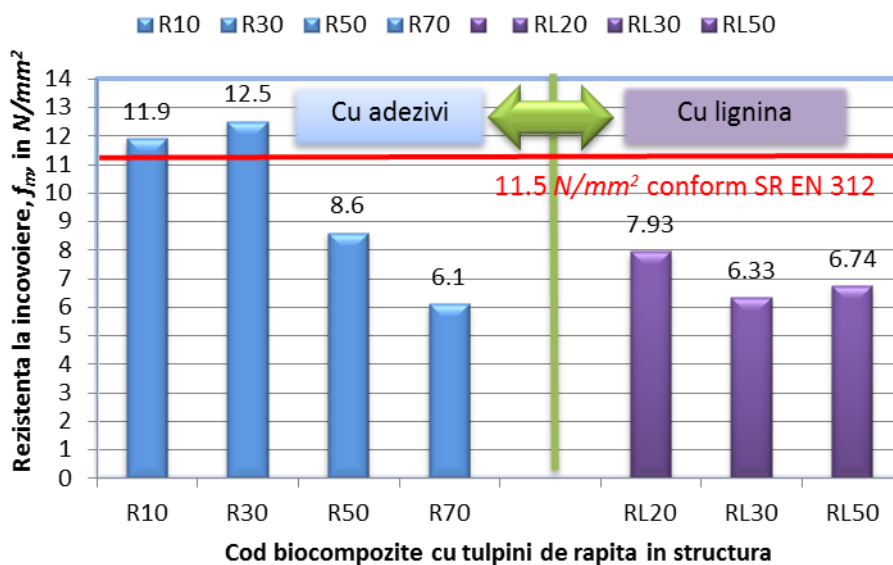


Fig. 2.14. Comparația rezistențelor la încovoiere f_m a structurilor de biocompozite cu tulpini de rapiță în compoziție, în varianta cu adezivi clasici și fără adezivi (cu lignină); R10, R30, R50, R70 – structuri aşchii de lemn-rapiță, cu 10 %, 30 %, 50 %, respectiv 70 % particule de rapiță în compoziție.

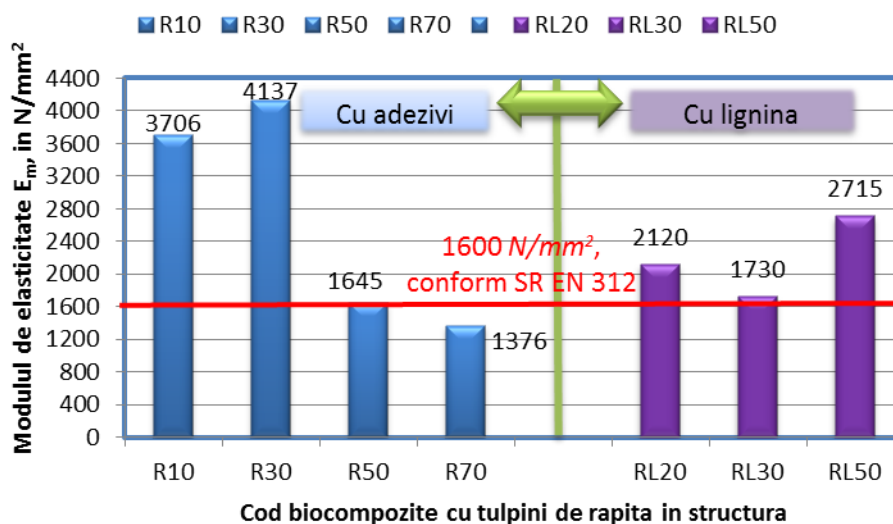


Fig. 2.15. Comparația modulului de elasticitate E_m a structurilor de biocompozite cu tulpini de rapiță în compoziție, în varianta cu adezivi clasici și fără adezivi (cu lignină); R10, R30, R50, R70 – structuri aşchii de lemn-rapiță, cu 10 %, 30 %, 50 %, respectiv 70 % particule de rapiță în compoziție.

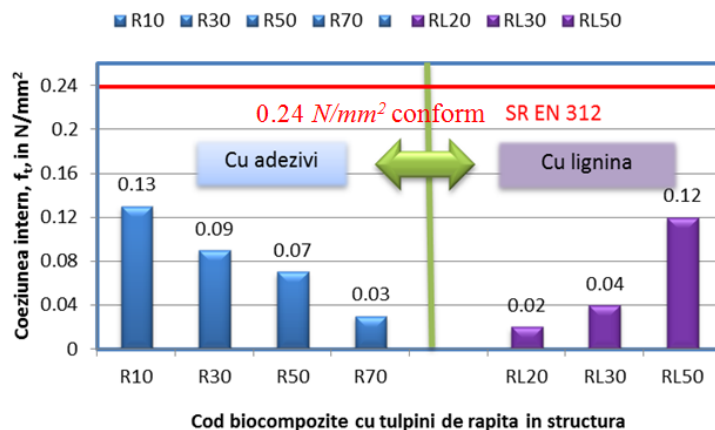


Fig. 2.16. Comparația coeziunii interne f_i a structurilor de biocompozite cu tulpini de rapiță în compoziție, în varianta cu adezivi clasici și fără adezivi (cu lignină); R10, R30, R50, R70 – structuri așchii de lemn-rapiță, cu 10 %, 30 %, 50 %, respectiv 70 % particule de rapiță în compoziție.

Pentru a compara performanța biocompozitelor cu deșeuri agricole, în figurile 2.17 – 2.20 sunt reprezentate diagrame ale principalelor caracteristici ale acestora și anume: densitatea (ρ), rezistența la încovoiere (f_m), modulul de elasticitate (E_m) și coeziunea internă (f_i), atât pentru structuri cu adeziv ureo-formaldehidic, cât și pentru structuri fără adeziv (cu lignină).

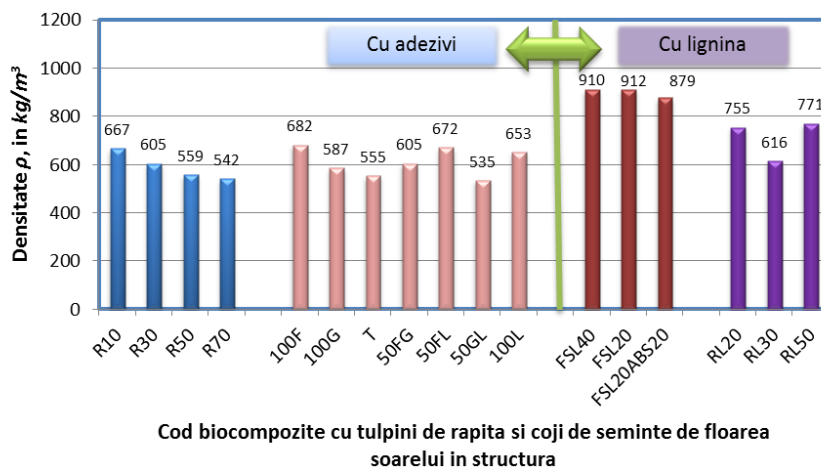


Fig. 2.17. Comparația densităților structurilor de biocompozite cu tulpini de rapiță și coji de semințe de floarea soarelui în compoziție, în varianta cu adezivi clasici și fără adezivi (cu lignină); R10, R30, R50, R70 – structuri așchii de lemn-rapiță, cu 10 %, 30 %, 50 %, respectiv 70 % particule de rapiță în compoziție; 100F/ G – 100 % particule fine/grosiere din coji de semințe de floarea soarelui; T- structură tristratificată din coji de floarea soarelui.; 50F/ GL - 50 % particule fine/grosiere din coji de floarea soarelui și 50 % așchii lemn; 100L – structură din așchii de lemn; FSL40/ 20 – amestec particule din coji de semințe de floarea soarelui cu lignină 40 % sau 20 %; FSL20ABS20 – amestec particule din coji de semințe de floarea soarelui cu lignină 20 % și ABS 20 %

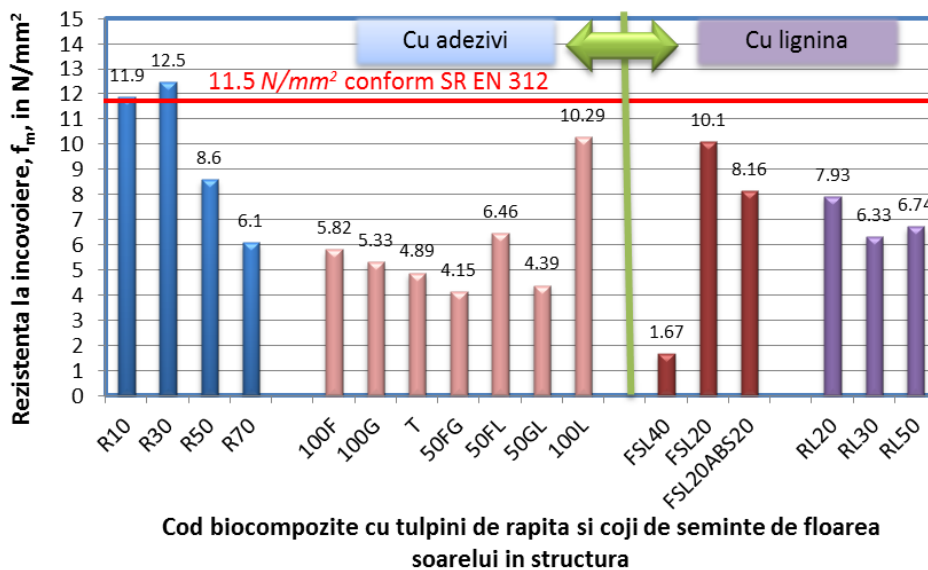


Fig. 2.18. Comparația rezistenței la încovoiere a structurilor de biocompozite cu tulpini de rapiță și coji de semințe de floarea soarelui în compoziție, în varianta cu adezivi clasici și fără adezivi (cu lignină);

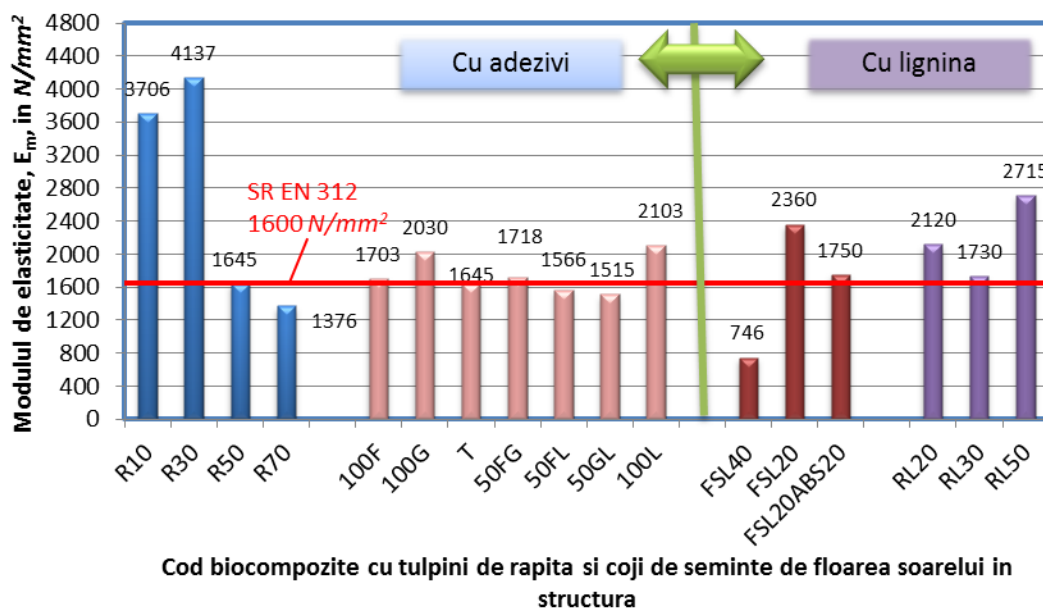


Fig. 2.19. Comparația modului de elasticitate al structurilor de biocompozite cu tulpini de rapiță și coji de semințe de floarea soarelui în compoziție, în varianta cu adezivi clasici și fără adezivi (cu lignină); R10, R30, R50, R70 – structuri așchii de lemn-rapiță, cu 10 %, 30 %, 50 %, respectiv 70 % particule de rapiță în compoziție; 100F/ G – 100 % particule fine/grosiere din coji de semințe de floarea soarelui (csfs); T- structură tristratificată din csfs.; 50F/ GL - 50 % particule fine/grosiere din csfs și 50 % așchii lemn; 100L – structură din așchii de lemn; FSL40/ 20 – amestec particule din csfs cu lignină 40 % sau 20 %; FSL20ABS20 – amestec particule din csfs. cu lignină 20 % și ABS 20 %

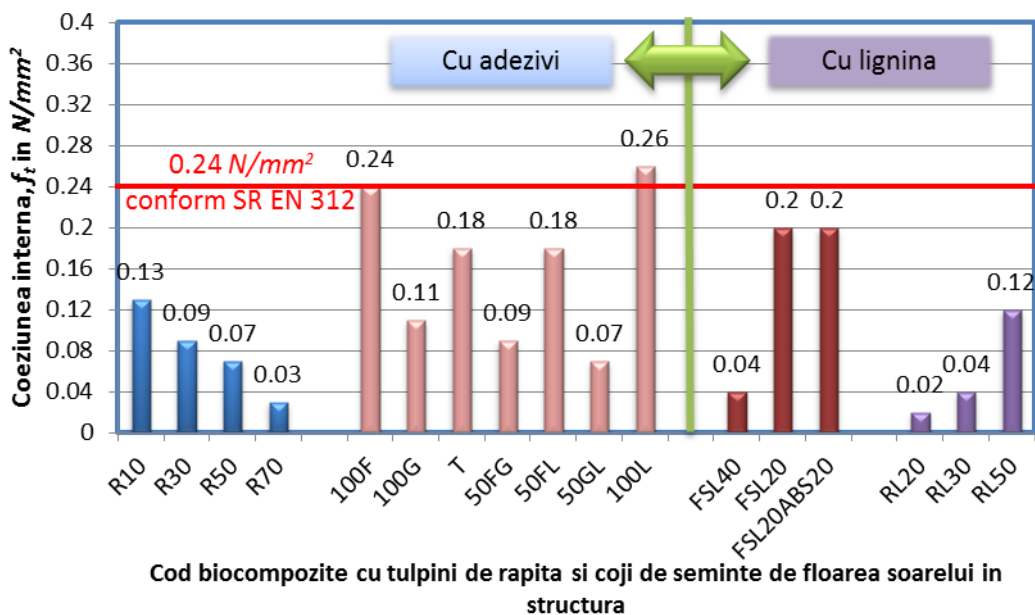


Fig. 2.20. Comparația coeziunii interne a structurilor de biocompozite cu tulpini de rapiță și coji de semințe de floarea soarelui în compoziție, în varianta cu adezivi clasici și fără adezivi (cu lignină)

În concluzie, cercetările de față au demonstrat că fabricarea biocompozitelor fără adeziv este posibilă, înlocuind adezivii cu lignină nemodificată chimic (PROTOBIND 1000, de fabricație indiană), utilizând atât aşchii din lemn, cât și deșeuri agricole precum tulpinile de rapiță și cojile de semințe de floarea soarelui.

Densitatea biocompozitelor crește atunci când adezivul este înlocuit cu lignină. Particulele fine de floarea soarelui, în amestec cu lignina, duc la obținerea unor biocompozite cu densități foarte mari, în jur de 900 kg/m^3 .

În ceea ce privește biocompozitele cu adezivi, rezistența la încovoiere este mult mai bună pentru structurile cu particule din tulpini de rapiță decât cele din coji de semințe de floarea soarelui. Înlocuirea adezivului cu lignină scade rezistența la încovoiere în cazul structurilor cu rapiță și o îmbunătățește în cazul structurilor cu coji de semințe de floarea soarelui. Raportul optim biomasă agricolă : lignină este 80 : 20, conform datelor experimentale obținute pentru această caracteristică. Același lucru este valabil și pentru modulul de elasticitate.

În structurile cu adezivi, coeziunea internă este mai bună pentru structurile cu coji de semințe de floarea soarelui. Înlocuirea adezivilor cu lignină nu este benefică structurilor cu rapiță, coeziunea internă scăzând și mai mult în această situație, dar este benefică structurilor cu coji de semințe de floarea soarelui, unde valoarea ajunge aproape să îndeplinească cerințele standardului SR EN 312-2004, pentru un raport 80 : 20 de particule de coji de semințe de floarea soarelui : lignină.

2.3. Cercetări experimentale privind utilizarea celulozei și a ligninei la realizarea biocompozitelor

În aceeași idee de a salva resursele forestiere și de a utiliza materii prime alternative pentru realizarea unor compozite lignocelulozice care să le înlocuiască pe cele clasice de PAL și MDF, se naște și întrebarea ilustrată schematic în figura 2.21.



Fig. 2.21. Se pot realiza biocompozite din lignină și celuloză extrasă din biomasă agricolă și hârtie reciclată?

Deșeurile agricole din România sunt puțin utilizate, deși sunt foarte numeroase (Borza *et al*, 2011). O direcție în care încep să fie folosite este cea energetică, la realizarea de combustibili solizi, respectiv brichete și peleți, pentru care tehnologia deja există. O altă direcție este cea a obținerii celulozei și hârtiei, pentru care se fac diverse cercetări și încercări. Mai puțin este investigată posibilitatea utilizării lor în panouri lignocelulozice cu aplicabilitate în fabricarea mobilei și a amenajărilor interioare.

De pildă, deșeurile de la porumbul recoltat de pe o suprafață de 350 hectare sunt evaluate la cca. 3150 *tone*, în timp ce biomasa rezultată prin curățarea a 40 de *hectare* de vie și pomi fructiferi este evaluată la 12.5 *tone* (Borza *et al*, 2011).

Din biomasa vegetală neutilizată își deșeurile agricole am putea produce celuloză și hârtie, dar și lemn sau produse similare celor pe bază de lemn, dacă în mod științific acest lucru ar fi posibil.

Pentru investigarea acestei posibilități, s-a pornit de la compoziția chimică a lemnului de fag (Tabelul 2.12), cea mai răspândită specie de foioase din România.

Tabelul 2.12.

Compoziția chimică a lemnului de fag

Componenta chimică	%				
Celuloză	45.27	45.98	53.46	42.5	43
Hemiceluloze	-	-	-	-	34
Pentozane	-	29.32	25.88	22.7	
Hexozane	-	7.59	-	4.3	
Lignină	26.76	20.77	22.46	22.5	20
Ceruri și grăsimi	1.11	-	1.20	2	
Cenușă	0.5	0.5	0.17	0.5	0.5
Substanțe extrase cu apă caldă	-	-	-	-	1.8
Sursa	(Filipovici, 1964)				https://ro.scribd.com/document/195250137/Curs-Studiul-Lemnului

Evident că din punct de vedere chimic, compoziția lemnului este foarte complexă, iar crearea unui „lemn artificial” presupune respectarea cu strictețe a acestor substanțe chimice componente.

În cercetarea de față s-a pornit de la o structură chimică mult simplificată, respectând procentul de celuloză și lignină și înlocuind celelalte substanțe chimice cu unele la îndemână, care, în mod evident, vor produce structuri „grosiere” în raport cu originalul.

Celuloza, în cele trei variante (din paie de grâu, din rapiță și din maculatură înmuiată în apă și uscată), a fost măcinată la moara cu ciocănele, obținându-se fibre foarte fine, asemănătoare lânii (Fig. 2.22). Celuloza a fost obținută prin fierbere, prin procesul tehnologic specific fabricării celulozei și hârtiei, în urma activității de cercetare a cadrelor didactice din cadrul departamentului de specialitate al Universității Tehnice *Gheorghe Asachi* din Iași.



Fig. 2.22. Celuloza măcinată la moara cu ciocănele; a – celuloză din paie de grâu; b – celuloză din tulpini de rapiță; c – celuloză din maculatură reciclată (ziare);

Biocompozitele proiectate a utiliza celuloza și lignina PROTOBIND 1000, au fost realizate în condiții de laborator, având la bază același protocol: formarea covorului, presarea, condiționarea și debitarea în epruvete în vederea testării. S-au determinat caracteristicile mecanice importante: coeziune internă f_i conform SR EN 319 – 1997, rezistență la încovoierie f_m și modul de elasticitate E_m conform SR EN 310 – 1996. Structura biocompozitelor cu particule din tulpini de rapiță și lignină este prezentat în tabelul 2.13.

Tabelul 2.13.

Structura biocompozitelor din amestec de celuloză și lignină

Cod panou	Celuloză , în %			Lignină, în %	Cenușă,	Zahăr,	Apă, %	T (°C)	t (min)	p (bar)
	grâu	rapiță	hârtie							
CG70	70			26	0.5	2	1.5	180	20	30
CR70		70		26	0.5	2	1.5	180	20	30
CH70			70	26	0.5	2	1.5	180	20	30
CHL		70		30	-	-	-	180	20	30

T – temperatura de presare, în °C; t – timpul de presare, în min; p – presiunea aplicată la presarea panourilor, în bar.

Celuloza de grâu și rapiță au caracteristicile prezentate în tabelul 2.14, iar epruvetele pentru cercetarea experimentală sunt prezentate în figura 2.23.

Tabelul 2.14.

Caracteristicile celulozei utilizate în cercetarea experimentală

Caracteristica	Celuloza din paie de grâu	Celuloza din tulpini de rapiță
Adaos de NaOH, în % din masa uscată	16	-
Adaos de Na ₂ CO ₃ , în % din masa uscată	-	24
Conținut de lignină, în %	3	10-12
Grad de polimerizare	1500	1000
Indice kappa	20	80
Temperatura de fierbere, în °C	165	165
Durata încălzirii, în min	30	30
Durata fierberii, în min	60	60

Celuloza din hârtie reciclată s-a obținut astfel: ziarele au fost lăsate la macerat în apă 3-4 zile, după care s-a omogenizat mecanic amestecul până a devenit o pastă consistentă, s-a stors și s-a lăsat la uscat în mediu natural timp de 1 săptămână (Fig. 2.23), apoi s-a măcinat (Fig. 2.22, c).



Fig. 2.23. Obținerea celulozei din hârtie

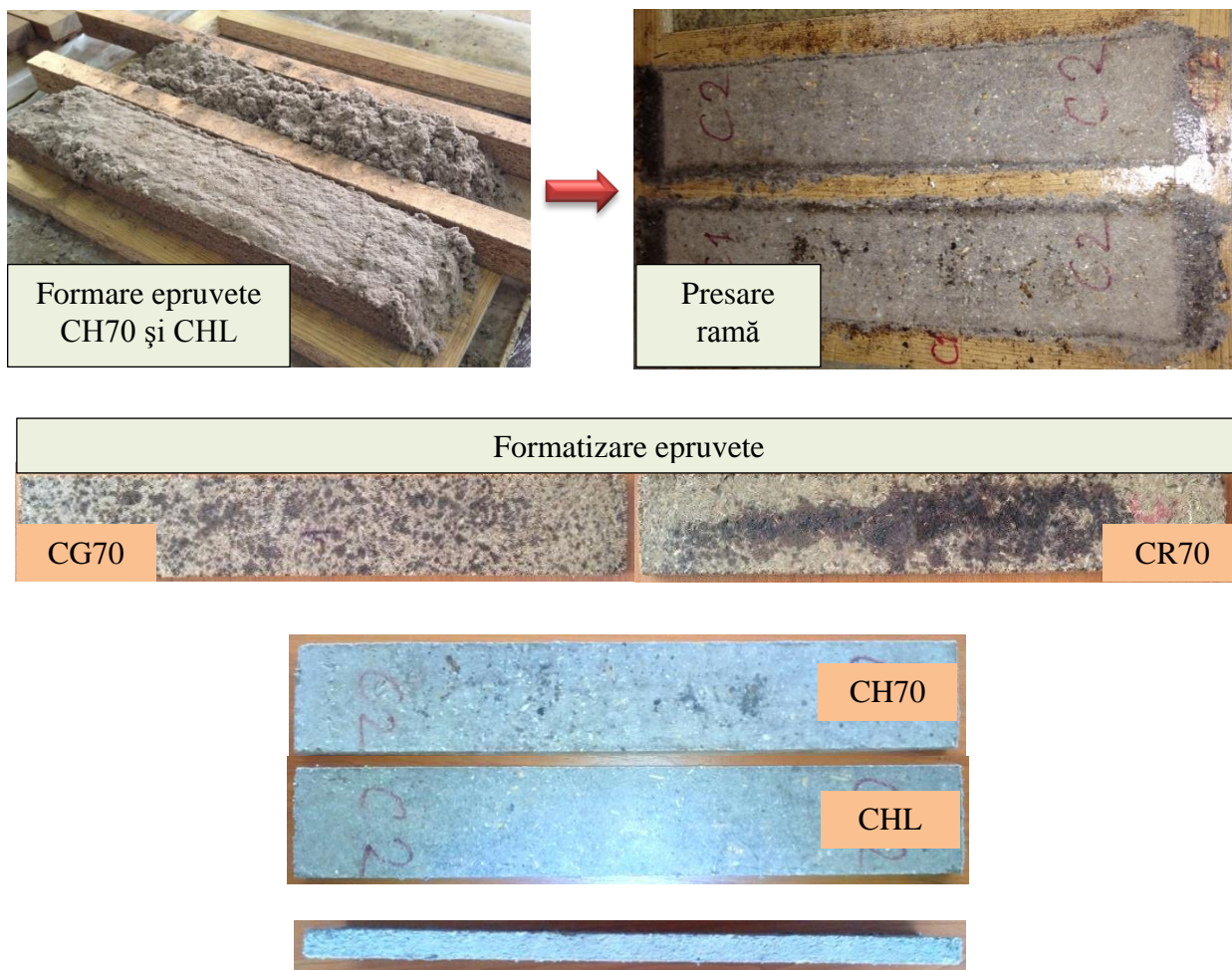


Fig. 2.24. Formarea epruvetelor din celuloză și lignină

Epruvetele s-au format în rame de PAL, cu grosimea de 18 mm, în cuiburi de 320 mm x 60 mm, așa cum se poate observa în figura 2.24. Epruvetele s-au presat și formatizat la dimensiunea cerută de SR EN 310 -1996 pentru solicitarea la încovoiere, apoi la dimensiunile de 50 mm x 50 mm pentru solicitarea de tracțiune perpendiculară pe fețele epruvetelor conform SR EN 319 – 1997, în vederea determinării coeziunii interne f_t .

O parte din epruvetele executate pentru testul de coeziune au fost scanate cu raze X pentru determinarea profilului densității, dar echipamentul nu a putut genera graficele pentru aceste tipuri de structuri, astfel încât densitatea s-a determinat prin calcul, ca raport între masa epruvetelor și volum.

Rezultatele testelor mecanice executate pentru aceste structuri, respectiv la încovoiere și tracțiune perpendiculară pe fețe sunt orientative, deoarece numărul de epruvete nu a fost suficient de mare pentru a obține acuratețea necesară, din lipsă de materii prime necesare. Aceste rezultate sunt prezentate în tabelul 2.15.

Tabelul 2.15.

Rezultatele experimentale pentru determinarea caracteristicilor biocompozitelor din celuloză și lignină

Tip	Densitate ρ , (kg/m^3)	f_m (N/mm^2)	E_m (N/mm^2)	f_t (N/mm^2)
CG70	853 (64)	6.92 (0.93)	1290 (42.4)	0.28 (0.09)
CR70	918 (19)	10.2	1780	0.25 (0.04)
CH70	973 (155)	8.04	1560	0.12 (0.04)
CHL	1000 (18)	7.39	1700	0.06 (0.03)
SR EN 312 (2004)		11.5 ^a	1600 ^b	0.24 ^a
^a Valoarea minimă pentru panouri de uz general (P1) ^b Valoarea minimă pentru panouri destinate fabricării mobilei (P2) ^c Valoarea maximă pentru panouri rezistente la apă (P3) () Valorile din paranteză reprezintă abaterea standard.				
f_m - rezistența la încovoiere și E_m - modulul de elasticitate (SR EN 310 – 1996), în N/mm^2 ; f_t - coeziunea internă (SR EN 319 – 1997), în N/mm^2 .				

Rezultatele înregistrate pentru aceste structuri sunt foarte interesante. În primul rând, densitățile rezultate au fost foarte mari, în special pentru structurile cu celuloză din hârtie reciclată.

Deși structura cu celuloză din paie de grâu (CG70) are densitatea cea mai mică, a înregistrat valorile cele mai mari ale coeziunii interne f_i . Valorile rezistenței la încovoiere sunt cele mai mari pentru celuloza din tulpini de rapiță, ceea ce demonstrează din nou că rapița, atât sub formă de așchii, cât și sub formă de celuloză, aduce structurilor un „plus” la rezistența la încovoiere.

Cât despre structurile cu celuloză din hârtie de ziar reciclată, deși au o densitate mare, nu sunt performante din punct de vedere al rezistențelor mecanice, dar este interesant că adaosul de apă, zahăr și cenușă în compoziție mărește atât valoarea coeziunii interne f_i , cât și a rezistenței la încovoiere f_m , micșorând totodată valoarea modulului de elasticitate E_m . Modulul de elasticitate E_m a înregistrat valori foarte mici, situându-se în jurul valorii limită impuse de standardul SR EN 312 – 2004.

Ca valori generale, structura cu celuloză din tulpini de rapiță (CR70) este cea mai aproape de valorile impuse de standardul SR EN 312 – 2004.

2.4. Concluzii

Pentru a face o comparație cu celelalte structuri de biocompozite fără adeziv (cu lignină), s-au întocmit diagramele din figurile 2.25 – 2.28.

Pentru explicarea codurilor panourilor se va ține seama de următoarea legendă:

LEGENDĂ:

- FSL40** – structură din particule din coji de semințe de floarea soarelui (60 %) și lignină (40 %).
- FSL20** – structură din particule din coji de semințe de floarea soarelui (80 %) și lignină (20 %).
- FSL20ABS20** – structură din particule din coji de semințe de floarea soarelui (60 %), lignină (20 %) și ABS (20 %).
- RL20** – structură cu particule din tulpini de rapiță (80 %) și lignină (20 %).
- RL30** – structură cu particule din tulpini de rapiță (70 %) și lignină (30 %).
- RL50** – structură cu particule din tulpini de rapiță (50 %) și lignină (50 %).
- CG70** – structură din celuloză de paie de grâu (70 %), lignină (26 %) și adaos de apă, zahăr, cenușă (4 %).
- CR70** – structură din celuloză din tulpini de rapiță (70 %), lignină (26 %) și adaos de apă, zahăr, cenușă (4 %).
- CH70** – structură din celuloză din hârtie reciclată (70 %), lignină (26 %) și adaos de apă, zahăr, cenușă (4 %).
- CHL** - structură din celuloză din hârtie reciclată (70 %), lignină (30 %).

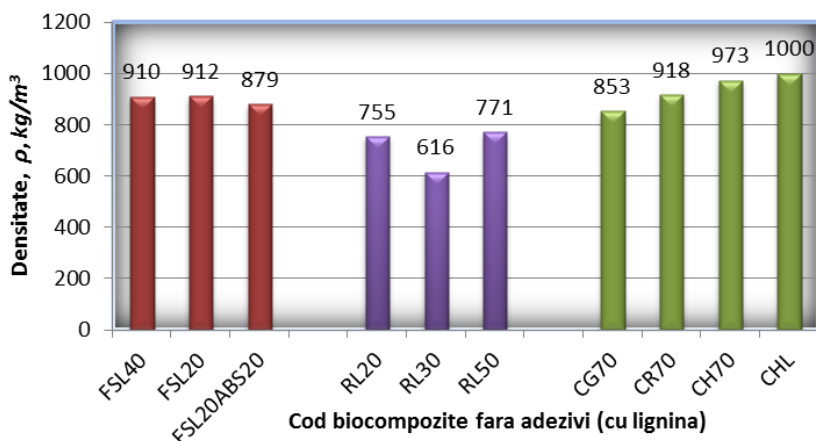


Fig. 2.25. Densitățile biocompozitelor fără adeziv (cu lignină)

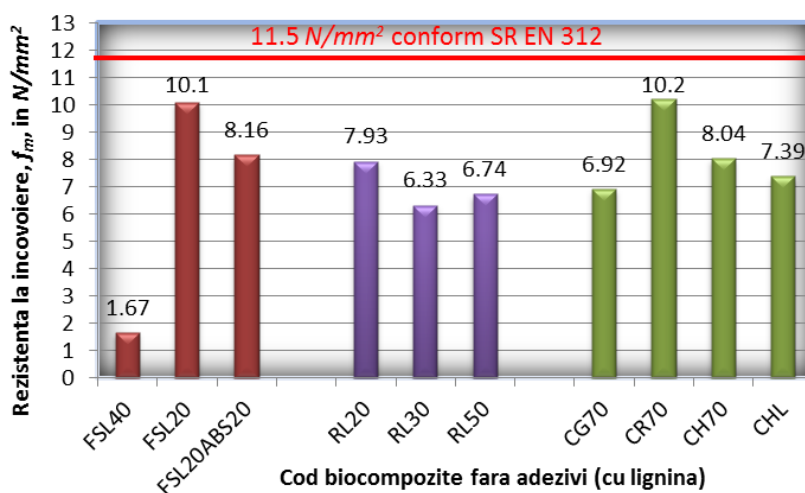


Fig. 2.26. Rezistența la încovoiere a biocompozitelor fără adeziv (cu lignină)

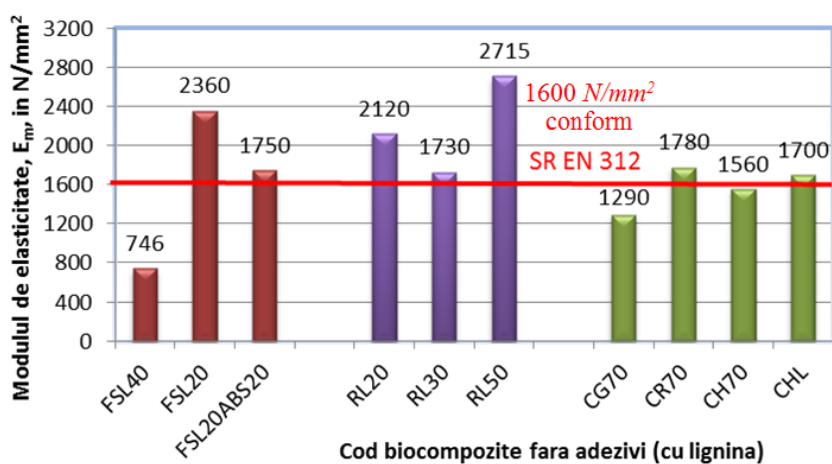


Fig. 2.27. Modulul de elasticitate al biocompozitelor fără adeziv (cu lignină).

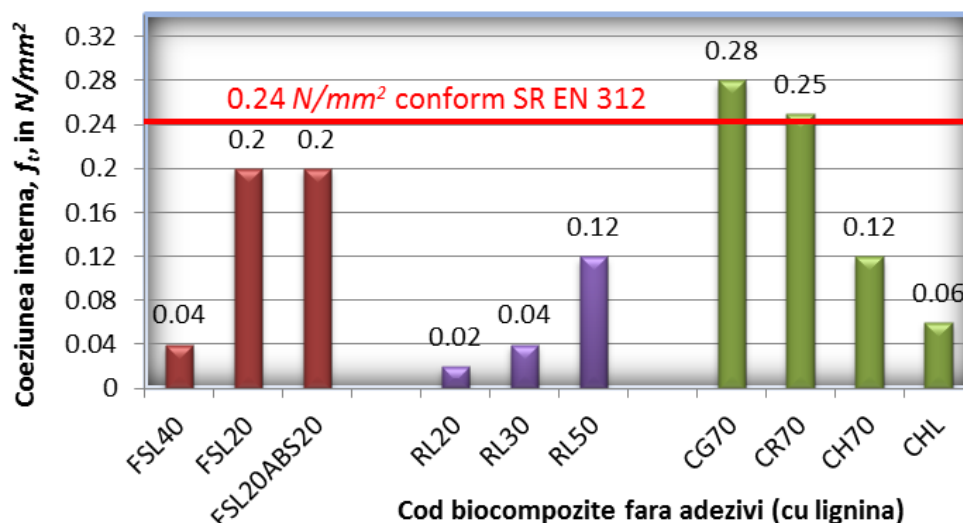


Fig. 2.28. Coeziunea internă a biocompozitelor fără adeziv (cu lignină)

Ca și în cazul biocompozitelor cu adezivi, valoarea impusă de standardul SR EN 312 – 2004 pentru rezistența la încovoiere f_m este destul de greu de atins și pentru biocompozitele pe bază de lignină.

Destul de aproape de această valoare se află structurile din particule fine de coji de semințe de floarea soarelui și lignină 20 % (FSL20), dar și structura cu celuloză de rapiță 70 % și lignină 26 % (CR70). Aceleași structuri au și performanță în valorile coeziunii interne f_t , în raport cu celelalte biocompozite. Dezavantajul acestor structuri este, însă, densitatea foarte ridicată.

Concluzii:

- este posibilă fabricarea biocompozitelor fără adeziv, prin înlocuirea acestora cu lignină nemodificată chimic, sub formă de pulbere (PROTOBIND 1000, de fabricație indiană), utilizând atât așchii din lemn, cât și deșeuri agricole precum tulpinile de rapiță și cojile de semințe de floarea soarelui;
- densitatea biocompozitelor crește atunci când adezivul este înlocuit cu lignină. Acest lucru este vizibil în cazul utilizării particulelor fine de floarea soarelui, dar și în utilizarea celulozei din cereale sau hârtie, în primul caz obținându-se densități de 900 kg/m^3 , iar în ultimul caz, al celulozei din hârtie reciclată, acestea au ajuns la valoarea de 1000 kg/m^3 ;
- tulpinile de rapiță au dovedit un potențial bun de înlocuire a așchiilor de lemn, dar în proporție mică, de 10 % sau 20 %, în biocompozitele cu adezivi, care, în acest caz se caracterizează printr-o rezistență la încovoiere f_m mai bună decât celelalte structuri. Înlocuirea adezivului cu lignină scade rezistența la încovoiere în cazul structurilor cu rapiță și o îmbunătățește în cazul structurilor cu coji de semințe de floarea soarelui. Raportul optim biomasă agricolă : lignină este 80 : 20, conform datelor experimentale obținute pentru această caracteristică. Același lucru este valabil și pentru modulul de elasticitate;

- *coeziunea internă este mai bună în structurile cu adezivi, atunci când se utilizează coji de semințe de floarea soarelui. Înlocuirea adezivilor cu lignină nu este benefică structurilor cu rapiță, coeziunea internă scăzând și mai mult în această situație, dar este benefică structurilor cu coji de semințe de floarea soarelui, unde valoarea ajunge aproape să îndeplinească cerințele standardului SR EN 312 - 2004, pentru un raport 80 : 20 de particule de coji de semințe de floarea soarelui : lignină.*


Se poate observa, că în cazul ambelor variante de deșeuri agricole, **procentul optim de lignină, conform rezultatelor testelor, este de 20 %**. Această concluzie este foarte interesantă **dacă analizăm conținutul de lignină care se găsește în lemn, de 20 % - 26 %**, și care se apropie de valoarea găsită în cercetarea experimentală efectuată.

În baza concluziilor cercetărilor experimentale efectuate până acum, se pot trasa niște direcții viitoare de investigare:

- *se pot combina rapița și cojile de semințe de floarea soarelui în structura unor biocompozite, în vederea verificării ipotezei de creștere a rezistențelor mecanice;*
- *se pot continua cercetările asupra structurilor din hârtie reciclată, la care s-au obținut rezistențe mecanice bune, resursele fiind la îndemână și în cantități mari.*
- *se pot investiga și alte resurse agricole și vegetale;*
- *se pot continua cercetările cu lignină modificată, pentru a mări reactivitatea acesteia, lucru care ar putea influența pozitiv coeziunea internă a structurilor;*
- *se pot cerceta structuri furniruite, cu influență pozitivă asupra rezistențelor mecanice;*
- *se pot repeta experimentele anterioare într-un regim industrial și pentru un număr mult mai mare de panouri, rezultatele testelor fiind în acest caz mult mai aproape de adevăr.*

Rezultatele cercetărilor prezentate în acest capitol nu au fost încă valorificate, urmând a fi publicate în reviste ISI cu factor de impact.

Ele au constituit tema depunerii unei propuneri de proiect, de către autoarea prezentei teze de abilitare, în 16 septembrie 2014, în cadrul programului M.ERA NET, secțiunea *Composite Technology*, cu denumirea *Sinergic Action to Valoriz€ lignocellulosic waste materials as WOOD substitutes into green composite boards*, acronim *SAV€ WOOD*. Din păcate, propunerea a fost respinsă.

My Account  Cosereanu Camelia View my proposal Change password Logout	Info The proposal was submitted successfully. A confirmation E-Mail was sent to project coordinator (cboieriu@unitbv.ro) and applicant (cboieriu@yahoo.com).				
Call help desk Please contact your funding agency. You will find your agency on the M-era.net website .	Proposal Details Submission State The proposal was last submitted on Sep 16, 2014 10:38 AM. Retract proposal Until end of deadline you can retract and edit your proposal at any time. Retract proposal now Show all information				
<table border="1"> <tr> <td>Acronym</td> <td>SAV€ WOOD</td> </tr> <tr> <td>Title</td> <td>Sinergic Action to Valoriz€ lignocellulosic waste materials as WOOD substitutes into green composite boards</td> </tr> </table>		Acronym	SAV€ WOOD	Title	Sinergic Action to Valoriz€ lignocellulosic waste materials as WOOD substitutes into green composite boards
Acronym	SAV€ WOOD				
Title	Sinergic Action to Valoriz€ lignocellulosic waste materials as WOOD substitutes into green composite boards				

CAPITOLUL 3. CERCETĂRI PRIVIND REALIZAREA UNOR MATERIALE TERMO- ȘI FONOIZOLANTE DIN DEȘEURI INDUSTRIALE

3.1. Compozite lemn-plastic

Acrilonitril-butadien-stiren (ABS) este un material termoplastic cu foarte multe întrebuințări: cabluri electrice, materiale izolatoare, industria auto, instrumente muzicale, echipamente medicale, obiecte de uz casnic, jucării, dar și în industria mobilei, la protejarea canturilor panourilor din PAL melaminat sau PAL cașerat.

Pentru că materialele plastice au o întrebuințare atât de variată și sunt utilizate într-o așa mare măsură, deșeurile acestora au devenit o mare problemă a zilelor noastre, lucru remarcat de cercetători, care încearcă reciclarea acestora, deoarece perioada de biodegradare a plasticului, în general, se ridică la câteva secole (Dubey *et al*, 2010). Cercetătorii se confruntă însă cu problema îmbunătățirii plasticului reciclat, deoarece acesta își pierde cu timpul proprietățile inițiale. În cazul ABS-ului, însă, s-au constatat diferențe mici între materialul îmbătrânit și cel original, astfel încât reciclarea lui nu constituie o problemă (Mantaux *et al*, 2004).

Un domeniu aparte îl reprezintă compozitele lemn-plastic. Cercetări de actualitate investighează posibilitatea de utilizare a unor deșeuri agricole de porumb, plante oleaginoase, stuf și altele ca materiale de ranforsare în compozite lemn-plastic pentru construcții și alte aplicații (Noubakhsh și Ashori, 2010; Flandez *et al*, 2012). Nu sunt neglijate în acest domeniu nici deșeurile lemnoase care salvează resursele de lemn atât de intens exploatate în ultima vreme (Felix *et al*, 2013). S-a constatat că procentul de celuloză și lignină din compoziția chimică a biomasei vegetale utilizată ca material alternativ pentru lemn, au o mare influență asupra proprietăților finale ale compozitelor lemn-plastic (Habibi *et al*, 2008). Un alt lucru important legat de combinația lemn-plastic în compozite este, în afară de tipul fibrelor, dimensiunea acestora (Bouafif *et al*, 2009; Panthapulakkal și Sain, 2007; Izekor *et al*, 2013). S-a constatat în unele cercetări, (Bouafif *et al*, 2009) că înlocuirea particulelor din lemn cu cele obținute din coajă, de dimensiuni mai mici, reduc capacitatea de absorbție a apei de către compozitul final. O creștere a dimensiunii particulelor din lemn din compozitele lemn-plastic, poate să inducă totodată o instabilitate dimensională, datorită caracterului higroscopic al lemnului (Izekor *et al*, 2013). Creșterea proporției de lemn în compozitele lemn-plastic mărește duritatea acestora, dar slăbește rezistența la tracțiune a produsului final (Kaimakci și Ayırlmis, 2014).

ABS-ul este un material termoplastic care poate fi utilizat în medii cu temperaturi între -20°C și 80°C (http://www.dynalabcorp.com/technical_info_abs.asp), având punctul de topire la temperatura de 105°C , ceea ce constituie un avantaj în reciclarea sa, absolut necesară în condițiile în care este biodegradabil doar după 400 de ani.

Un alt avantaj de necontestat al compozitelor lemn-plastic este rezistența lor la apă. De aceea, unii cercetători și-au orientat investigațiile spre introducerea materialelor termoplastice în compoziția unor panouri din aşchii sau fibre de lemn, pentru a obține compozite cu rezistență mai mare la apă, ce pot fi mai sigure pentru construcții, izolații termice, etc. (Fernandes *et al*, 2011; Kartal *et al*, 2013; Bhaskar *et al*, 2012). Absorbția de apă a compozitelor lemn-plastic are influență majoră asupra durabilității acestor produse, dar și asupra proprietăților lor mecanice, în sensul că scad aceste proprietăți (Tamrakar și Lopez-Anido, 2011).

În cercetările efectuate asupra unor structuri din bambus și polipropilenă (cu un aport de lemn-bambus de 50 %, respectiv 70 %), s-a înregistrat o absorbție a apei de 10 % după 24 h de imersie, valoarea crescând proporțional cu creșterea procentului de lemn-bambus în compoziție (Kartal *et al*, 2013). S-au înregistrat și valori de 18 % pentru absorbția de apă, în cazul unor compozite lemn-plastic cu proporția de participare a lemnului de 40 % și 50 % (Aina *et al*, 2013).

3.2. Cercetări experimentale privind realizarea unor compozite termo- și fonoizolante din deșuri de ABS și rumeguș

În industria de fabricare a mobilierului din panouri cașerate sau melaminate se aplică, pentru protecția cantului, fâșii de ABS în multe culori, tehnologia presupunând o operație de teșire, de frezare finală a muchiiilor acestor fâșii, de nivelare și de curățare (Fig.3.1).

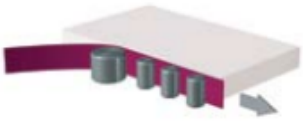
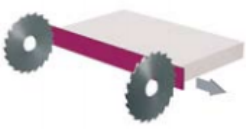




		
I. Presare cant ABS	II. Formatizare cant ABS	III. Frezare surplus ABS
		
IV. Teșire cant ABS	V. Curățare cant ABS	VI. Nivelare cant ABS

Fig. 3.1. Fazele tehnologice de aplicare a cantului de ABS la mobilier, în urma cărora se obțin deșuri (cele marcate) (<http://www.rehau.com/download/872964/edgeband-material-processing-tips.pdf>)

În urma acestor operații rezultă fibre fine de ABS, cu lungimi și lățimi reduse, care sunt eliminate prin instalațiile de exhaustare împreună cu deșeurile din lemn, (caz în care aceste deșeuri nu se mai pot folosi pentru brichetare și paletizare), sau sunt eliminate separat, în instalații de exhaustare individuale, de unde se colectează și, de regulă, se aruncă (Fig. 3.2).

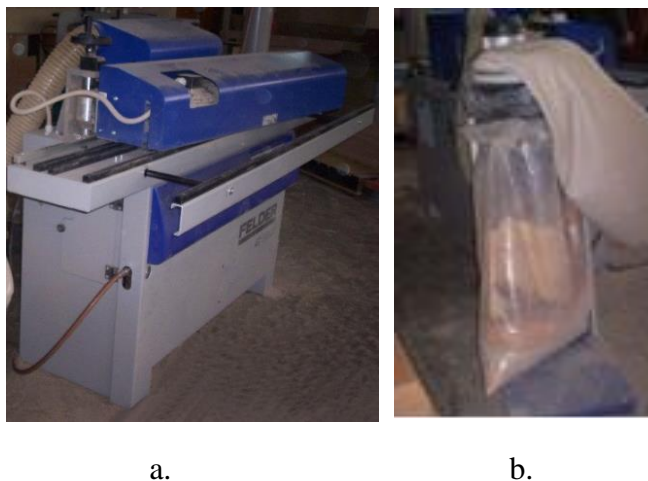


Fig. 3.2. Obținerea deșeurilor de ABS; a. - agregat de aplicat cant de ABS; b. - instalația de exhaustare individuală în care se colectează deșeurile de ABS

3.2.1. Investigarea structurilor optime ale panourilor din deșeuri de ABS și rumeguș

Materia primă utilizată în această cercetare sunt deșeurile de ABS și rumegușul obținut de la mașina de îndreptat, un amestec de lemn de rășinoase și de foioase. (Fig. 3.3).



Fig. 3.3. Materia primă din deșeuri utilizată la fabricarea panourilor în condiții de laborator; a. – deșeuri de ABS; b. – rumeguș de la mașina de îndreptat

Mai întâi, s-a realizat fracționarea particulelor, utilizând setul cu site oscilante cu ochiuri de maxim 4 mm x 4 mm, apoi s-au stabilit obiectivele cercetării în următoarea ordine:

- *testarea mai multor proporții ABS : lemn, începând de la 100 % ABS : 0 % rumeguș, până la 50 % ABS : 50 % rumeguș;*
- *analizarea integrității structurale a compozitelor pentru toate rețetele și eliminarea celor fragile;*
- *determinarea densității pentru panourile rămase;*
- *stabilirea testelor necesare în următoarele investigații.*

Distribuția mărimii particulelor stabilește procentul de participare al particulelor cu aceeași mărime într-o mostră dintr-un anumit material. Pentru particulele de ABS s-a extras o mostră cu masa de 25 g, care s-a așezat în setul de site cu ochiuri de 4 x 4, 3 x 3, 2 x 2, 1 x 1 și 0.5 x 0.5 (mm²), pe sita cu ochiurile cele mai largi. Dispozitivul oscilant (Fig. 3.4, a) a fost reglat la frecvența maximă, iar durata acestei operații a fost de 10 minute. Particulele colectate în fiecare sită au fost cântărite cu o precizie de 0,01 mm (Fig. 3.4, b).

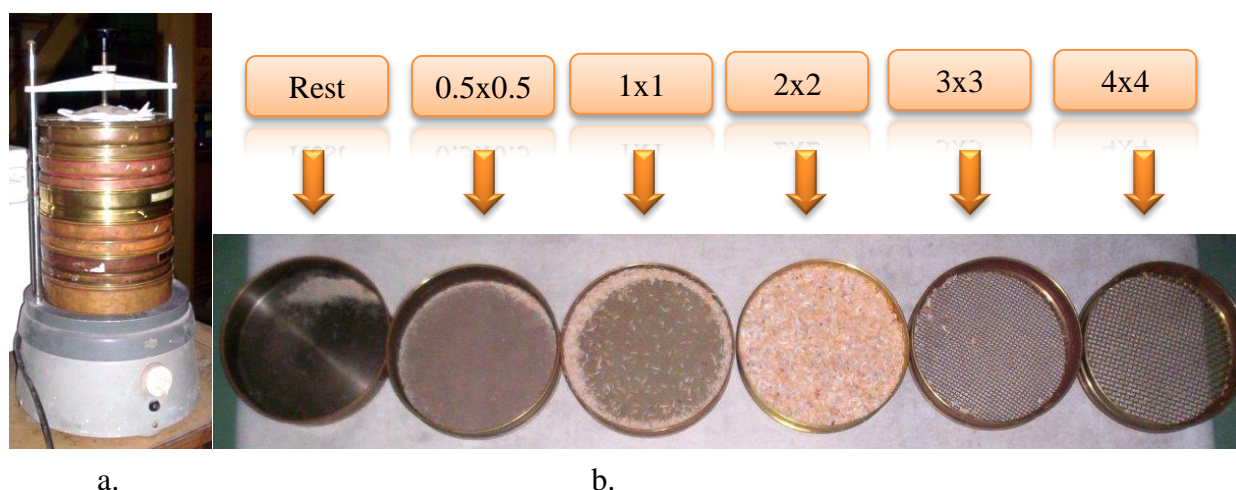


Fig. 3.4. Determinarea distribuției mărimii particulelor; a. - setul de site oscilante; b. - colectarea particulelor în sitele de diverse mărimi

S-a calculat procentul de participare al așchiilor din fiecare sită împărțind masa de particule colectată în fiecare sită, la masa totală a eșantionului (în cazul nostru 25 g).

Folosind *metoda sfertului* (Lunguleasa *et al*, 2009) s-au măsurat particulele din fiecare sită, prin scanare și măsurare în AutoCAD, după calibrarea desenului la scara 1 : 1. Câteva exemple de măsurători sunt prezentate în figura 3.5.

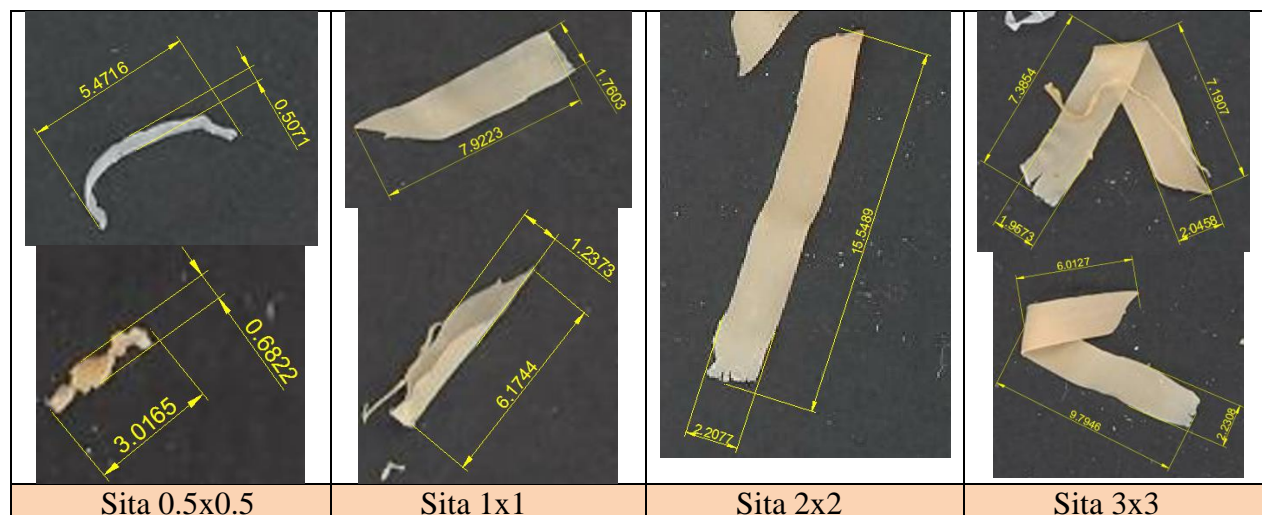


Fig. 3.5. Măsurarea particulelor de ABS în AutoCAD

Așa cum se poate observa și în figura 3.4, majoritatea particulelor au fost reținute de sita cu ochiuri de 2 mm x 2 mm, cele mai puține în sita cu ochiuri de 0.3 mm x 0.3 mm, iar în sita 4 mm x 4 mm, deloc.

Procentul de participare al așchiilor, în funcție de mărime, în sitele utilizate pentru determinarea experimentală, este prezentat în figura. 3.6.

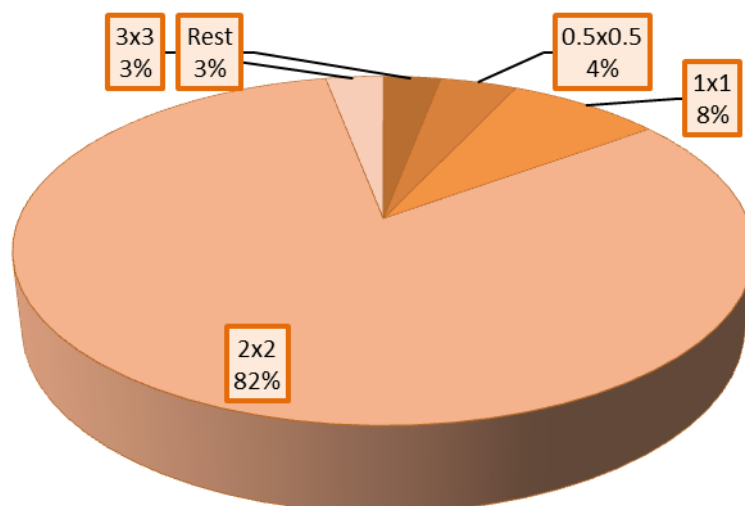


Fig. 3.6. Procentul de participare al așchiilor, în funcție de mărime în eșantionul analizat

Distribuția mărimii particulelor, în %, în funcție de lungimea și lățimea lor, este prezentată în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1.

Distribuția mărimii particulelor, în funcție de lungimea și lățimea particulelor de ABS

Dimensiuni		Distribuția mărimii particulelor (%) în lungime și lățime					Valoare medie %
		4 x 4	3 x 3	2 x 2	1 x 1	0.5 x 0.5	
Lungime, în <i>mm</i>	L>15	-	12.3	6.6	0.0	0.0	5.0
	L=10.1-15	-	43.2	10.0	6.3	5.8	13.0
	L=5-10	-	19.8	55.0	41.7	33.1	44.0
	L<5	-	24.7	28.4	52.1	61.2	38.0
Lățime, în <i>mm</i>	<0.5	-	13.6	3.1	10.4	8.3	6.6
	0.5-1.00	-	9.9	7.8	16.7	77.7	23.1
	1.01-2.00	-	27.0	20.1	72.9	14.0	28.0
	2.01-2.50	-	22.2	69.0	0.0	0.0	38.6
	>2.5	-	27.3	0.0	0.0	0.0	3.6

Din analiza efectuată se poate constata că particulele de ABS din deșeurile colectate au dimensiuni mici, doar 5 % având lungimi peste 15 *mm*, cele mai numeroase, (44 %), având lungimi medii între 5 *mm* și 10 *mm*. Particulele cu lățimea în intervalul 2 *mm* - 2.5 *mm* au fost cele mai numeroase (38.6 %), majoritatea lor fiind colectată în sita cu ochiuri de 2 *mm* x 2 *mm* (69 %).

Datele despre procentul în care se încadrează particulele într-o anumită dimensiune, oferă date care ajută la stabilirea unei tehnologii în cazul panourilor compozite care utilizează materia primă respectivă. În cazul ABS-ului, mărimea acestor particule și cantitatea lor ajută la stabilirea unor temperaturi de presare, timp și presiuni necesare topirii integrale a masei de particule, astfel încât să se obțină o structură compactă și rezistentă.

Codificarea panourilor, proporțiile de participare și parametrii de presare utilizați la realizarea panourilor din deșeurile de ABS și rumeguș, sunt prezentate în tabelul 3.2. Cele două componente (ABS și rumeguș) au fost amestecate manual și introduse în rame speciale de PAL, cu dimensiunile de 450 *mm* x 450 *mm* x 18 *mm*. S-a folosit câte o foaie de teflon la contactul cu

platanele presei, iar ramele, după formarea covorului, au fost învelite în hârtie de copt pentru a menține particulele în rama de presare, deoarece covorul are inițial o grosime de 3 - 4 ori mai mare decât grosimea finală.

Tabelul 3.2.

Planificarea structurii compozitelor din deșeuri de ABS și rumeguș

Cod panou	Participarea, în %		T (°C)	t (min)	p (bar)
	Deșeuri de ABS	Rumeguș			
P1	100	0	130	20	20
P2	90	10	130	20	20
P3	85	15	130	20	20
P4	80	20	130	20	20
P5	70	30	130	20	20
P6	65	35	130	20	20
P7	55	45	130	20	20
P8	50	50	130	20	20

T – temperatura de presare, în °C;

t – timpul de presare, în min;

p – presiunea aplicată la presarea panourilor, în bar.

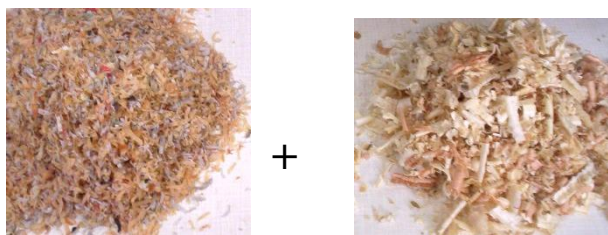
Tehnologia de obținere a compozitelor lemn-plastic din deșeuri de ABS și rumeguș este prezentată în figura 3.7. Această tehnologie s-a stabilit după câteva încercări de presare a unor panouri formate numai din particule de ABS, iar parametrii tehnologici (temperatura, presiunea și timpul) au fost modificați în mod crescător de fiecare dată.

Având în vedere faptul că particulele de ABS au dimensiuni reduse, s-a presat prima probă, realizată numai din acest tip de particule, la temperatura de 105 °C, acesta fiind punctul de topire al ABS-ului (http://www.dynalabcorp.com/technical_info_abs.as).

Pentru temperaturi de până la 120 °C, timpi de presare de până la 15 min și presiuni de până la 10 bar, gradul de compactare al panoului obținut nu a fost corespunzător. Încercând temperaturi de 135 °C – 140 °C și timpi de presare de 25 min – 30 min, s-au obținut panouri cu suprafața exterioară neomogenă (ondulată) și zone arse.



1. Pregătirea ramei



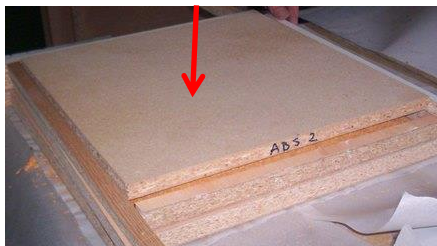
2. Amestecarea particulelor



3. Formarea covorului



4. Nivelarea covorului



5. Pre-presare manuală



6. Formarea pachetului pentru presare



7. PRESARE

temperatura: 130 °C; presiune: 20 bar; timp de presare: 20 min

Fig. 3.7. Tehnologia de obținere a panourilor din deșeuri de ABS și rumeguș, în condiții de laborator

Desenul acestor panouri este foarte interesant, deoarece se utilizează deșeuri de ABS de culori diferite, astfel încât nici un panou nu seamănă cu celălalt (Fig. 3.8).



Fig. 3.8. Desenele diferite ale panourilor din deșeuri de ABS, în funcție de culoarea particulelor componente

Densitatea panourilor a variat între 218 kg/m^3 și 243 kg/m^3 , crescând o dată cu creșterea proporției de lemn în panou. S-a determinat o creștere polinomială a densității în funcție de procentul de participare al lemnului în panou, așa cum reiese din graficul din figura 3.9.

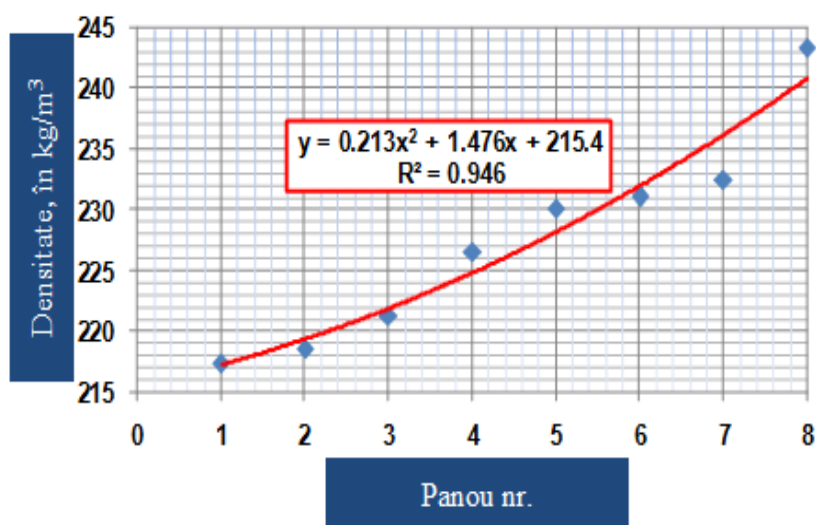


Fig. 3.9. Variația densității panourilor în funcție de procentul de participare al rumegușului în structură

În această etapă, analiza finală a panourilor realizate a constat în verificare integrității lor fizice și a menținerii structurii în condiții de manipulare. Numai cinci panouri au dovedit integritate structurală, celelalte au suferit distrugereri ale cantului și ruperi ale colțurilor, așa cum se poate observa în figura 3.10.

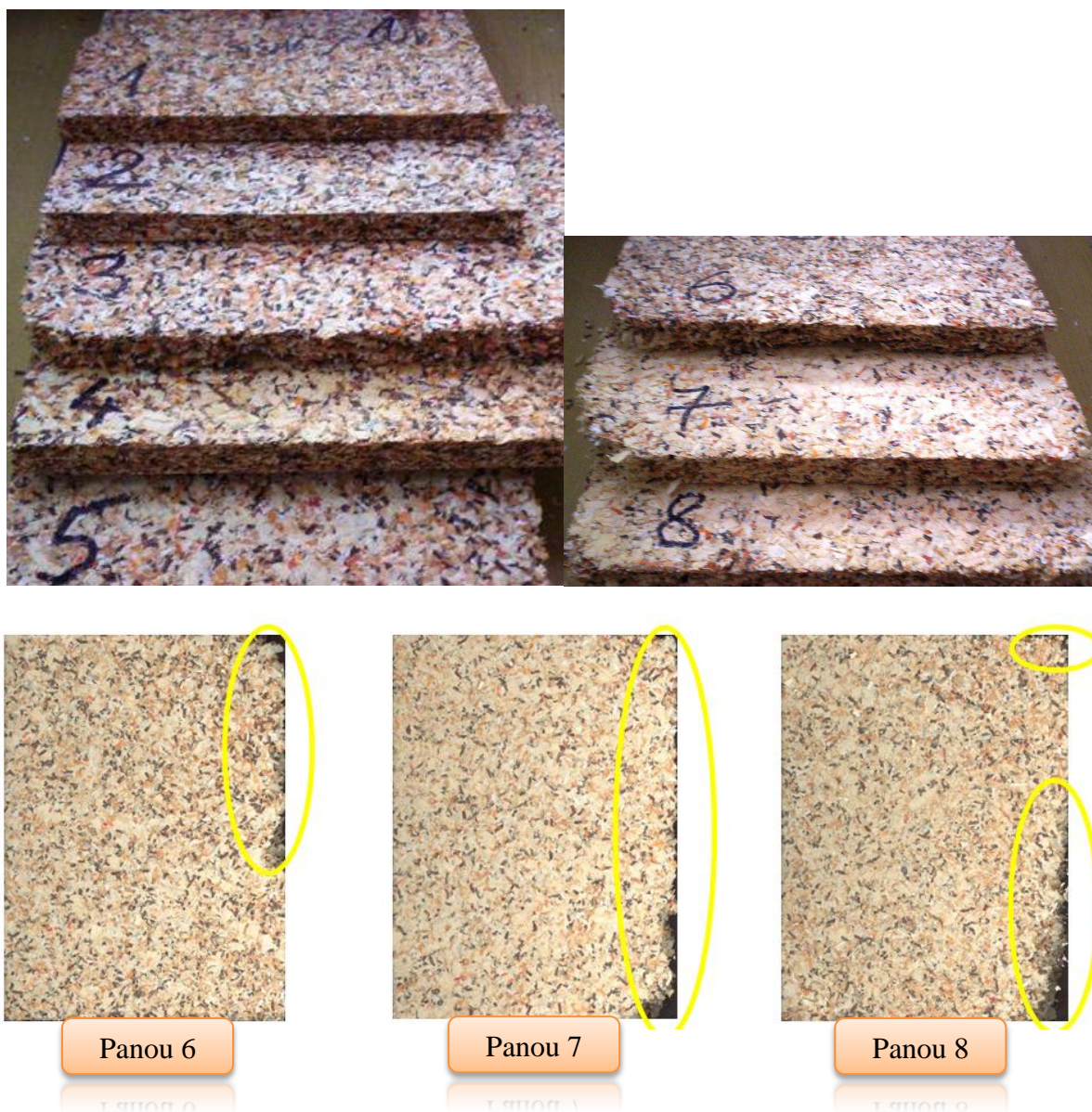


Fig. 3.10. Panourile din deșeuri de ABS și rumeguș investigate

Cele cinci panouri rămase vor fi testate din punct de vedere al rezistenței la imersie în apă pentru 24 h, deoarece, rumegușul din structură, având proprietăți higroscopice, poate afecta rezistența și stabilitatea dimensională a compozitului.

După această primă evaluare a panourilor studiate, se poate afirma că procentul maxim de rumeguș pe care l-ar putea îngloba acest material termoplast într-o structură compactă este de

max. 30 %. Fiind panouri cu densități atât de mici și cu o structură poroasă, ele s-ar preta ca material termo- și fonoizolant, motiv pentru care în obiectivele următoare ale cercetării sunt incluse următoarele testări:

- *umflarea la grosime și absorbția de apă după 24 h de imersie în apă;*
- *determinarea coeficientului de conductivitate termică (λ) pentru panourile rămase, în funcție de rezultatele testului de imersie;*
- *determinarea absorbției fonice prin testare la tubul acustic Kundt.*

3.2.2. Testarea rezistenței la apă a panourilor din deșeuri de ABS și rumeguș

Epruvetele pentru imersie, cu dimensiunile de 50 mm x 50 mm s-au debitat din câte două panouri de același tip, câte 5 bucăți din fiecare panou. Înainte de debitarea epruvetelor, panourile au fost condiționate la o temperatură de 20 °C și 65 % umiditate relativă a aerului, timp de 24 h. Fiecare epruvetă a fost scufundată în apa aflată la o temperatură de 20 °C, pentru 24 h, acestea fiind menținute sub apă de traversele vasului în care s-a efectuat testul (Fig. 3.11).

Pentru testul de imersie au fost investigate doar primele patru structuri și anume:

	Deșeuri de ABS, %	Rumeguș, %
P1	100	0
P2	90	10
P3	85	15
P4	80	20

Cea de-a cincea structură, cu 30 % conținut de rumeguș, a fost eliminată la debitarea epruvetelor pentru testul de imersie, suferind rupturi ale cantului și colțurilor în timpul tăierii.

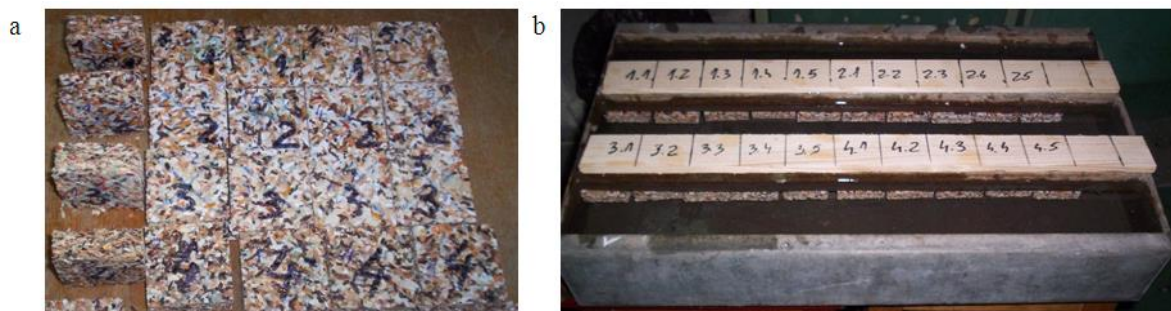


Fig. 3.11. Testul de imersie în apă; a. - epruvetele pregătite pentru testarea la imersie în apă; b. - vasul cu epruvetele imersate în apă

Rezultatele sunt prezentate în graficele din figura 3.12.

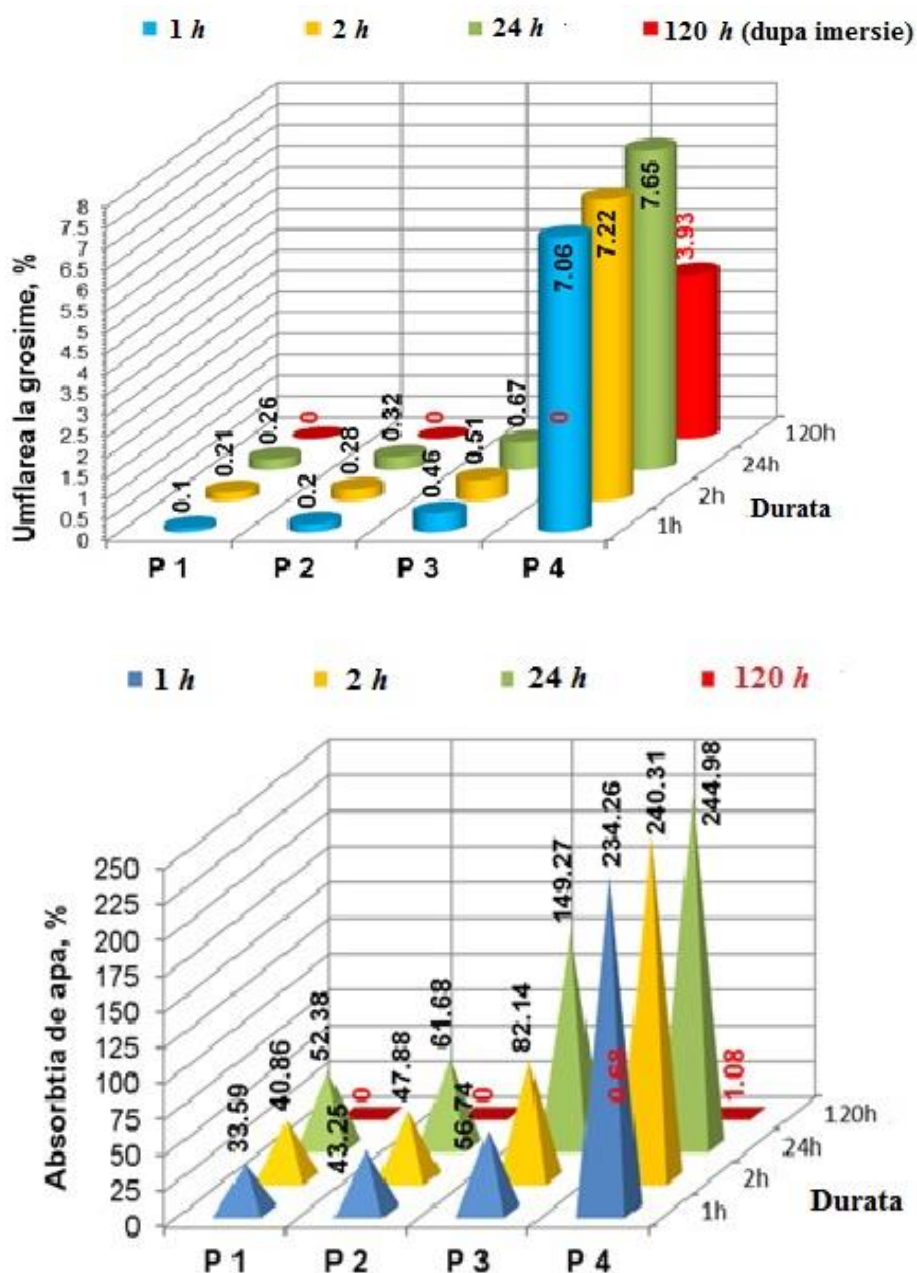


Fig. 3.12. Rezultatele la imersia în apă timp de 24 h pentru compozitele cu deșeuri de ABS și rumeguș

În comparație cu valorile găsite în literatura de specialitate (Tamrakar și Lopez-Anido, 2011; Aina *et al*, 2013), unde absorbția de apă maxim înregistrată după 209 zile de imersie în apă era de 18 %, absorbția de apă în cazul panourilor investigate în cercetarea de față a înregistrat valori între 33 % și 245 %, așa cum se poate observa în figura 3.12. Diferențele sunt enorme, dacă se ține seama de conținutul de 50 % fibre de lemn pe care îl avea compozitul lemn-plastic la care se face referire în respectiva lucrare. Explicația se leagă pe de-o parte de structura poroasă a

panourilor investigate în lucrarea de față (explicată și de densitatea foarte scăzută, în jur de 200 kg/m^3), care permite ca apa să penetreze profund în structură, acoperind toate golurile de aer, iar pe de altă parte de mărimea deșeurilor de lemn din structură, care au lungimi, lățimi și chiar și grosimi mari, de până la 2 mm . Acest rezultat confirmă afirmația găsită în literatura de specialitate (Izekor *et al*, 2013) și anume că o dată cu creșterea mărimii particulelor din lemn înglobate în masa plastică, instabilitatea dimensională a panoului respectiv crește, datorită higroscopicității lemnului.

La contactul epruvetelor cu apa, rumegușul a absorbit apa și a început să se umfle, slăbind legăturile formate în matricea polimerului, reducându-i rezistența. Micro-fisurile rezultate în urma tensiunilor induse de lemn au facilitat intrarea apei în miezul structurii, astfel încât, timp de 24 h de imersie, cantitatea absorbită de epruvete a crescut din ce în ce mai mult.

După cele 24 h de imersie în apă, epruvetele au fost scoase și lăsate la uscat timp de 120 h , după care s-au reluat măsurătorile de grosime ale epruvetelor și totodată și cântăririle maselor acestora, recalculându-se umflarea la grosime și absorbția de apă. Așa cum se poate observa și din graficul din figura 3.12, numai panourile P1 și P2 au revenit la starea inițială, apa fiind eliminată complet după 120 h de uscare, fără a le fi afectate integritatea structurii sau stabilitatea dimensională.

Datorită conținutului mai mare de rumeguș din structura panourilor P3 și P4 (15 %, respectiv 20 %), acestea au suferit modificări structurale, determinate de microfisurile apărute în timpul imersiei în apă. Acestea nu și-au mai recăpătat grosimea și masa inițială după cele 120 h de uscare, fapt ce demonstrează modificările structurale suferite.

Dinamica absorbției de apă pentru cele patru structuri investigate este ilustrată de graficul din figura 3.13, care urmărește absorbția apei în intervalul de 24 h .

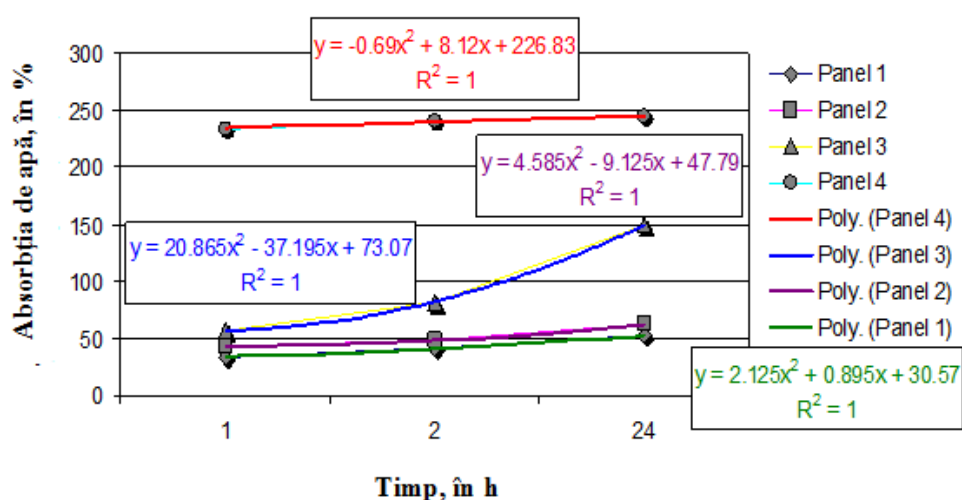


Fig. 3.13. Dinamica absorbției de apă pentru cele patru panouri din deșeurile de ABS și rumeguș, investigate

Se observă că epruvetele din panoul P3 au avut o dinamică mai ridicată decât celelalte, absorbția de apă accentuându-se după 2 h, în timp ce epruvetele din panoul P4 au absorbit foarte multă apă încă după 1 h de imersie, apoi absorbția a rămas aproape constantă.

Până în acest punct, investigațiile asupra panourilor realizate din deșeuri de ABS și rumeguș au arătat **că doar structurile cu până la 10 % rumeguș** se pot bucura de o integritate structurală, chiar și după imersie în apă. Un procent de participare mai mare a rumegușului din lemn în acest tip de structuri, poate produce modificări remanente în timpul imersiei în apă. Expuse din nou la apă, acestea microfisuri sau rupturi vor permite intrarea apei mai adânc în structura internă, producând de fiecare dată modificări și mai mari, ușurând intrarea apei din ce în ce mai adânc spre interior.

3.2.3. Testarea proprietăților de izolare termică și fonică a panourilor din deșeuri de ABS și rumeguș

Determinarea coeficientului de conductivitate termică

Conductivitatea termică este o caracteristică fizică a oricărui material, ce depinde de temperatură, presiune și natura materialului și este determinată experimental utilizând procedee bazate pe determinări în regim termic staționar și nestaționar.

Mărimea conductivității termice poate fi apreciată prin valoarea coeficientului de conductivitate termică λ , definit prin cantitatea de căldură ce traversează o probă de material cu suprafața de $1 m^2$ și grosime de $1 m$, în timp de $1 oră$, pentru o diferență de temperatură de $1 ^\circ C$, între două fețe perpendiculare pe fluxul termic.

Coeficientul de conductivitate termică (λ) s-a măsurat pe echipamentul HFM 436/6/1 Lambda de fabricație germană, în 8 puncte, pe panouri de $600 mm \times 600 mm \times 18 mm$, prin metoda plăcilor plane, în care fluxul termic unitar transmis pe direcția normală la suprafețele izoterme se determină cu ecuația lui Fourier:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot \Delta t \quad (W/m^2) \quad (3.1)$$

în care: λ este coeficientul de conductivitate termică, în $W/m \cdot K$;

δ - grosimea plăcii, în m ;

Δt - diferența de temperatură între suprafețele plăcii, în K .

Prin urmare, coeficientul de conductivitate termică este numeric egal cu fluxul termic care traversează unitatea de suprafață a unei plăci de grosime unitară (relația 3.2).

$$\lambda = \frac{q \cdot \delta}{\Delta t} \quad (\text{W/mK}) \quad (3.2)$$

Determinarea acestui coeficient presupune măsurarea experimentală a mărimilor q , δ și Δt . Acest lucru s-a realizat experimental pe echipamentul *HFM 436/6/1 Lambda*, (Fig. 3.13), prevăzut cu un platan cald și unul rece, între care se amplasează epruveta de testare cu dimensiuni de $600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$. Fluxul de căldură determinat de diferența de temperatură între platanul cald și platanul rece, stabilită înainte de pornirea experimentului, este măsurată cu ajutorul unui senzor. Echipamentul este prevăzut la partea superioară cu un dispozitiv de măsurare a grosimii, astfel încât calculează și densitatea panoului măsurat.

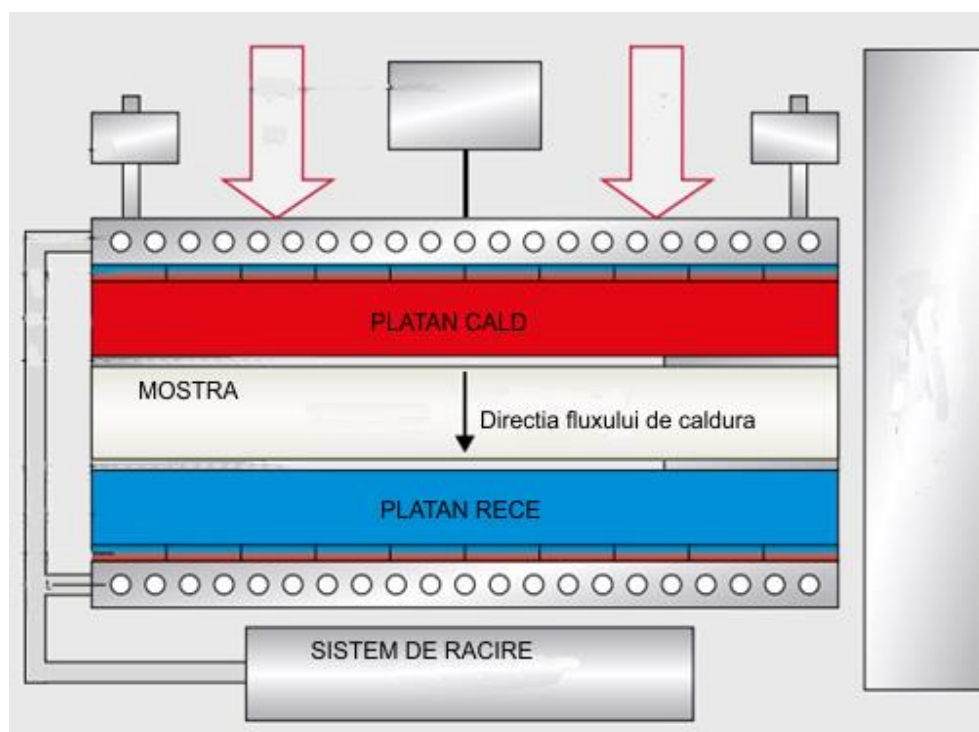


Fig. 3.13. Schema de lucru a echipamentului HFM 436/6/1 Lambda (<http://ap.netzschcdn.com/>)

Rezultatele experimentale obținute pentru determinarea coeficientului de conductivitate termică sunt prezentate în tabelul 3.3, pentru patru diferențe de temperatură: $\Delta T = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Coeficientul de conductivitate termică pentru polistirenul expandat cu densități în intervalul $10 \text{ kg/m}^3 - 30 \text{ kg/m}^3$, determinat de unii cercetători prin metoda platanelor este între $0,036 \text{ W/mK}$ și $0,046 \text{ W/mK}$ (Yucel *et al*, 2003).

Valorile obținute pentru panourile studiate sunt foarte apropiate de cele ale polistirenului expandat, astfel că se poate afirma că ele sunt foarte bune izolatoare termice, putând fi considerate înlocuitori ai polistirenului, având avantajul că sunt obținute 100 % din deșeuri.

Pentru o analiză mai ușoară a datelor din tabelul 3.3, acestea s-au prezentat grafic în figura 3.14.

Tabelul 3.3.

Coeficientul de conductivitate termică pentru structurile cu ABS și rumeguș

Plăci	Deșeuri de ABS, %	Rumeguș, %	λ , în W/mK			
			$\Delta T=15\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta T=30\text{ }^{\circ}\text{C}$
P1	100	0	0.043	0.044	0.045	0.046
P2	90	10	0.050	0.047	0.046	0.045
P3	85	15	0.045	0.047	0.046	0.047
P4	80	20	0.049	0.050	0.051	0.050

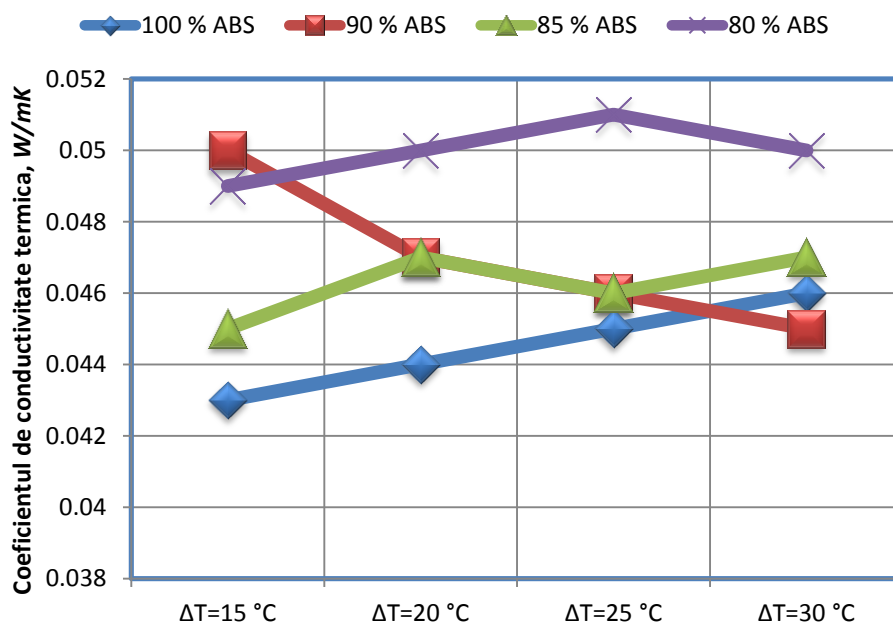


Fig. 3.14. Compararea rezultatelor privind coeficientul de conductivitate termică al panourilor din deșeuri de ABS și rumeguș în diferite proporții

La diferențe mici de temperatură ($\Delta T = 15 \text{ }^\circ\text{C}$), există diferențe mai mari între valorile coeficienților de conductivitate termică (λ), pentru cele patru tipuri de panouri. Aceste diferențe se reduc pentru $\Delta T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ și $\Delta T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Se poate afirma că, odată cu mărirea procentului de rumeguș de lemn din structura acestor compozite, crește coeficientul de conductivitate termică, deci scade puterea lor de izolare termică. Acest lucru este confirmat de valorile obținute pentru panourile P1 și P4, primul neavând de loc în compoziție lemn, iar al doilea având un procent de rumeguș de 20 %. Pentru panourile P1 și P4, tendința este de creștere a coeficientului de conductivitate termică odată cu creșterea diferenței de temperatură, ΔT , dar celelalte panouri nu respectă această regulă.

Panoul cu cel mai bun potențial de izolare termică este panoul P1, care nu are deloc în structura sa rumeguș de lemn. Acesta s-a comportat cel mai bine și la testele de imersie în apă timp de 24 h. Rămâne de văzut în ce măsură este și un bun izolator fonic.

Determinarea coeficientului de absorbție fonică

Determinarea coeficientului de absorbție fonică s-a realizat prin metoda tubului de impedanță, denumită și metoda tubului *Kundt*, conform standardului SR EN ISO 10534-1:2005. Principiul acestei metode este acela de evaluare a câmpului de unde plane staționare care se propagă într-un tub, descompunându-se în unde incidente și unde reflectate atunci când întâlnesc epruveta de încercat. Se măsoară astfel nivelele de presiune acustică minimă și maximă.

Coeficientul reflexiei se calculează cu relația:

$$R = \left(\frac{H - e^{-jks}}{e^{jks} - H} \right) * e^{2k(1+s)} \quad (3.3)$$

în care: k este numărul de undă;

s – distanța dintre microfoane, în mm ;

l – distanța între primul microfon și suprafața epruvetei, în mm .

Coeficientul de absorbție se poate determina apoi cu relația 3.4:

$$\alpha = 1 - |R|^2 \quad (3.4)$$

Determinarea experimentală s-a realizat pe un tub *Kundt SCS80FA* cu soft de achiziționare și de prelucrare a datelor, prezentat în imaginea din figura 3.15, aflat în dotarea Institutului de Cercetare Dezvoltare al Universității *Transilvania* din Brașov.

Câteva date tehnice ale tubului *Kundt* sunt prezentate în tabelul 3.4.



Fig. 3.15. Tubul de impedanță Kundt pe care s-a determinat proprietatea de absorbție fonică a compozitelor din deșeuri de ABS și rumeguș

Tabelul 3.4.

Date tehnice ale tubului Kundt

Nr. crt.	Denumirea caracteristicii	Mărimea
1	Diametrul tubului	100 mm
2	Frecvența de răspuns	70-1800 Hz
3	Distanța sursă-epruvetă	550 mm
4	Distanța microfon-epruvetă	100 mm
5	Distanța microfon-microfon	50 mm

Sunetul pe care îl produce sursa sonoră se propagă în tub sub formă de unde staționare. Presiunea acustică inițială este măsurată de primul microfon, iar presiunea acustică reflectată de către epruvetă este măsurată de către cel de-al doilea microfon. Semnalele sunt achiziționate cu un analizor de semnal și sunt prelucrate mai departe de soft-ul echipamentului.

Au fost pregătite epruvete de formă circulară, cu diametrul de 100 mm (Fig. 3.16), cu grosimea de 18 mm, din următoarele tipuri de panouri:

	Deșeuri de ABS, %	Rumeguș, %
P1	100	0
P2	90	10
P3	85	15
P4	80	20
P5	70	30



Fig. 3.16. Epruvete cu diametrul de 100 mm pregătite pentru determinarea coeficientului de absorbție fonică

Rezultatele experimentale sunt prezentate în figurile 3.17 – 3.21.

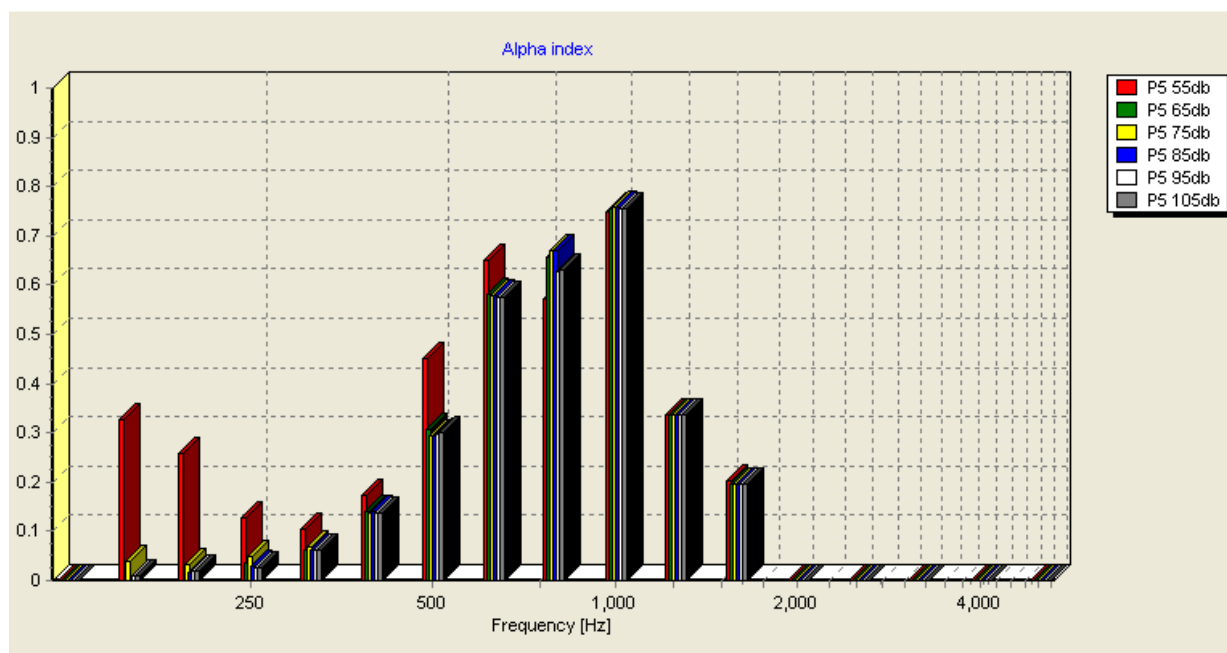


Fig. 3.17. Coeficientul de absorbție fonică în intervalul de frecvențe 70 Hz - 1800 Hz, pentru panoul P1

Se observă în acest caz că cel mai mare coeficient de absorbție se înregistrează pentru frecvența de 1000 Hz, pentru toate nivelurile de zgomot. Pentru un zgomot de 55 dB, puterea de absorbție este mai mare până la frecvența de 600 Hz. Valoarea maximă a coeficientului de absorbție este sub 0.8.

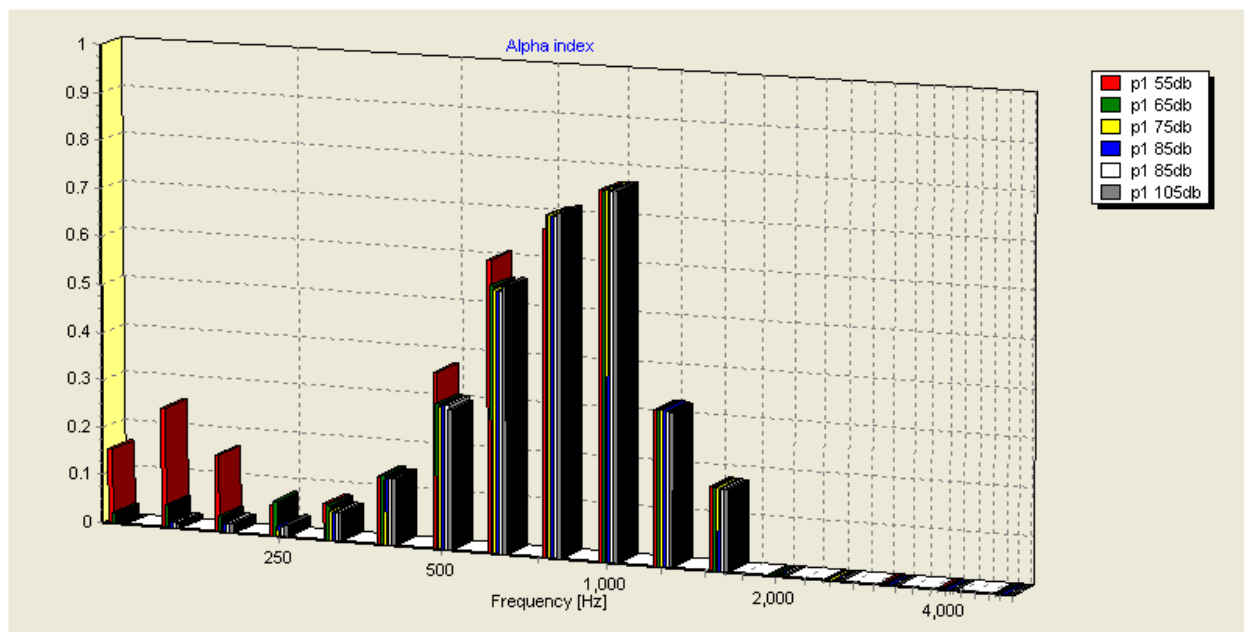


Fig. 3.18. Coeficientul de absorbție fonică în intervalul de frecvențe 70 Hz -1800 Hz, pentru panoul P2

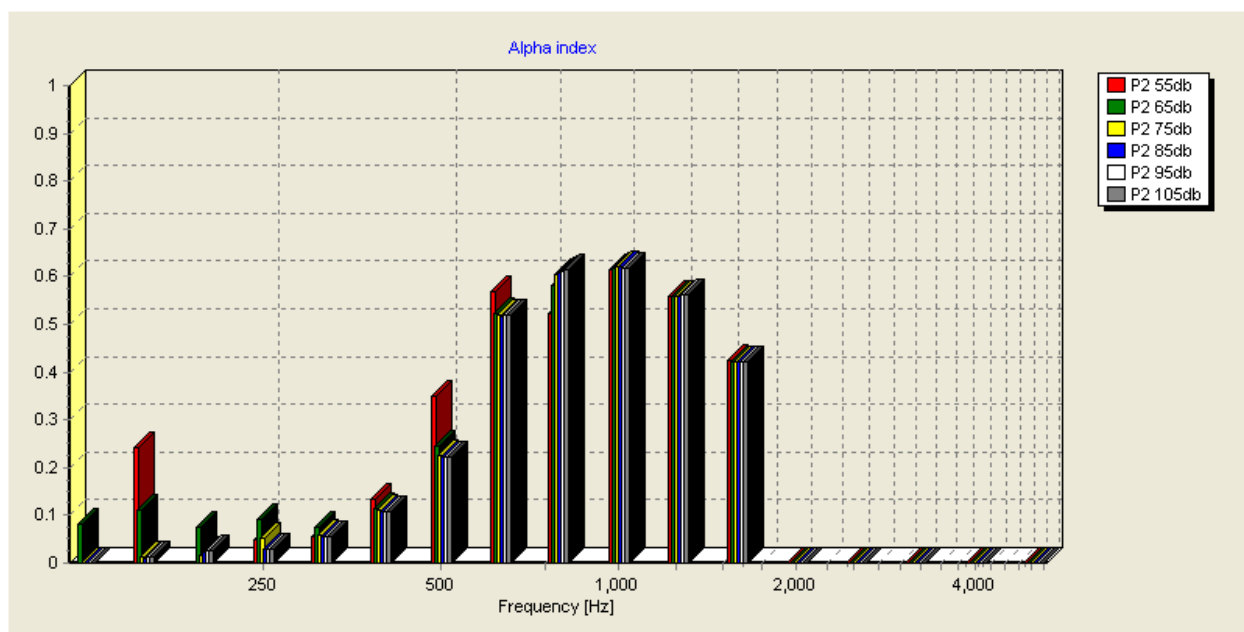


Fig. 3.19. Coeficientul de absorbție fonică în intervalul de frecvențe 70 Hz -1800 Hz, pentru panoul P3

Panoul P3 înregistrează un coeficient de absorbție mult mai mic, în jur de 0.6, ceea ce-l situează într-o clasă inferioară de absorbție.

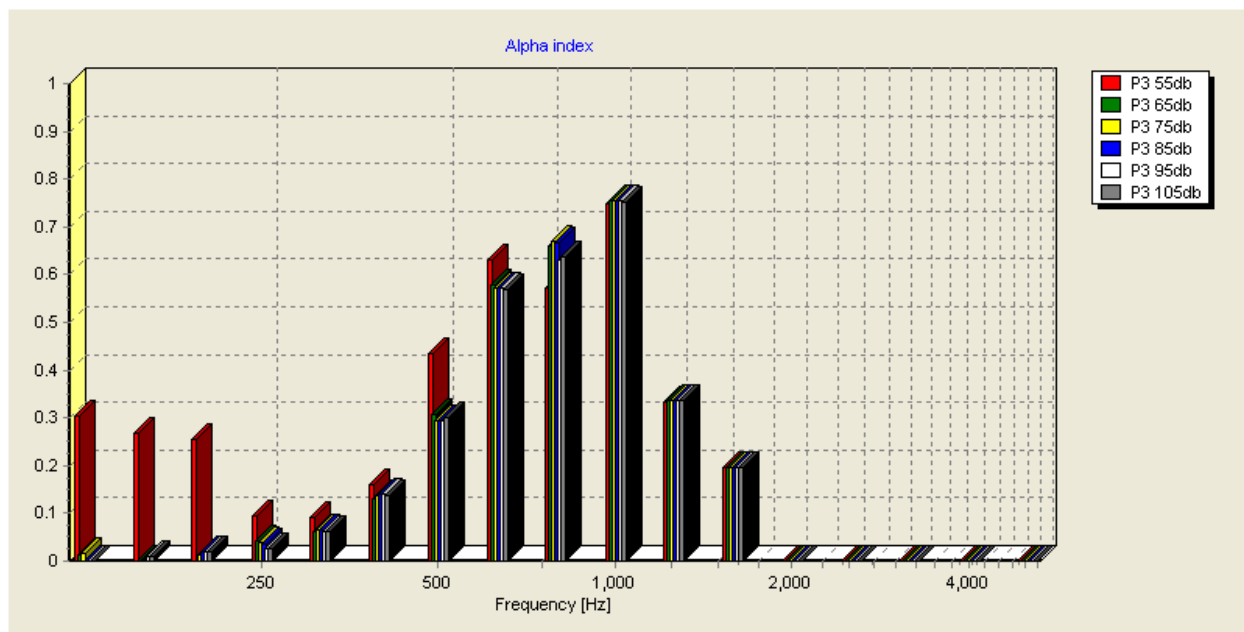


Fig. 3.20. Coeficientul de absorbție fonică în intervalul de frecvențe 70 Hz -1800 Hz, pentru panoul P4

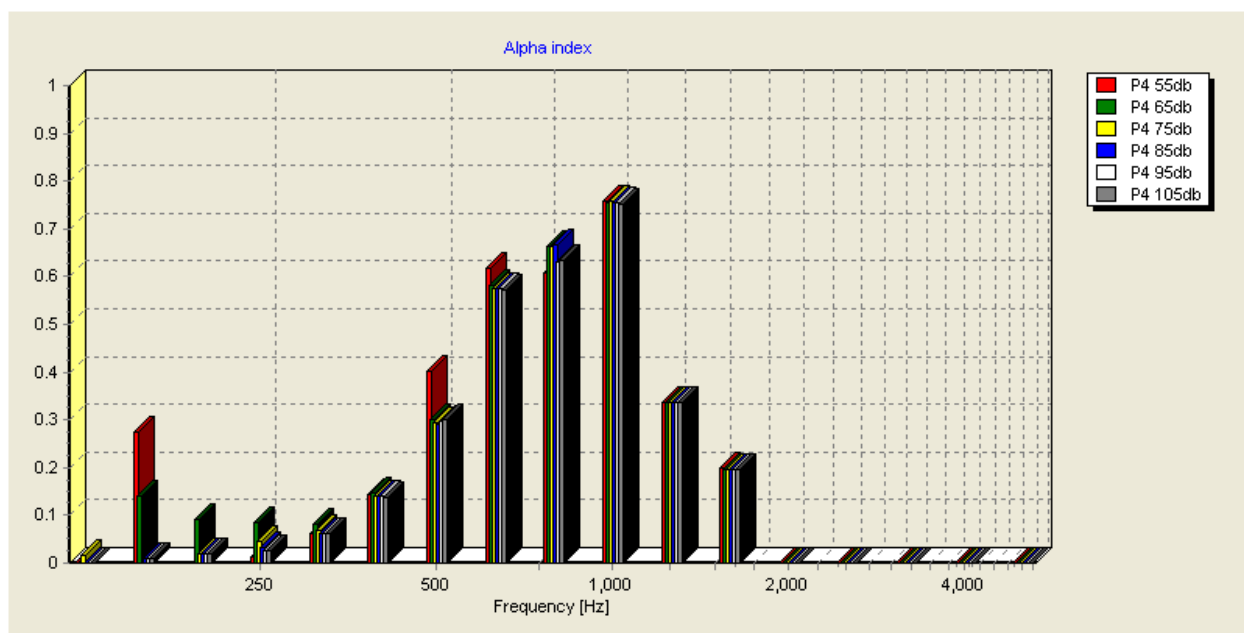


Fig. 3.21. Coeficientul de absorbție fonică în intervalul de frecvențe 70 Hz -1800 Hz, pentru panoul P5

Nu există diferențe semnificative între coeficienții de absorbție ai panourilor studiate, ceea ce înseamnă că aportul de rumeguș de lemn în structura panourilor nu influențează coeficientul de absorbție fonic. Toate structurile înregistrează un coeficient de absorbție sub 0.8.

Conform standardului SR EN ISO 11654, în funcție de coeficientul de absorbție, se face clasificarea materialului într-o clasă de absorbție fonică, clasa A aparținând materialelor cu coeficientul de absorbție cel mai bun (Tabelul 3.5).

Tabelul 3.5.

Clasele de absorbție fonică în funcție de coeficientul de absorbție fonică (SR EN ISO 11654)

Coeficientul de absorbție, α	Clasa de absorbție fonică
1.00 – 0.90	A
0.85 – 0.80	B
0.75 – 0.60	C
0.55 – 0.30	D
0.25 – 0.15	E
0.10 – 0.00	-

Din rezultatele obținute la testarea capacității de izolare termică și fonică a compozitelor din deșuri de ABS și rumeguș, rezultă că aceste tipuri de structuri sunt bune izolatoare termice, dar destul de slabe izolatoare fonice, deoarece coeficientul de absorbție (α) s-a încadrat pentru toate structurile în intervalul 0.6 – 0.75.

Structurile panourilor nu vor depăși în compoziția lor 10 % rumeguș din lemn, deoarece peste această valoare rezistența la apă este scăzută, iar prin imersie în apă, panourile suferă modificări structurale remanente.

Este recomandat pentru izolare termică panoul cu 100 % ABS, având coeficientul de conductivitate termică foarte apropiat de cel al polistirenului și totodată o densitate scăzută, în jur de 200 kg/m^3 .

3.3. Cercetări experimentale privind realizarea unor compozite termo- și fonoizolante din deșuri textile, așchii din lemn și diverși lianți

3.3.1. Testarea proprietăților de izolare termică a compozitelor aglomerate din deșuri textile, așchii din lemn și diverși lianți

Polistirenul este astăzi cel mai utilizat material pentru izolarea termică a clădirilor. Acesta a fost clasificat ca și posibil material cancerigen de către Agenția Internațională de Cercetare a Cancerului, identificându-se totodată 57 se substanțe chimice poluante în timpul arderii acestuia.

Deoarece nu se poate recicla, perioada sa de degradabilitate fiind de 400 de ani, problema deșeurilor acestui material este una majoră, ținând cont și de consumul lui intensive. Un alt dezavantaj al acestui material îl constituie faptul că este inflamabil la temperaturi reduse și arde foarte repede în caz de incendiu. În timp, adiția de materiale ignifuge a crescut valoarea temperaturii de aprindere a polistirenului, temperatura de utilizare recomandată acestui material rămânând totuși la 75 °C (D'souza *et al*, 1981).

În ciuda caracteristicilor sale negative, polistirenul, ca și produs petrochimic, salvează 70 % din pierderile de căldură ale unei construcții, având și avantajul unei densități scăzute. Coeficientul de conductivitate termică (λ), determinat prin metoda platanului, se încadrează pentru polistirenul expandat cu densități între 10 kg/m³ și 30 kg/m³ în intervalul 0.036 kg/m³ - 0.046 W/mK (Yucel *et al*, 2003).

Coeficientul de conductivitate termică este principalul indicator al capacității de izolare termică a unui material, determinându-se pentru diverse materiale și structuri. S-a determinat experimental, de exemplu, (Folaranmi, 2008), că proprietățile de izolare termică ale argilei se îmbunătățesc de aproape patru ori (de la 0,250 W/mK la 0,06 W/mK) dacă se combină cu rumeguș, și doar cu 25% dacă se combină cu cenușă. S-a constatat astfel că materialele compozite au un caracter termoizolant mai bun decât materialele pure. Modelările matematice și simulările pe calculator ajută la determinarea corectă a transferului termic, care depinde de temperatură, structura materialului și umiditatea acestuia (Mar, 2008). Tehnologia de obținere a materialului influențează și ea coeficientul de conductivitate termică a unui material. Performanța polistirenului extrudat, din punct de vedere al izolării termice, s-a îmbunătățit prin expandarea acestuia cu agenți halogenați, dar și prin adăugarea de substanțe chimice care să-i îmbunătățească anumite proprietăți (Chau și Paquet, 2004).

Cercetările prezentate în acest capitol constituie obiectul contractului câștigat prin competiție națională în cadrul *Programului 4 - „Parteneriate în domeniile prioritare”*, pe care autoarea tezei de abilitare l-a coordonat în perioada 2008-2011. Cercetările cuprinse în acest contract (Contract 72-200/2008, intitulat *„Compozite (bio)degradabile cu inserții textile pentru produse ambientale ecologice”*, acronim BIOCMPTEX), s-au axat pe investigarea unor structuri de compozite biodegradabile, care să utilizeze deșeuri textile, așchii și fibre din lemn ca materiale de ranforsare, înglobate în diverși lianți ecologici și care să se constituie în posibile materiale de izolare termică pentru clădiri, astfel încât să ofere soluții alternative ecologice sectorului de construcții civile și industriale.

Pentru realizarea compozitelor ecologice s-au utilizat deșeuri de lână netoarsă din sectorul industrial, așchii și fibre din lemn și lianți acrilici, argilă, făină de grâu, ciment, gips și praf ceramic, amestecate și presate la rece în forme confecționate din lemn (Fig. 3.22), iar în final formatizate la dimensiuni de 300 mm x 300 mm x 35 mm.

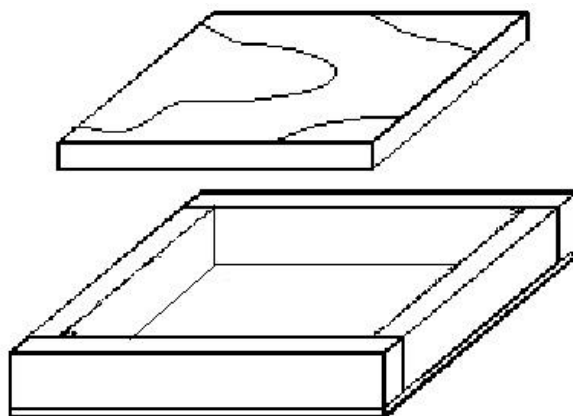


Fig. 3.22. Cutii din lemn utilizate la formarea compozitelor

Uscate în forme timp de 48 h la temperaturi de 40 °C - 50 °C, până când apa s-a evaporat complet, panourile obținute s-au păstrat la condiționare timp de 7 zile, la temperatura mediului, apoi au fost formatizate și testate din punct de vedere termic și fonic.

Structurile propuse inițial pentru determinările coeficientului de conductivitate termică (λ) sunt prezentate în figura 3.23, iar compoziția acestor structuri în Tabelul 3.6

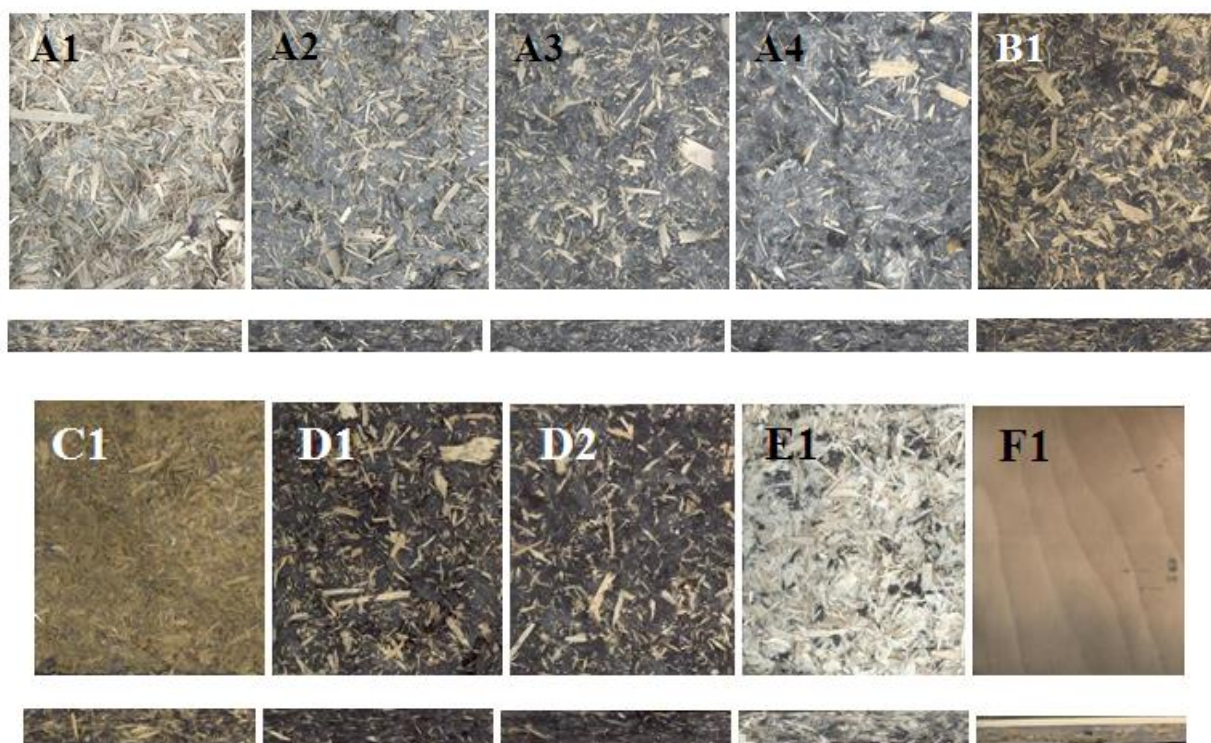


Fig. 3.22. Structuri propuse pentru determinarea proprietăților de izolare termică (Coșereanu *et al.*, 2010)

Tabelul 3.6.

Compoziția structurilor propuse

Cod	Insertii				Lianți, în %				Apă, în %
	Așchii lemn	Lână	Fibre de iută	Polietilenă	Copolimer acrilic (vopsea lavabilă)	Copolimer acrilic (lac)	Argilă	Făină de grâu	
A1	x	x		-	40	-	-	-	60
A2	x	x		-	60	-	-	-	40
A3	x	x		-	50	-	-	-	50
A4	x	x		-	45	-	-	-	55
B1	x	x		-	-	-	-	50	50
C1	x	x		-	-	-	60	-	40
D1	x	x		-	-	100	-	-	-
D2	x	x		-	-	100	-	-	-
E1	x	x		x	100	-	-	-	-
F1	x		x	x					

Insertiile au reprezentat 40 % din amestecul compoziției, în timp ce lianții (împreună cu apa, acolo unde este cazul) au reprezentat 60 % din amestec. Pentru structura F1 s-au utilizat granule de polietilenă în proporție de 40 % din amestec, iar compoziția s-a preset între două foi de furnir de fag cu grosime de 1.1 mm. Presarea s-a realizat, în acest caz, la o temperatură de 200 °C la o presiune de 10 bar.

Epruvetele utilizate la determinarea coeficientului de conductivitate termică (λ) au avut dimensiunile de 240 mm x 240 mm x 35 mm. Metoda aplicată este cea a platanilor, epruveta fiind situată între platanul cald (superior) și cel rece (inferior). Diferența dintre platanii se menține constantă și uniform, astfel încât suprafețele epruvetei sunt considerate izoterme. Partea centrală a platanului superior este încălzită cu o rezistență electrică, iar restul platanului este încălzit cu apă la aceeași temperatură ca cea din partea centrală. Astfel, la nivelul platanului nu există transfer termic, iar întreaga energie consumată este transmisă, prin intermediul epruvetei, platanului inferior. Energia electrică consumată și transmisă prin epruvetă reprezintă fluxul termic transferat prin suprafețele izoterme ale acestuia. Prin aplicarea legii lui Fourier (relația

3.1) se poate determina prin calcul coeficientul de conductivitate termică (relația 3.2). Echipamentul utilizat, al cărui principiu este prezentat în figura 3.23 există în cadrul Departamentului de Termodinamică și Mecanica Fluidelor din cadrul Universității *Transilvania* din Brașov, fiind capabil să determine valori ale coeficientului de conductivitate termică (λ) situat în intervalul $0,029 \frac{W}{mK}$ - $1,977 \frac{W}{mK}$. Rezultatele experimentale obținute pentru compozitele studiate sunt prezentate în tabelul 3.7

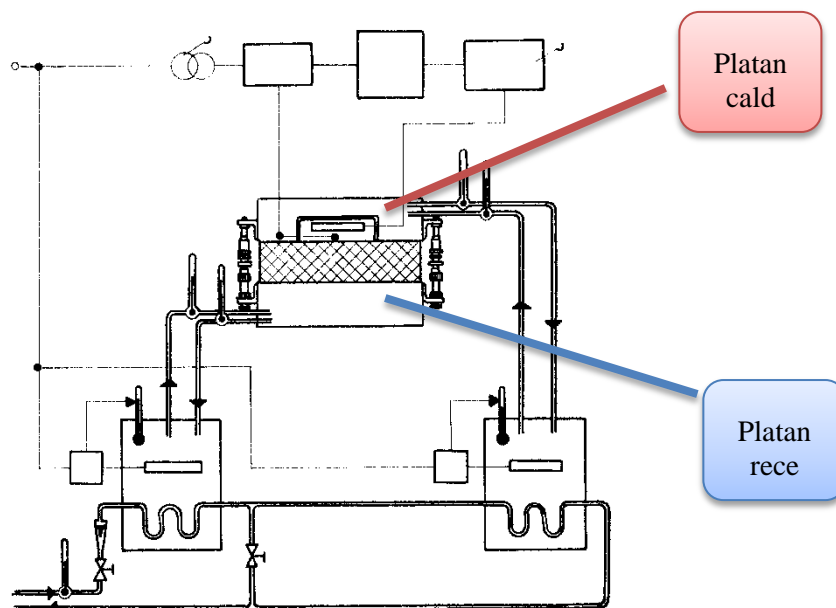


Fig. 3.23. Schema de lucru a echipamentului pentru determinarea coeficientului de conductivitate termică (λ) (Cosereanu *et al*, 2010)

Tabelul 3.7.

Coeficientul de conductivitate termică (λ) determinat experimental pentru structurile propuse

Cod	Lungime, în mm	Lățime, în mm	Grosime, g în mm	Volumul în m ³	Masa, în kg	Densitate ρ în kg/m ³	λ , în W/mK
A1	0.252	0.252	0.030	0.0019	0.377	197.89	0.067
A2	0.252	0.252	0.037	0.0023	0.448	190.67	0.070
A3	0.252	0.252	0.027	0.0017	0.420	244.95	0.063
A4	0.252	0.252	0.037	0.0023	0.407	173.22	0.054
B1	0.252	0.252	0.034	0.0022	0.619	286.69	0.063
C1	0.252	0.252	0.030	0.0019	1.194	626.73	0.064
D1	0.252	0.252	0.038	0.0024	0.381	157.88	0.047
D2	0.252	0.252	0.030	0.0019	0.368	193.16	0.051
E1	0.255	0.255	0.030	0.0020	0.202	103.55	0.119
F1	0.252	0.252	0.010	0.0006	0.514	809.40	0.084

În tabelul 3.8 sunt prezentate mai multe materiale și coeficientul lor de conductivitate termică (λ), valori găsite în anumite baze de date (http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html)

Tabelul 3.8.

Conductivitatea termică (λ) pentru mai multe tipuri de material utilizate în construcții

Material	Densitate, kg/m^3	Coeficient de conductivitate termică (λ), în $\frac{W}{mK}$
Căramizi	800	0.279
	1000	0.384
	1200	0.442
	1400	0.523
	1600	0.733
	1800	1.233
Hârtie	700	0.140
Placaj	600	0.151
Fibră de sticlă	-	0.04
Lemn de stejar	650	0.243
Lemn de pin și molid	450-500	0.16
Plută	-	0.043
Argilă	-	0.15-1.8
Lână din fibră de sticlă	-	0.04
Lână	-	0.07
Aer	-	0.024
Plastic, spume izolante	-	0.03-0.04
Folie polietilenă cu grosime de 0.2 mm	-	0.17
Spumă de polietilenă	-	0.43
Polistiren expandat, grosime de 30 mm	20	0.04
Polistiren extrudat, grosime de 20 mm	-	0.035-0.036
PVC	-	0.19

În graficul din figura 3.24 se poate face comparația între valorile coeficientului de conductivitate termică (λ) obținut experimental pentru compozitele propuse și valorile găsite în literatura de specialitate pentru alte materiale utilizate în construcții: lemn de pin, polistiren expandat sau extrudat. Structura C1 are în compoziție argilă și lână, iar valorile coeficientului de conductivitate termică obținut experimental pentru aceasta se situează sub valorile materialelor pure (lână și argilă), așa cum se observă în graficul din figura 3.24. Se verifică astfel afirmația că

materialele compozite au proprietăți termice mai bune decât materialele pure care le compun (Folaranmi, 2008). Astfel, structura C1, care conține argilă, lână și așchii de lemn, are coeficientul de conductivitate termică (λ) mai bun decât fiecare din aceste componente.

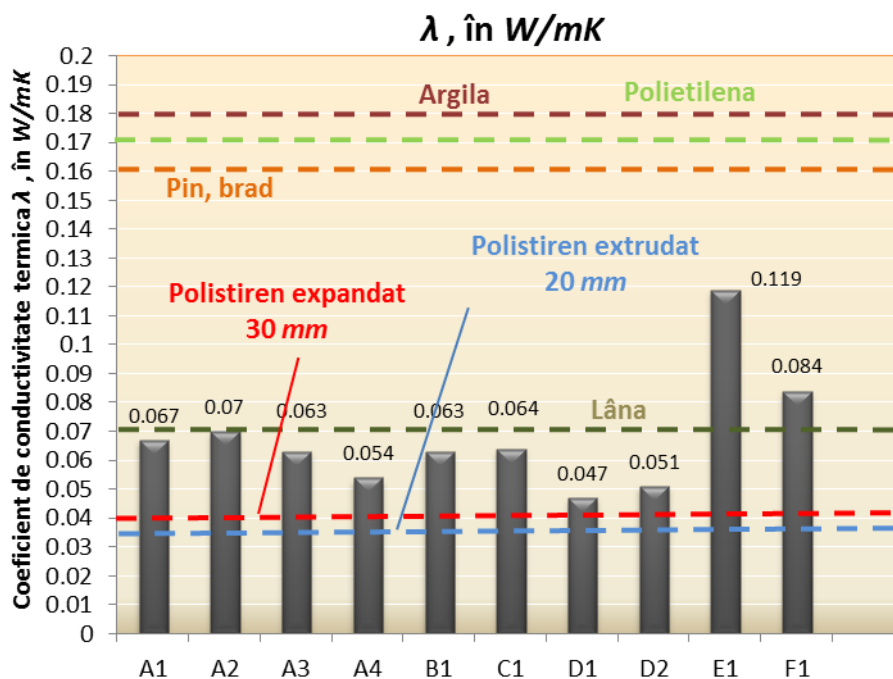


Fig. 3.24. Coeficientul de conductivitate termică (λ) determinat experimental pentru compozitele studiate, comparativ cu materialele pure pe care le conțin și cu alte material bune izolatoare

Cel mai bine s-au comportat structurile cu copolimer acrylic (lac), respective structurile D1 și D2, ale căror coeficient de conductivitate, ca valoare, se apropie de cea a polistirenului expandat de 30 mm. Prezența polietilenei în structură (structurile E1 și F1), în afară de avantajul faptului că ajută la crearea unei bariere termice, nu aduce și avantajul unei capacități mai bune de izolare termică, deși ambele structuri au coeficientul de conductivitate termică mai scăzut decât al polietilenei (Fig. 3.24).

Structura cu polietilenă E1, realizată la rece, este mai slab termoizolantă decât structura cu polietilenă obținută la cald (F1) – 0.019 W/mK față de 0.084 W/mK. O cercetare microscopică la interfața dintre furnir, fibrele de iută și polietilena în stare topită a structurii F1, prezentată în Fig. 3.25 arată o structură compactă, polietilena topită reușind să înglobeze elementele de ranforsare, respective fibrele de iută și așchiile din lemn și totodată să realizeze aderența între furnirele fețelor și masa compactă a miezului.

Cercetări viitoare ar putea fi întreprinse pentru optimizarea acestei structuri (F1), care, prin schimbarea parametrilor de presare, prin introducerea fibrelor de lână în structură, a unor furnire cu grosime mai mica, ar putea realiza o izolare termică mai bună. Structura E1 s-a dovedit fragilă, colpolimerul acrilic și polietilena nereușind să realizeze o adeziune corespunzătoare.

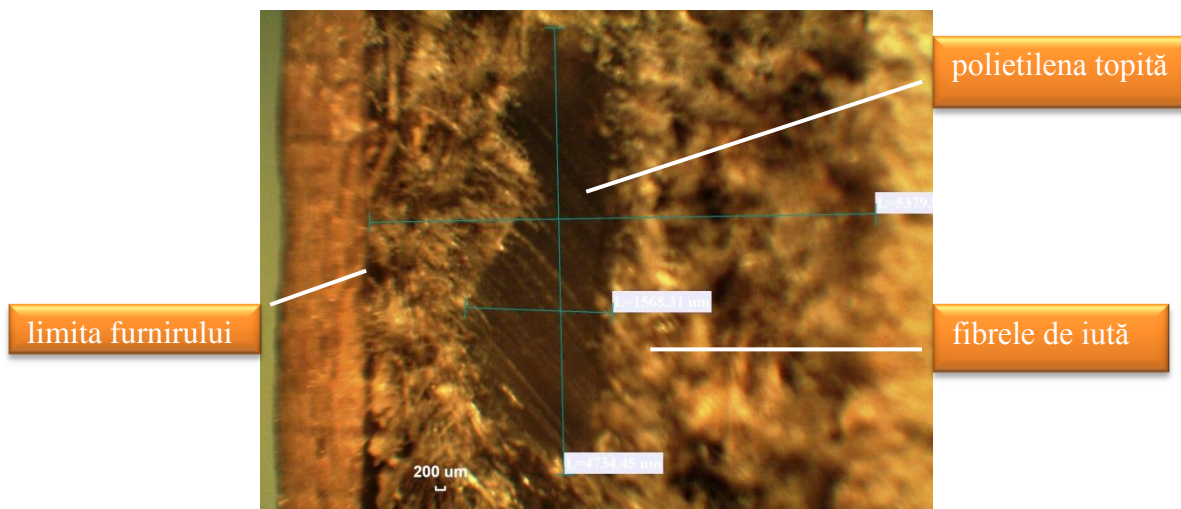


Fig. 3.25. Cercetare microscopică asupra structurii F1

Destul de bine s-au comportat și structurile cu liant din argilă (C1) și făină de grâu (B1), pentru care coeficientul de conductivitate termică (λ) se situează pe aceeași treaptă cu cel al structurii A3 (50 % vopsea lavabilă și 50 % apă) și anume la valoarea de $0.063 \text{ W/mK} - 0.064 \text{ W/mK}$.



Fig. 3.26. Epruvete rezultate din compozitele termoizolante biodegradabile realizate

Pentru optimizarea rețetelor au fost realizate și testate alte optsprezece tipuri de panouri aglomerate termoizolante din deșeuri de lână, așchii sau fibre din lemn, adăugându-se lianții care s-au comportat bine în cercetarea preliminară și alții noi, și anume: copolimeri acrilici, făină de grâu, lut, gips, ciment și praf ceramic, în diferite alte proporții (Tabelul 3.9).

Tabelul 3.9

Codificarea și componentele panourilor termoizolante biodegradabile realizate experimental

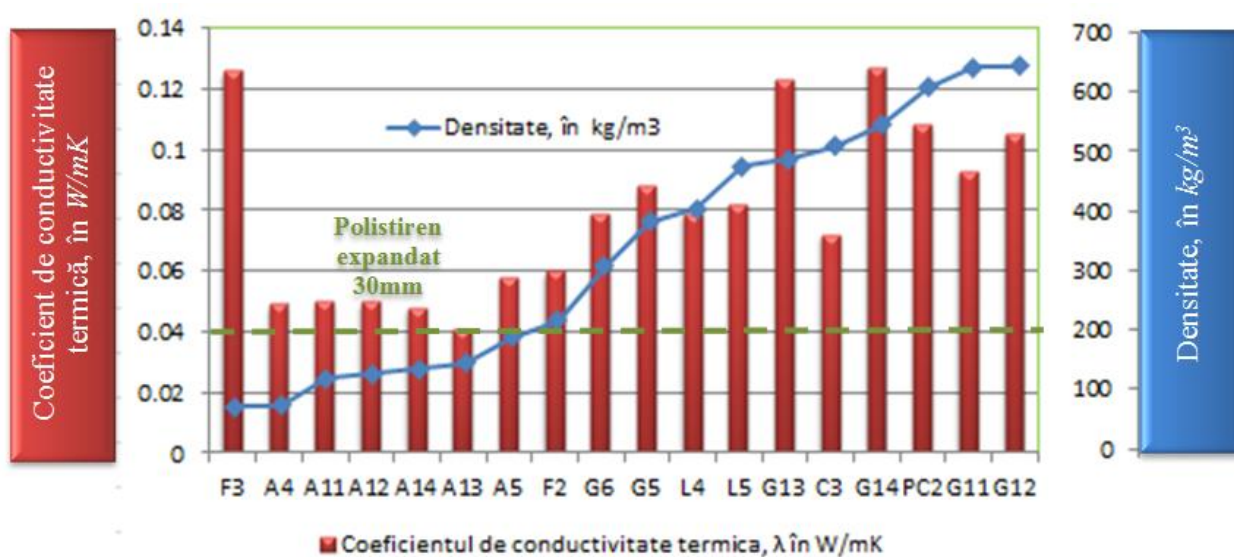
Cod panou	ELEMENTE DE RANFORSARE, în g			Fețe	LIANȚI, în g						Apă, în g
	Așchii din lemn	Fibre textile	Fibre de lemn		Carton	Făină	Lut	Gips	Lac acrilic	Ciment	
F2	100	100	100	-	500	-	-	-	-	-	1000
F3	150	150	-	-	500	-	-	-	-	-	1000
L4	150	150	-	-	-	800	-	-	-	-	600
L5	150	150	-	-	-	1000	-	-	-	-	700
G5	150	150	-	-	-	-	600	-	-	-	500
G6	150	150	-	-	-	-	600	-	-	-	500
G11	150	150	-	-	-	-	1000	-	-	-	800
G12	100	100	100	-	-	-	1000	-	-	-	900
G13	100	100	100	2 fețe	-	-	1000	-	-	-	1000
G14	150	150	150	2 fețe	-	-	1000	-	-	-	1300
A4	150	150	-	-	-	-	-	350	-	-	-
A5	100	100	100	-	-	-	-	500	-	-	500
A11	100	100	100	-	-	-	-	400	-	-	400
A12	100	100	100	-	-	-	-	500	-	-	400
A13	100	100	100	-	-	-	-	600	-	-	400
A14	100	100	100	-	-	-	-	700	-	-	400
C3	150	150	-	-	-	-	-	-	440	-	250
PC2	100	100	100	-	-	-	-	-	-	1000	800

Modul de realizare al panourilor este cel utilizat și descris în cercetarea preliminară. Coeficientul de conductivitate termică (λ) a fost determinat în aceleași condiții experimentale, prin metoda platanelor, iar epruvetele au fost formatizate la aceleași dimensiuni de 250 mm x 250 mm, obținându-se de această dată grosimi variabile, așa cum se poate observa în tabelul 3.10, unde s-au prezentat și rezultatele determinate experimental.

Tabelul 3.10

Caracteristicilor panourilor termoizolante biodegradabile realizate experimental

Nr. crt.	Cod	Dimensiuni, în mm			Volumul, în m ³	Masa în kg	Densitate, în kg/m ³	Coefficientul de conductivitate termică, λ în W/mK
1	F2	257	250	28.19	0.00181145	0.474	262	0.060
2	F3	250	250	57.08	0.00356766	0.465	130	0.126
3	C3	250	250	23.47	0.00146719	0.779	531	0.072
4	PC2	258	256	23.99	0.00158474	0.986	622	0.108
5	L4	250	250	22.58	0.00141125	0.614	435	0.079
6	L5	260	250	23.85	0.00155058	0.777	501	0.082
7	G5	250	250	24.53	0.00153344	0.637	415	0.088
8	G6	250	245	25.77	0.00157841	0.549	347	0.079
9	G11	257	250	24.10	0.00154859	1.014	654	0.093
10	G12	256	250	22.73	0.00145488	0.955	656	0.105
11	G13	250	250	32.69	0.00204367	1.047	512	0.123
12	G14	250	250	32.96	0.0020600	1.162	564	0.127
13	A4	250	250	38.18	0.00238679	0.315	132	0.049
14	A5	250	250	24.44	0.00152789	0.363	237	0.058
15	A11	250	250	30.72	0.00192023	0.336	174	0.050
16	A12	250	250	31.90	0.00199375	0.359	180	0.050
17	A13	258	250	30.75	0.00198386	0.392	197	0.041
18	A14	250	250	31.25	0.00195351	0.371	189	0.048

Fig. 3.27. Coeficientul de conductivitate termică (λ) și densitatea (ρ) panourilor studiate

Se poate observa din graficul din figura 3.27 că nu există o interdependență între densitate și coeficientul de conductivitate termică (λ); pentru panoul F3 cu densitate mică (130 kg/m^3) s-a obținut un coeficient de conductivitate termică ridicat (0.126 W/mK), în timp ce pentru panoul C3 cu densitate mare (531 kg/m^3) s-a obținut un coeficient de conductivitate termică mai scăzut (0.072 W/mK).

Compozitele termoizolante biodegradabile cu lac acrilic ca și liant (structurile A4, A11, A12, A13, A14) au rezultat din nou cu un coeficient de conductivitate termică (λ) scăzut, respectiv între 0.041 W/mK și 0.058 W/mK . Dintre acestea, cea mai avantajoasă structură este A4, la care consumul de lac este cel mai mic. Structuri cu rezultate relativ bune sunt F2, respectiv C3, prima cu făină de grâu și a doua cu ciment, la care valorile înregistrate ale coeficientului de conductivitate termică au fost 0.060 W/mK , respectiv 0.072 W/mK .

3.3.2. Cercetări teoretice și experimentale privind capacitatea de izolare termică a unor structuri complexe

Cele 18 tipuri de compozitele propuse în subcapitolul 3.3.1 au fost utilizate în prezenta cercetare în structuri tip sandwich și comparate cu structura de zid de cărămidă din punct de vedere al izolării termice. Structura sandwich este alcătuită din trei straturi: fața interioară este o placă uzuală de OSB, miezul se schimbă succesiv cu una din cele optsprezece structuri prezentate în tabelul 3.9, iar cea de-a doua față (cea exterioară) este o structură compozită realizată din așchii de lemn și ciment (codul C3 în tabelul 3.9), așa cum se poate observa în figura 3.28. Cercetarea teoretică a capacității de izolare termică s-a realizat prin simulare computerizată, iar verificarea datelor s-a realizat experimental.

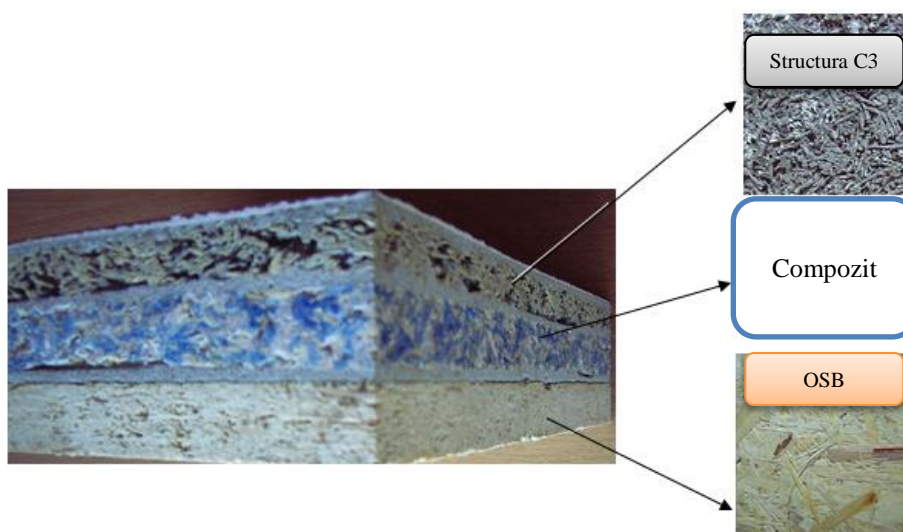


Fig. 3.28. Structura sandwich analizată teoretic prin simulare computerizată

În simularea computerizată, compozitul din miezul structurii sandwich va lua, pe rând, forma și caracteristicile panourilor prezentate în tabelul 3.10.

Pentru aceste structuri s-au calculat rezistența termică și fluxul termic, comparându-se între ele. Rezistența termică specifică la transferul de căldură unidirecțional al unui element din construcții omogen reprezintă capacitatea de izolare termică. Valoarea acestei mărimi, pentru structurile stratificate, se calculează cu relația 3.5.

$$R = R_{SI} + \sum R_S + R_{SE}, \quad \text{în } m^2 K / W \quad (3.5)$$

în care: R_{SI} este rezistența la transfer termic superficial la nivelul suprafeței interioare, în $m^2 K/W$ și se calculează cu relația 3.6.

$$R_{SI} = \frac{1}{\alpha_i}, \quad \text{în } m^2 K/W \quad (3.6)$$

în care: α_i este coeficientul de transfer termic superficial la interior;

R_S – rezistența termică specifică a unui strat omogen al elementului de construcții și se determină cu relația 3.7. Pentru mai multe straturi ale unei structurii sandwich se însumează rezistențele termice specifice fiecărui strat omogen ($\sum R_S$).

$$R_S = \frac{d}{\lambda}, \quad \text{în } m^2 K/W \quad (3.7)$$

în care: d este grosimea, în mm , și λ este coeficientul de conductivitate termică, în W/mK ;

R_{SE} – rezistența la transfer termic superficial la nivelul suprafeței exterioare, în $m^2 K/W$ și se calculează cu relația 3.8.

$$R_{SE} = \frac{1}{\alpha_e}, \quad \text{în } m^2 K/W \quad (3.8)$$

în care: α_e este coeficientul de transfer termic superficial la exterior.

Cu cât rezistența termică este mai mare, cu atât materialul este mai bun din punct de vedere al izolării termice. Fluxul termic, q , reprezintă cantitatea de căldură, Φ , schimbată într-o oră printr-o suprafață de arie dată, A (relația 3.9).

$$q = \Phi * A, \quad \text{în } W/m^2 \quad (3.9)$$

Pentru simularea computerizată s-au introdus datele obținute în cercetările anterioare: dimensiunile panourilor, coeficientul de conductivitate termică pentru fiecare dintre straturile structurii sandwich. Interfața soft-ului pentru introducerea datelor se poate observa în figura 3.29, iar rezultatele după prelucrarea datelor sunt prezentate în figurile 3.30 și 3.31.

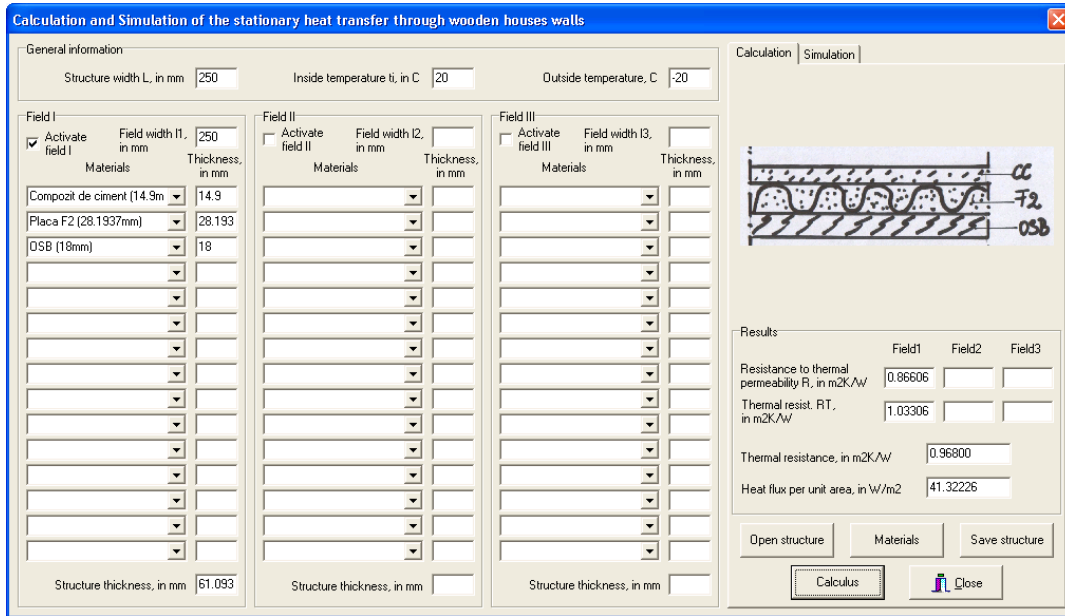


Fig. 3.29. Interfața soft-ului pentru introducerea datelor în vederea simulării computerizate a proprietății de izolare termică a unor structuri complexe

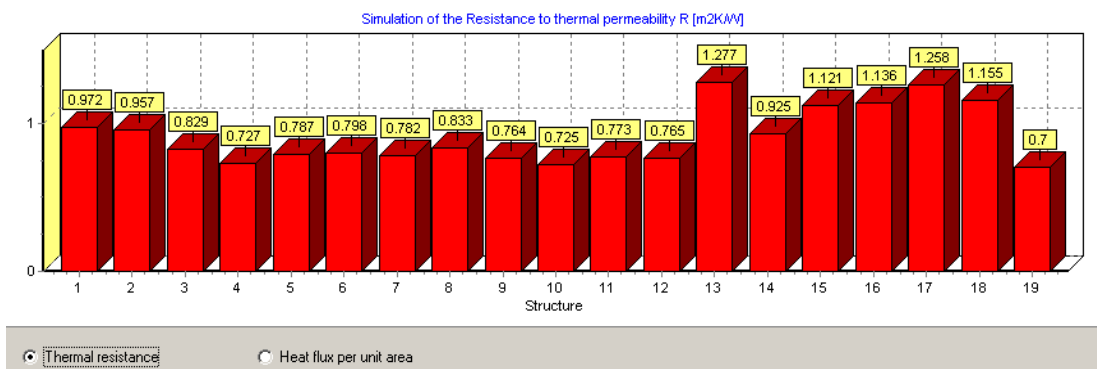


Fig. 3.30. Rezultatele simulării rezistenței termice pentru structurile 1-18, ca miez în structura sandwich comparate cu un zid de cărămidă cu goluri cu grosime de 400 mm (structura 19)

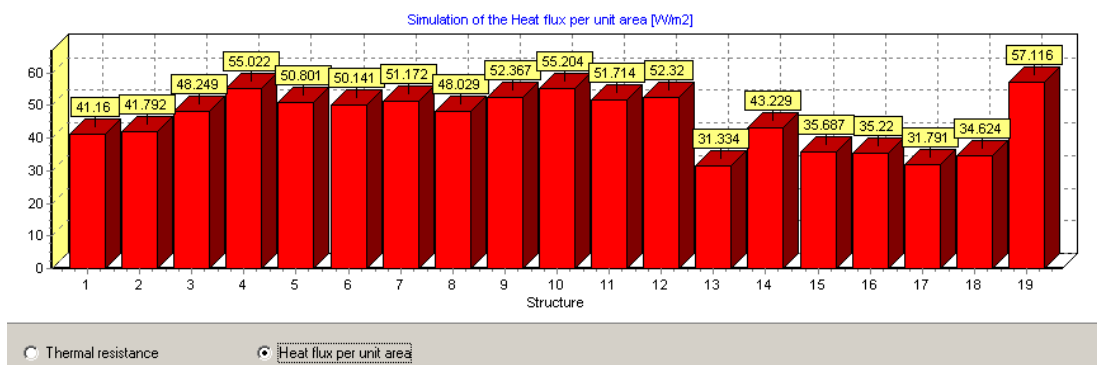


Fig. 3.31. Rezultatele simulării fluxului termic pe unitatea de suprafață pentru structurile 1-18, ca miez în structura sandwich, comparate cu un zid de cărămidă cu goluri cu grosime de 400 mm (structura 19)

Având în vedere grosimile diferite ale compozitelor studiate, pentru o comparație mai corectă s-a realizat simularea computerizată pentru obținerea rezistenței termice și a fluxului termic pentru o structură de 1 mm grosime. Rezultatele sunt prezentate în figurile 3.32 și 3.33..

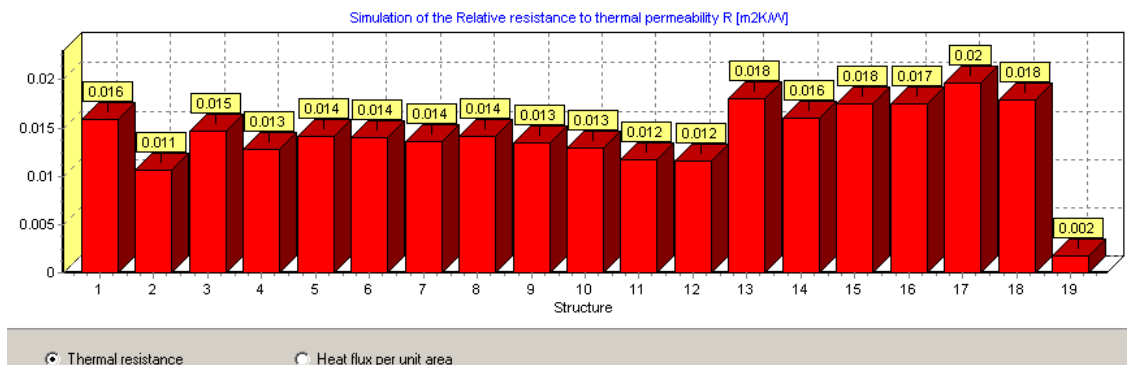


Fig. 3.32. Rezultatele simulării rezistenței termice pentru 1 mm din structurile 1-18 ca miez, comparate cu 1 mm structură de zid de cărămidă (structura 19)

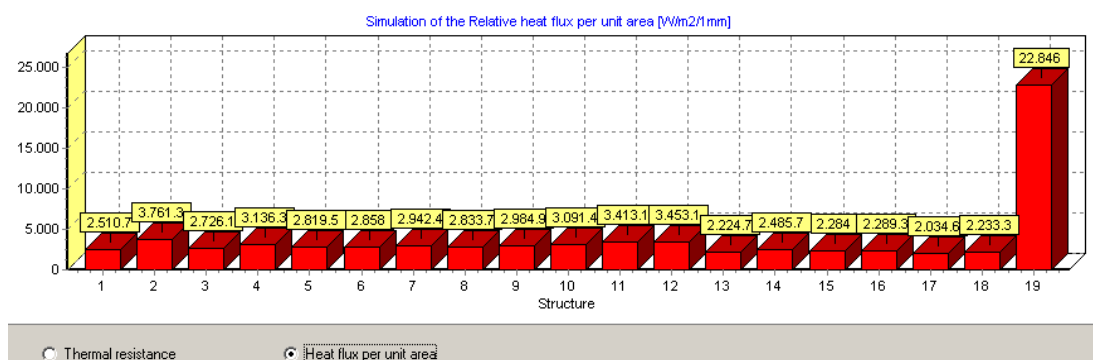


Fig. 3.33. Rezultatele simulării fluxului termic pentru 1mm din structurile 1-18 ca miez, comparate cu 1 mm structură de zid de cărămidă (structura 19)

Valorile maxime ale rezistenței termice și valorile minime ale fluxului de căldură pe unitatea de suprafață, calculate pentru o temperatură interioară de 20 °C și o temperatură exterioară de -20 °C, s-au obținut pentru următoarele structuri în ordine: 17, 18, 13, 15, 16, 14, 1, 3, 5, 6, 7, 8, 4, 9, 10, 11, 12, respectiv A13, A14, A4, A11, A12, A5, F2, C3, L4, L5, G5, PC2, G11, G12, G13, G14.

Pentru structura sandwich având ca miez compozitul G12 s-a determinat experimental coeficientul de conductivitate termică (λ) prin metoda platanelor, obținându-se o valoare de 0,49 W/mK. Cu această valoare s-a calculat rezistența termică, obținându-se valoarea de 0,776 m²K/W, destul de apropiată de cea simulată pe calculator și anume de 0,725 m²K/W, rezultând o eroare teoretică de -7 % față de determinarea experimentală.

Conform rezultatelor cercetărilor din acest capitol, se poate concluziona astfel :

- *cele mai bune izolatoare termice sunt compozitele care utilizează ca liant lacul acrilic, urmate apoi de cele cu făină, ciment și gips.*
- *rezistența termică a zidului de cărămidă este mult mai redusă decât a structurilor analizate, iar fluxul termic mult mai mare. Pentru aceeași grosime de 1 mm, fluxul termic pentru structura cu lac acrilic A14 este de aproximativ 11 ori mai mic decât pentru un zid de cărămidă.*
- *Erorile care apar în determinările teoretice față de cele experimentale se datorează neomogenității structurilor compozite, de care programul de simulare nu poate ține cont.*

Ca cercetări viitoare pe acest subiect se pot realiza :

- *noi determinări experimentale pe aceste structuri sandwich comparate cu valorile obținute prin simulare, în așa fel încât să se poată determina o relație matematică între valoarea teoretică și cea experimentală.*

3.3.3. Testarea proprietăților de absorbție fonică a compozitelor din deșuri textile, așchii din lemn și diverși lianți

Câteva dintre compozitele termoizolante studiate în subcapitolele 3.3.1 și 3.3.2 au fost pregătite pentru testarea absorbției fonice. Codificarea și compoziția lor sunt prezentate în tabelul 3.11.

Tablelul 3.11.

Compozitele supuse testului de absorbție fonică

Cod	Insertii, g			Lianți, g				Apă, în ml
	Așchii lemn	Lână	Fibre din lemn	Copolimer acrilic (vopsea)	Copolimer acrilic (lac)	Argilă	Gips	
A1	150	150	-	200	-	-	-	300
A4	150	150	-	-	350	-	-	-
A11	100	100	100		400			
L4	150	150	-			800		500
G5	150	150					600	500
G12	100	100	100				1000	900

Coeficientul de absorbție fonică s-a determinat pe tubul Kundt cu următoarele caracteristici, prezentate în tabelul 3.12:

Tabelul 3.12.

Date tehnice ale tubului Kundt utilizat în determinarea experimentală

Nr. crt.	Denumirea caracteristicii	Mărimea
1	Diametrul tubului	64 mm
2	Limită inferioară de frecvență	100 Hz
3	Frecvență centrală	1600 Hz
4	Distanța sursă-microfon 1	370 mm
5	Distanța microfon 2-epruvetă	63.5 mm
6	Distanța microfon-microfon	31.8 mm

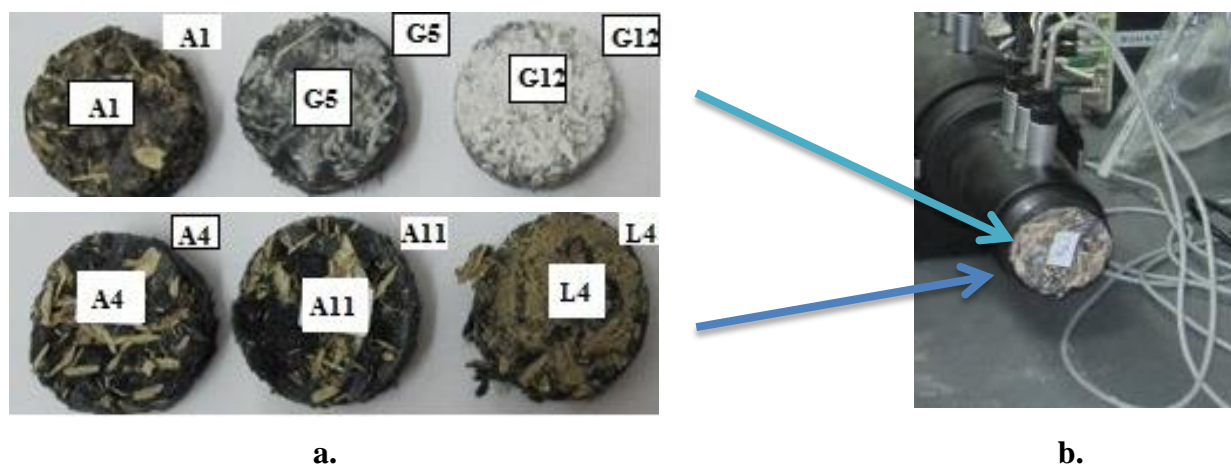


Fig. 3.34. Determinarea coeficientului de absorbție fonică; a. – epruvetele cu diametrul de 64 mm; b. – tubul Kundt cu epruveta pregătită pentru determinarea experimentală

Epruvetele cu diametrul de 64 mm au fost introduse în tubul Kundt după condiționare în mediul ambiant. Câmpul de frecvență în care au fost analizate epruvetele este cuprins în intervalul 100 Hz – 3200 Hz.

Coeficientul de absorbție fonică exprimă cât anume din sunetul emis este absorbit de epruveta testată. Cu cât acest coeficient este mai mare, cu atât capacitatea de absorbție fonică a materialului este mai mare. Absorbția sunetului depinde de frecvența acestuia. În figura 3.35 sunt prezentate valorile experimentale înregistrate pentru epruvetele analizate. Se poate observa că epruvetele A1, A4, A11 și G5 au înregistrat valorile maxime ale coeficientului de absorbție fonică în intervalul de frecvență 1000 Hz – 3200 Hz.

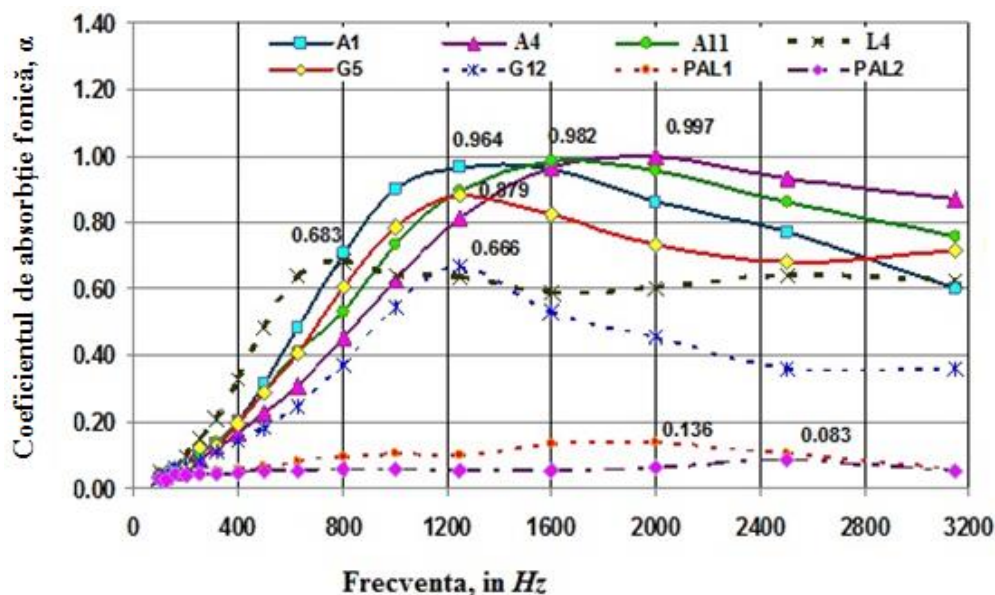


Fig. 3.35. Rezultatele experimentale înregistrate pentru coeficientul de absorbție fonică în cazul compozitelor analizate (Stanciu *et al*, 2011)

Epruvetele au un trend crescător al coeficientului de absorbție fonică (α) până în jurul frecvenței de 1200 Hz, iar în intervalul 1200 Hz – 2000 Hz înregistrează valori maxime toate epruvetele care au în structura lor copolimeri acrilic (A1, A4, A11) și anume mai mari de 0.950. Aceste structuri se încadrează în **clasa A** de absorbție a sunetului, conform standardului ISO 11654. Structura cu gips G5 se încadrează în clasa B, iar structura cu lut în clasa C. Spre deosebire de mostrele de PAL, care se încadrează în clasa E, structurile analizate sunt bune izolatoare fonice.

Structurile A1, A4 și A11 care au un bun coeficient de absorbție fonică la frecvențe ridicate, pot constitui materiale de izolare fonică în cazul autostrăzilor, aeroporturilor, căilor ferate. Structura cu lut L4 atinge un maxim al coeficientului de absorbție fonică la frecvențe mai joase, de 600 Hz – 700 Hz, dar puterea de absorbție este relativ mică în comparație cu celelalte structuri.

3.3.4. Determinarea rezistenței la apă a compozitelor din deșeuri textile, așchii din lemn și diverși lianți

O mare parte din cercetătorii din zilele noastre și-au orientat activitatea către reciclarea unor materiale plastice, hârtia și altele (Adhikary *et al*, 2008; Cerbu *et al*, 2009). Una dintre marile probleme ale materialelor de construcții care au în compoziție lemnul, o constituie higroscopicitatea acestuia, favorizând absorbția de apă și instabilitatea dimensională. De aceea,

unul dintre testele necesare pentru aceste materiale este imersia în apă timp de 24 h (Qingfeng *et al*, 2010). Unii cercetători, (Adhikary *et al*, 2007) au analizat absorbția de apă pe termen lung a unor compozite din material termoplastic în amestec cu făina de lemn. Procedura absorbției de apă pe termen lung se aplică acelor compozite lemn-plastic cu structură densă și compactă, care au o capacitate mică de absorbție. Pentru celelalte materiale se aplică metoda de testare pe termen scurt (Klyosov, 2007). Această metodă s-a aplicat și în cazul compozitelor din așchii din lemn în amestec cu deșeuri de lână netoarsă și diverși minerali ecologici și minerali.

Cele șase structuri analizate sunt prezentate în tabelul 3.13.

Tabelul 3.13

Structura compozitelor testate la imersie în apă timp de 4 h

Cod	Componente	Densitate, în kg/m^3
L4	Așchii de lemn, lână, argilă și apă	435.27
A11	Așchii de lemn, lână, fibre de lemn, lac acrilic	174.98
G11	Așchii de lemn, lână, gips și apă	654.85
PC2	Așchii de lemn, lână, fibre de lemn, praf ceramic și apă	622.33
Lb2	Așchii de lemn, lână, lac acrylic și apă	190.67
C8	Așchii de lemn, ciment și apă	698.19

Epruvetele destinate testului de imersie în apă timp de 4 h au fost formatizate la dimensiunea de 50 mm x 50 mm. Epruvetele înainte de testul de imersie sunt prezentate în figura 3.36.



Fig. 3.36. Epruvete ale compozitelor termoizolante, pregătite pentru imersie în apă timp de 4 h

Testul de absorbție a apei și umflare în grosime s-a desfășurat conform SR EN 317 – 1996. Epruvetele s-au imersat în apă aflată la o temperatură de 20 °C și s-au menținut la o adâncime de 25 mm față de nivelul apei. S-a măsurat grosimea epruvetelor în centrul acestora și s-au cântărit înainte de imersie, repetându-se aceste operațiuni după 1 h, 2 h, 3 h, și 4 h.

S-au determinat absorbția de apă (A) și umflarea în grosime (G_t), iar rezultatele sunt prezentate în graficele din figurile 3.37 și 3.38.

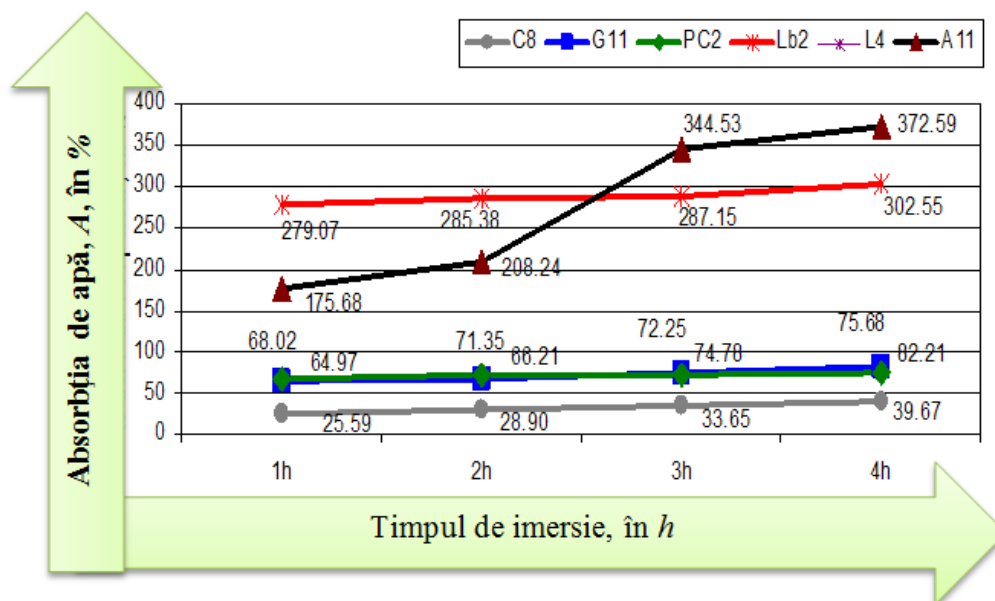


Fig. 3.37. Absorbția de apă (A) pentru compozitele termoizolante timp de 4 h

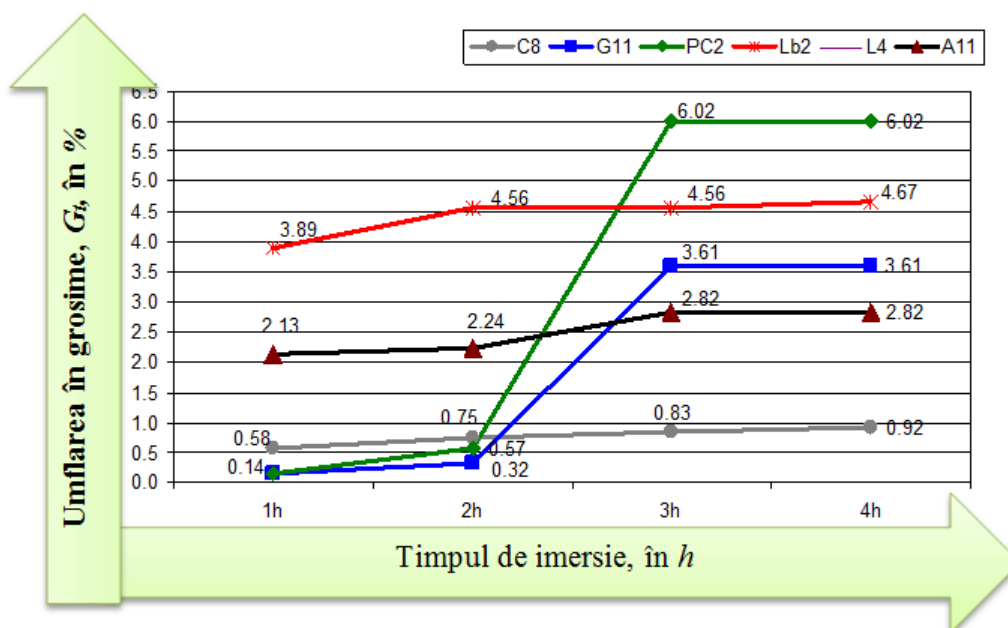


Fig. 3.38. Umflarea în grosime (G_t) pentru compozitele termoizolante timp de 4 h

Cea mai joasă valoare a absorbției de apă (G_t) aparține structurii C8 (~ 25%), având ca liant cimentul. Structurile G11 și PC2 au o dinamică similară structurii C8, dar o absorbție (A) mai mare, de 70 %. Structurile cu lianți acrilici au rezistența la apă cea mai scăzută și o dinamică ridicată după 2 h de imersie în apă. Structura L4 s-a dezintegrat după 1 h de imersie, iar structurile celelalte și-au păstrat integritatea, chiar și după trei zile. Acestea sunt prezentate în figura 3.39.



Fig. 3.39. Structurile compozite după 24 h de imersie în apă

S-a demonstrat în acest studiu că materialele compozite termo- și fonoizolante cu inserții textile și de așchii din lemn sunt sensibile la mediul exterior în special pentru lut, polimerii acrilici și gips.

Un comportament interesant l-au avut la acest test structurile PC2 și G11, respectiv cele cu praf ceramic și gips. În primele 2 h de imersie în apă, umflarea în grosime a fost scăzută în comparație cu structura cu ciment (0.14 % față de 0.57 %), după care au înregistrat o dinamică foarte mare în comparație cu celelalte compozite. Structura cu lut s-a dovedit a fi nerezistentă la apă.

În urma concluziilor din acest studiu, s-ar putea trasa câteva direcții viitoare de cercetare:

- *cercetări viitoare vor putea aduce îmbunătățiri structurilor, fie prin modificarea compoziției interne, fie prin protejarea cu un strat exterior rezistent la umiditate ridicată.*
- *în structura actuală, aceste compozite nu pot fi utilizate decât în condiții de interior, ele necesitând totodată cercetări pentru tratamente de ignifugare și protecție împotriva insectelor (moliilor).*
- *altă cercetare s-ar putea constitui într-un studiu reologic al acestor compozite care să indice dacă după anumite solicitări revin la starea inițială.*

O parte din cercetările acestui capitol au fost valorificate astfel:

- publicarea a două (2) articole (ca prim autor) în jurnalul *Mase Plastice*, indexat ISI Thomson, în vol. 46(3), 305-309 din 2009 (Cosereanu, 2009), respectiv vol. 47(3), 341-345 din 2010 (Cosereanu, 2010). Acest ultim articol a fost **citat în 3 jurnale ISI cu factor de impact**, și într-un (1) articol în baza de date *SCOPUS*.
- publicarea a 3 articole (2 ca prim autor, 1 ca și coautor) în jurnalul *Pro Ligno* indexat în următoarele baze de date internaționale: *CABI, DOAJ, DRJI, EBSCO Publishing Ltd. Academic Search Complete, INDEX COPERNICUS, Google Scholar*, în vol. 7(3) din 2011 (Olărescu și Coșereanu, 2011), în vol. 8(1) din 2012 (Coșereanu *et al*, 2012) și vol. 9(4) din 2013 (Coșereanu și Lăzărescu, 2013). Ultimul articol a fost **citat în revista ISI Bioresources** în 2015, **cu factor de impact 1.549**.
- publicarea unui (1) articol, în calitate de coautor, la a 8-a ediție a conferinței internaționale *DAAAM Baltic - "Industrial Engineering"*, 2012 (Stanciu *et al*, 2012), conferință indexată *Google Scholar*, articol **citat** în baza de date *Google Scholar*.
- publicarea unui (1) articol, în calitate de coautor, în jurnalul *Romanian Journal of Acoustics & Vibration* nr. 8(2), 2012, (Stanciu *et al*, 2011), indexat în baza de date *Google Scholar* și **citat** în baza de date *Google Scholar*.
- 2 cereri de brevet de invenție (ca prim autor), ale căror rezumate au fost publicate în *BOPI 5/2015– Secțiunea Invenții* și pe site-ul internațional <http://worldwide.espacenet.com>, având CBI nr. A/ 01059/ 24.10.11 (BI nr. RO127189-A0), respectiv CBI nr. A/ 01060/ 24.10.11 (BI nr. RO127158-A0). Pentru prima dintre ele s-a încheiat examinarea de fond, urmând acordarea brevetului de invenții, conform unei adrese oficiale de la *OSIM* din 23.06.2015.
- publicarea a 2 articole (ca prim autor) în jurnalul *Pro Ligno* indexat în următoarele baze de date internaționale: *CABI, DOAJ, DRJI, EBSCO Publishing Ltd. Academic Search Complete, INDEX COPERNICUS, Google Scholar*, în vol. 10(4) din 2014 (Coșereanu *et al*, 2014, respectiv 10(2) din 2014 (Coșereanu și Lica, 2014).
- publicarea unui (1) articol (ca și coautor) în jurnalul *Procedia Technology* nr. 19/2015 (Stanciu *et al*, 2015), *Science Direct-Elseviere*.
- 1 cerere de brevet de invenție (ca prim autor), CBI cu nr. A 00560/ 23.07.14: „Plăci fonoabsorbante și termoizolante obținute din deșeuri reciclate de ABS în proporție de 90 %-100 % și procedeu de obținere.”

CAPITOLUL 4. CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII ȘTIINȚIFICE ORIGINALE

Cercetările prezentate în teza de abilitare au ca rezultat produse inovative în două domenii:

- domeniul materiilor prime destinate mobilierului și amenajărilor interioare;
- domeniul panourilor termoizolante și fonoabsorbante, cu aplicații în izolarea termică a clădirilor civile și industriale, dar și în componența unor structuri sandwich, care ar putea fi folosite pentru panourile stradale, sau în structura unor panouri celulare pentru uși de interior.

Contribuțiile științifice, cu un grad ridicat de originalitate, au dus la realizarea unor structuri și tehnologii absolut noi, neexistente și netestate până în prezent, care constituie o bază de plecare pentru un domeniu nou de cercetare în domeniul resurselor de materii prime pentru industria mobilei și pentru construcții: biocompozite și compozite fără adezivi, compozite biodegradabile și din materiale reciclate. Rezultatele obținute sunt promițătoare și crează noi direcții de cercetare, destinate dezvoltării acestor produse, pentru îmbunătățirea performanțelor lor fizice și mecanice. Pentru a realiza o comparație completă cu produsele actuale, s-au estimat prețurile unor structuri din cele investigate în lucrarea de față, pornind de la următoarele aspecte:

- Pe bursele europene rapita se vinde cu 380 *Euro/tonă*, echivalentul a 0.38 *Euro/kg* sau 1.7 *lei/kg*. Conform statisticilor (<http://www.ie.asm.md/assets/images/img/pdf/A-59.pdf>) 2/3 din plantă reprezintă deșeu agricol (tulpini și frunze), astfel încât prețul acestui deșeu ar fi 2/3 din prețul plătit pentru întreaga plantă, deci **0.57 lei/kg**.
- Conform prețurilor din anul 2013, (<http://www.ie.asm.md/assets/images/img/pdf/A-59.pdf>), prețul semințelor de floarea soarelui este de 1.1 *lei/kg*. Din studiile efectuate, procentul de coajă în semințele de floarea soarelui reprezintă 21.1 % - 29.8 %, deci aproape un sfert din producția de semințe (Wan *et al*, 1979; Carre, 2009), astfel încât se poate spune că prețul cojilor de semințe de floarea soarelui este de **0.27 lei/kg**.
- Costul ligninei PROTOBIND 1000, (<https://www.zauba.com/export-hs-code-38040090-hs-code.html>) se ridică la suma de **4.71 lei/kg**.

Prețurile obținute s-au comparat cu cele ale panourilor de PAL de 16mm. Se aleg următoarele structuri pentru calculul de preț:

- R30 – conține rapiță 30 %, aşchii de lemn 70 %, adeziv UF, 12 % din masa de substanță uscată, parafină 1 %, întăritor 1 % din substanța solidă a adezivului;
- 100F – conține 100 % particule fine de coji de semințe de floarea soarelui, 16 % adeziv UF, parafină 1 %, întăritor 1 % din substanța solidă a adezivului;
- P19 – conține 100 % coji de semințe, 5.5 % adeziv poliuretanic din masa de substanță uscată, parafină 1 %, întăritor 1 % din substanța solidă a adezivului;
- FSL20 – conține 80 % particule fine din coji de semințe de floarea soarelui și 20 % lignină PROTOBIND 1000.

În tabelul 4.1 se pot compara caracteristicile biocompozitelor alese și prețurile estimative, cu cele ale panourilor de PAL 16 mm din comerț și OSB 16 mm. Prețurile conțin TVA 24 %.

Tabelul 4.1.

Proprietățile fizice și mecanice ale unor biocompozite și prețul calculat al acestora, comparativ cu cele ale panourilor de PAL 16mm

Tip	Densitate, ρ , (kg/m ³)	A 24 h, %	G _t 24 h (%)	f _m (N/mm ²)	E _m (N/mm ²)	f _t (N/mm ²)	f _s (N/mm)	Preț lei/mp
R30	605	87.82	20.3	12.5	4137	0.09	-	15.50
100F	682	55.4	10.2	5.82	1703	0.24	31.33	14.53
P19	453	71.2	19.4	4.15**	2090**	0.21	29.8	11.18
FSL20	912	-	-	10.1	2360	0.20	-	27.20
PAL Kastamonu	631	58.51	11.43	13.75	2197	0.36	65.16	-
PAL 16 Egger	-	-	-	-	-	-	-	16.09
PAL 16 comerț Dedeman	-	-	-	-	-	-	-	18.36
OSB 16			25	13.5	2500	0.28	-	24.6

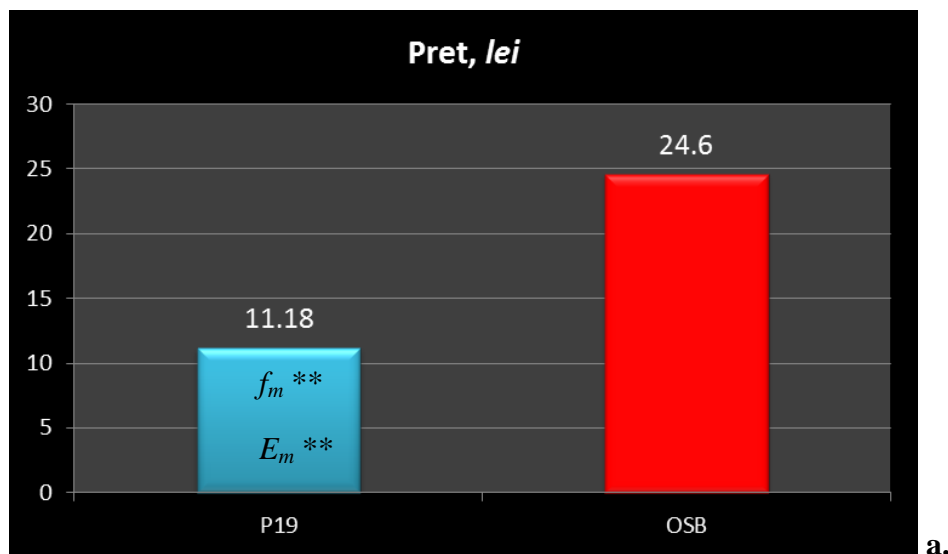
A - absorbția de apă și G_t - umflarea la grosime după 24 h de imersie în apă (SR EN 317- 1996), în %;

f_m - rezistența la încovoiere și E_m-modulul de elasticitate (SR EN 310 -1996), în N/mm²;

f_t- coeziunea internă (SR EN 319 - 1997), în N/mm²;

f_s- rezistența la smulgere a șuruburilor (SR EN 320 - 1997), în N/mm.

** - caracteristici critice.



** - caracteristici critice

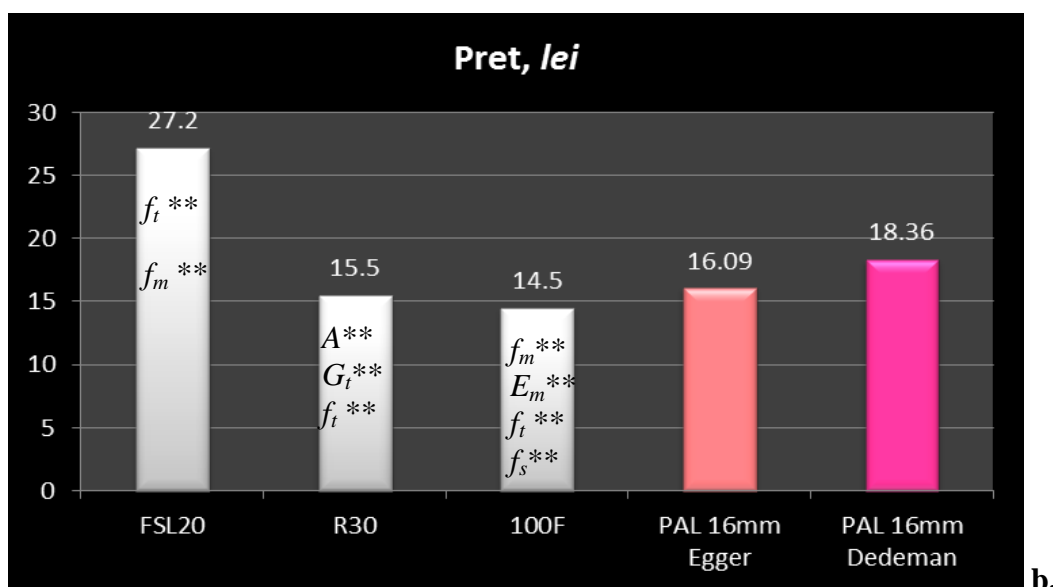


Fig. 4. 1. Compararea prețurilor pentru biocompozitele investigate cu prețurile de vânzare ale altor panouri clasice; a. – panouri de exterior; b – panouri de interior

Cu excepția panoului FSL20, caracterizat prin emanație ultra-scăzută de formaldehidă, deoarece adezivul a fost înlocuit cu lignină, al cărui preț depășește cu mult prețul panourilor de PAL 16 mm, celelalte biocompozite au prețul mai scăzut. Toate însă necesită îmbunătățiri ale unor caracteristici fizice și mecanice, considerate a fi caracteristici critice (**).

Cercetările efectuate până acum în domeniul biocompozitelor din deșeuri agricole au dovedit posibilitatea de obținere a unor astfel de biocompozite. Ele sunt cercetări preliminare și constituie punctul de plecare pentru multe alte direcții de investigații, care să ducă la dezvoltarea acestor produse.

În baza concluziilor cercetărilor experimentale efectuate până acum, se pot trasa niște direcții viitoare de investigare:

- se pot combina rapița și cojile de semințe de floarea soarelui în structura unor biocompozite, în vederea verificării ipotezei de creștere a rezistențelor mecanice;
- se pot continua cercetările asupra structurilor din hârtie reciclată, la care s-au obținut rezistențe mecanice bune, resursele fiind la îndemână și în cantități mari.
- se pot investiga și alte resurse agricole și vegetale;
- se pot continua cercetările cu lighină modificată, pentru a mări reactivitatea acesteia, lucru care ar putea influența pozitiv coeziunea internă a structurilor;
- se pot cerceta structuri furniruite, cu influență pozitivă asupra rezistențelor mecanice;
- se pot repeta experimentele anterioare într-un regim industrial și pentru un număr mult mai mare de panouri, rezultatele testelor fiind în acest caz mult mai aproape de adevăr.

Pentru panourile din deșuri de ABS și rumeguș, rezultă că aceste tipuri de structuri sunt bune izolatoare termice, dar destul de slabe izolatoare fonice, deoarece coeficientul de absorbție (α) s-a încadrat pentru toate structurile în intervalul 0.6 – 0.75.

Tabelul 4.2.

Proprietățile de izolare termică și fonică ale compozitelor investigate și prețul lor estimat comparativ cu cele ale polistirenului expandat

Tip	ABS	Așchii lemn	Deșeu de lână	Lac acrilic	ρ (kg/m^3)	α	λ (W/mK)	Preț lei/mp
P1	100%	-	-	-	218**	0.77	0.046	4.40
A4	-	X	X	X	132**	0.997	0.049	49.09
Polistiren expandat 30mm	-	-	-	-	15	-	0.040	4.15

** - caracteristici critice.
 α – coeficient de absorbție fonică;
 λ – coeficient de conductivitate termică, în W/mK

Din tabelul 4.2 se poate observa că densitatea panourilor investigate este mult mai mare decât cea a polistirenului, iar prețul compozitului A4 este de 12 ori mai mare decât al polistirenului. Dintre cele două structuri termoizolante investigate, P1 este mai avantajoasă din punct de vedere al prețului. Pentru celălalt compozit, A4, sunt necesare cercetări viitoare pentru optimizarea structurii și a tehnologiei.

(B-ii) Planuri de evoluție și dezvoltare a carierei

1. Evoluția în cariera profesională

1.1. Studii

- Studii universitare

1982 -1987	Universitatea <i>Transilvania</i> din Brașov, <i>Facultatea de Industrializarea Lemnului</i> , specializarea <i>Mobilă de Artă</i> , titlul de <i>Inginer forestier</i> , <i>Diplomă de licență</i> (nota 10), nr. 4223/16 iunie 1987, seria E nr. 1998.
------------	--

- Studii post-universitare

2014	Universitatea <i>Transilvania</i> din Brașov, <i>Programul postuniversitar de formare și dezvoltare profesională continuă</i> “ <i>Program de formare in blended-learning și tehnologii educaționale moderne pentru învățământul universitar</i> ”, în domeniul <i>Inginerie electronică și telecomunicații, științe ale educației</i> , durata 80 ore / 10 ECTS (credite de studii transferabile), <i>Certificat de atestare a competențelor profesionale recunoscut de Ministerul Educației Naționale</i> .
------	---

- Studii doctorale

2001-2006	Universitatea <i>Transilvania</i> din Brașov, <i>Facultatea de Ingineria Lemnului</i> , titlul de <i>Doctor</i> în domeniul <i>INGINERIE INDUSTRIALĂ</i> , teză susținută public la data de 13.05.2006, <i>Diploma de doctor</i> , nr. 1503 / 25.10.2006 (Seria E, nr. 0001678).
-----------	--

- Alte specializări și calificări

2010	<i>Curs de formator</i> , desfășurat prin proiectul „ <i>Calificarea și recalificarea angajaților din industria lemnului</i> ”, desfășurat de către <i>Camera de Comerț și Industrie Brașov</i> .
2006	<i>Auditor intern</i> , prin absolvirea cursului „ <i>Sisteme de management al calității în laboratoare de încercări și etalonări</i> ”, <i>Certificat de auditor intern</i> Seria 0600, nr. 004 LI).
2003	Universitatea <i>Transilvania</i> din Brașov, <i>Facultatea de Ingineria Lemnului</i> , curs de formare continuă în specializarea <i>AUTOCAD 3D</i> , <i>Certificat de absolvire</i> nr. 0034/04 iulie 2003, seria A nr. 0034.

1998	Curs „ <i>Introducere în managementul calității totale</i> ”, societatea Autoliv România SA, certificat nr. 30/20.01.1998.
1998	<i>Certificat de traducător</i> , engleză tehnică, nr. 35/13.05.1999, eliberat de Ministerul Culturii.
1995	Curs „ <i>Keys to professional English</i> ”, Prosper Transilvania Language Centre, certificat /16 oct. 1995.

1.2. Experiență profesională și didactică

Experiența profesională a autoarei tezei de abilitare a început în anul 1987, după absolvirea *Facultății de Industrializare a Lemnului*, parcurgând următoarele etape:

1987-1998	<i>Combinatul de Prelucrarea și Exploatarea Lemnului Toplița</i> , jud. Harghita, ca <i>inginer proiectant</i> produse și tehnologii în domeniul fabricării mobilei.
1990-1995	<i>Măgura Codlea S.A.</i> , jud. Brașov, ca <i>inginer proiectant</i> produse și tehnologii în domeniul fabricării mobilei.
1995-1997	<i>METALOPLAST S.A.</i> , Brașov, ca <i>inginer proiectant</i> produse, profil mecanic.
1997-2001	<i>Autoliv România S.A.</i> , inginer, responsabil implementare <i>Kaizen</i> .
2001-2004	Universitatea <i>Transilvania</i> din Brașov, Facultatea de <i>Ingineria Lemnului</i> , <i>asistent universitar</i> , post ocupat prin concurs la Catedra de tehnologia Lemnului.
2004-2008	Universitatea <i>Transilvania</i> din Brașov, Facultatea de <i>Ingineria Lemnului</i> , postul de <i>șef lucrări</i> , ocupat prin concurs, la Catedra de Tehnologia Mobilei.
2008-prezent	Universitatea <i>Transilvania</i> din Brașov, Facultatea de <i>Ingineria Lemnului</i> , <i>conferențiar universitar</i> , post ocupat prin concurs, Departamentul de Prelucrarea Lemnului și Designul produselor din Lemn.

Experiența în cadrul activității de proiectare tehnologică și de produs

În cei zece ani de încadrare în producție ca și *inginer proiectant* (1987 – 1997) autoarea tezei de abilitare și-a îmbogățit experiența profesională prin:

- studierea și analiza documentației tehnice și tehnologice de la clienții externi și adaptarea acestora condițiilor tehnice și tehnologice ale firmei;
- proiectarea și asistența tehnică în realizarea prototipurilor, participarea la omologare;
- proiectare asistată de calculator (Auto CAD) din anul 2000;
- crearea bazei de date a tehnologiilor, realizarea în echipă a unui program de calcul pentru consumurile de materii prime și materiale pentru mobilierul fabricat;
- optimizări de flux tehnologic;
- proiectare scule, dispozitive și verificatoare utilizate în procesul de fabricație, urmărirea în execuție și omologare;
- întocmirea documentației complete pentru fabricație;
- colaborare cu o echipă managerială din străinătate, reprezentantă a firmei IKEA, timp de 2 ani, la fabrica de mobilă Măgura Codlea S.A.
- școlarizări privind calitatea mobilierului cu reprezentanți ai firmei IKEA.
- vizitarea unor expoziții internaționale și a unor târguri de casă în Germania.
- proiectare de mobilier metalic, mobilier combinat lemn-metal.

Experiența în activitatea de inginer și responsabil cu implementarea „Kaizen”

În cei patru ani de încadrare în producție ca și *inginer, responsabil implementare Kaizen* (1997 – 2001) autoarea tezei de abilitare și-a îmbogățit experiența profesională prin:

- traducerea documentației aferente sistemului calității conform standardelor ISO 9000, QS 9000 și VDA 6.1.
- școlarizări ale personalului firmei privind îmbunătățirea continuă în sistemul calității (*Kaizen*).
- analiza fluxurilor din producție cu instrumente specifice managementului calității totale. Optimizarea fluxului tehnologic, implicând personalul din producție.

Experiența profesională în cariera universitară

Începând cu anul 2001, când autoarea tezei de abilitare a ocupat, prin concurs, postul de *asistent universitar* la **Facultatea de Ingineria Lemnului**, Catedra de Tehnologia Lemnului, a predat atât studenților de la programul de studii în limba engleză, cât și la cei de la programele de studii în limba română. Activități desfășurate:

- predare cursuri (și aplicații) la disciplinele programului de studii în limba engleză: *Technical Drawing and Infographic in Wood Industry* (an I și II WST); *Finished Wooden Products*, (an IV IPL), *Furniture Manufacturing*, (an IV IPL, IDPL), *Art Furniture Manufacturing* (an IV, IDPL);

- cursuri, proiecte și laboratoare la programele de studii de licență IPL și IDPFL: *Mobilă, Tehnologia Mobilei, Protecția muncii și protecția împotriva focului*; proiect la disciplina *Tehnologia mobilei de artă*;

- cursuri și aplicații în cadrul programului de studii de master *Sisteme avansate din lemn și tehnologii inovative*, denumirea disciplinelor fiind: *Materiale și eco-materiale pentru structuri rigide și Managementul calității totale*;

- coordonare a cel puțin **5** lucrări de diplomă sau dizertație **anual**;

- coordonarea unor lucrări la sesiunile de comunicări științifice studentești anuale;

- membru din 2002 al *Centrului de Cercetare Științifică PRELUCRAREA LEMNULUI CCSPL*, Facultatea de Industria Lemnului, Brașov și din 2008 al departamentului de cercetare științifică – Departamentul 14: *Tehnologii inovative și produse avansate în Industria Lemnului*;

- membru în comitetul de organizare al unor conferințe internaționale „*8th International IUFRO Wood Drying Conference*”, Brașov, 2003; Conferința Națională *Știința și Ingineria Lemnului*, Brașov 2005; Conferința internațională a AOSR - "*Eco-economia și dezvoltarea durabilă*", Brașov, 2014;

- membru în comitetul științific al unor conferințe internaționale: „*4th International Proficiency Testing Conference*”, Brașov, 2013;

- membru în colectivul de redacție al jurnalului *Pro Ligno*, indexat în următoarele baze de date internaționale: *CABI, DOAJ, DRJI, EBSCO Publishing Ltd. Academic Search Complete, INDEX COPERNICUS*;

- recenzor științific în cadrul jurnalului *Pro Ligno*, indexat BDI;

- coordonator al programului de studii de licență *Ingineria Prelucrării Lemnului* din anul 2011, până în prezent;

- întocmirea documentației de calitate (Manualul calității, proceduri, documente ale calității), având funcția de *Manager de calitate* în cadrul *Laboratorului de testare a preciziei de fabricație* din cadrul *Facultății de Ingineria Lemnului*;

- în perioada 2010 – 2012, autoarea prezentei teze de abilitare a predat în cadrul *Camerei de Comerț și Industrie* din Brașov, cu ocazia proiectului „*Calificarea și recalificarea angajaților din industria lemnului*”, cursuri acreditate de Ministerul Educației din România pentru tâmplari universali;

- consultant național în proiectul Rom/001 cu ITC Geneva privind *Dezvoltarea capacității de export a României în sectorul de mobilă* (design și proiectare), 2002, în proiectul *Business Management System (2004), Lanțul de furnizori în sectorul de mobilă* (2006);

- coordonarea, în calitate de **director** a două (2) contracte de cercetare științifică, dintre care un (1) grant câștigat prin competiție națională și 1 contract de cercetare științifică în valoare de 11271.43 *EUR*, dar și contracte cu valoare mai mică, și membru în alte 6 granturi câștigate prin competiții naționale;

- publicarea a 98 de lucrări științifice, dintre care 8 lucrări în jurnale cu factor de impact (4 dintre acestea *cu factor de impact > 1*), 6 articole în Proceeding-uri indexate *ISI*, 36 de articole în reviste indexate **BDI**, 43 de lucrări în *Proceeding*-urile unor conferințe internaționale și a 5 lucrări în cadrul unor conferințe naționale; publicarea a 14 cărți și capitole de cărți de specialitate, dintre care 4 cărți și capitole *ca prim autor*, 2 suporturi de curs *ca prim autor*;

- recunoaștere internațională, dovedită de cele 23 citări, dintre care 7 citări în reviste indexate *ISI Thomson cu factor de impact* și 16 citări în reviste indexate în alte baze de date internaționale.

Contribuții la îmbunătățirea bazei materiale prin investiții în echipamente de cercetare

- ca membru al echipei de cercetare din cadrul Contractului CEEX nr.168/10.08.2006, autoarea tezei de abilitare a participat la achiziționarea unor echipamente performante de investigare a calității suprafețelor lemnoase, un **rugozimetru** cu rază optică și unul cu palpator, de producție germană, aflate în dotarea *Laboratorului de testare a preciziei de fabricație în industria lemnului*;

- ca membru al echipei de cercetare din cadrul grantului CNCSIS - PLATFORMĂ de cercetare RENASTIL - *Tehnologii noi, neconvenționale și transfer de tehnologii în industria lemnului*. Proiect câștigat în competiția “*Platforme / laboratoare de formare și cercetare interdisciplinară*”. Denumirea platformei: *Platformă de dezvoltare sustenabilă a resurselor naturale, prin biotehnologii și procese ecologice în agroturism, silvicultură și prelucrarea lemnului*, autoarea tezei de doctorat a contribuit la echiparea cu calculatoare, ploter și imprimante a sălii destinate aplicațiilor pentru disciplinele *Tehnologia mobilei, Mobilă și Tehnologia Mobilei de Artă*, precum și cu licență AutoCAD 2010;

- proiectarea mobilierului pentru sala LII5 destinată activităților de cercetare în cadrul Facultății de Ingineria Lemnului, în cadrul proiectului de finanțare nerambursabilă din partea Guvernului Germaniei “*Program de Promovare Economică și ocupare a Forței de Muncă în Romania*” derulat prin IBD/GTZ Romania.

Abilitați și domenii de competență

Domeniile de competență și abilitățile autoarei prezentei teze de abilitare sunt: tehnologia mobilei și a mobilei de artă; materiale și eco-materiale; realizarea și determinarea experimentală

a caracteristicilor fizice și mecanice ale compozitelor lignocelulozice; managementul calității și managementul calității totale; aplicarea instrumentelor de analiză Kaizen în optimizarea producției; combustibili solizi din biomasă; testarea preciziei de fabricație; tehnologii neconvenționale.

Competențe manageriale și de organizare

- director a 2 contracte de cercetare științifică cu valoare de peste 10 000 *Euro* și a altor două contracte cu mediul economic, cu valoare < 10 000 *Euro*;
- *Manager de calitate* în cadrul *Laboratorului de testare a preciziei de fabricație* din cadrul *Facultății de Ingineria Lemnului*.

1.3. Dezvoltarea carierei de cercetare

Direcțiile de cercetare abordate după finalizarea tezei de doctorat în mai 2006, teză intitulată „*Contribuții la studiul panourilor reconstituite decorative, din lemn masiv de foioase, folosite în decorațiuni interioare și mobilier*”, au continuat pe direcția temei tezei, în studiul calității suprafețelor, în noi structuri și finisaje și în studiul influenței tratamentelor termice asupra rezistenței și calității panourilor din diverse specii lemnoase; această direcție de cercetare a fost favorizată de numirea autoarei tezei de abilitare în comisia de îndrumare a doctorandei ing. Cristina Olărescu, a cărei temă intitulată „*Îmbunătățirea unor proprietăți ale panourilor reconstituite din lemn masiv prin realizarea acestora din frize termotratate în vederea utilizării acestora în condiții de exterior*” s-a finalizat și prin publicarea unui articol în jurnalul ISI *European Journal of Wood and Wood Products* (Olărescu *et al*, 2014) cu **factor de impact de 1.105**.

Alte direcții de cercetare:

- panouri compozite din materiale reciclabile;
- tehnologii convenționale și neconvenționale în prelucrarea lemnului: prelucrarea torsadelor în regim industrial, tăierea cu laser și tăierea cu jet de apă;
- cercetări privind utilizarea biomasei în scop energetic: combustibili solizi.

Realizările în domeniul științific și profesional și vizibilitatea internațională a autoarei prezentei teze de abilitare, ca urmare a diseminării rezultatelor cercetărilor în domeniul *Ingineriei Forestiere*, se concretizează în:

Contracte de cercetare:

- coordonarea, în calitate de **director** a contractelor de cercetare;

- Grant câștigat prin competiție națională, contract nr. 72-200/ 2008, intitulat „Compozite (bio)degradabile cu inserții textile pentru produse ambientale ecologice”, în perioada 2008 – 2011, în Programul 4 - „Parteneriate în domeniile prioritare”, în valoare de 1 970 000 lei;
 - Contract 4917/ 28.04.2015 intitulat „Proiectare de mobilier inovativ din lemn masiv cu finisaje bio/ecologice și proiectarea infrastructurii de producție”, pe o perioadă de 6 luni, în valoare de 11 271 Euro, cu SC BIOMOBILA SRL;
 - Contract nr. 7/ 09.01.2014 privind valorificarea deșeurilor de coji de semințe de floarea soarelui în patru produse diferite, în valoare de 13 105 lei, cu SC Prutul SA;
 - Contract nr. 19427/13.12.2012 „Sistem inovativ de mobilier din lemn pentru depozitare în locuințe compus dintr-un număr limitat de elemente de tâmplărie multifuncțional reversibile”, cu SC RADOXLAB TECH SRL, în valoare de 1650 lei.
- membru în alte 6 granturi câștigate prin competiții naționale:
- Grant CNCSIS cod 397/2006- Fenomene nanotehnologice la compozitele anizotrope realizate din lamele din lemn de diferite specii, destinate utilizărilor industriale (transporturi, construcții, industria lemnului, etc.) – director prof.dr.ing. Curtu Ioan.- funcția în proiect-, valoare 104000 RON, membru, 2006-2007;
 - Contract CEEEX 2006 nr.168/10.08.2006 – modulul IV – Laborator de Testare a Preciziei de Fabricație în Industria Lemnului, director prof.dr.ing. Ivan CISMARU. Valoare 793 095 RON, membru, 2006-2008;
 - Contract CEEEX 2006 nr. 195/10.08.2006 – modulul IV – Laborator de cercetare, testare a calitatii mobilierului și certificare a conformității Produselor din Lemn, aliniat la normele europene, director conf.dr.ing. Virgil GRECU, valoare 795 000 RON, membru, 2006-2008;
 - Contract de cercetare CNCSIS - PLATFORMĂ de cercetare RENASTIL - Tehnologii noi, neconvenționale și transfer de tehnologii în Industria Lemnului. Proiect câștigat în competiția “Platforme / laboratoare de formare și cercetare interdisciplinară”. Denumirea platformei: Platformă de dezvoltare sustenabilă a resurselor naturale, prin biotehnologii și procese ecologice în agroturism, silvicultură și prelucrarea lemnului. Valoare 371000RON, membru, 2006-2008;
 - Proiect CNCSIS tip CC CENTRUL DE CERCETARE ȘTIINȚIFICĂ PRELUCRAREA LEMNULUI BRASOV (CCSPL) perioada: 2002 - 2010 finanțator: Guvernul României, Contract nr. CC-45-B/14.05.2002;
 - Proiect POSDRU/160/2.1/S/133020, perioada: 2014 – 2015, finanțator Ministerul Fondurilor Europene „Creșterea capacității de integrare pe piața muncii a studenților și absolvenților prin consiliere și plasamente practice”, în calitate de **expert pe termen scurt**.

Articole științifice

- publicarea a **14** articole indexate *ISI Thomson*: **4** articole în jurnale cu factor de impact **1.004, 1.105 și 1.549**; **4** articole în jurnale cu factor de impact **< 1**; **6** articole în **ISI Proceedings**;
- publicarea a **36** de articole în reviste indexate **BDI** (*CABI, DOAJ, DRJI, EBSCO Publishing Ltd. Academic Search Complete, INDEX COPERNICUS, Google Scholar*);
- publicarea a **43** de lucrări în *Proceeding*-urile unor **conferințe internaționale** și a **5** lucrări în cadrul unor conferințe naționale.

Cărți și capitole de cărți

- publicarea a **14** cărți și capitole de cărți, dintre care **4 cărți și capitole ca prim autor**;
- **2** suporturi de curs ca prim autor.

Recunoaștere internațională

- **23 citări**, dintre care **7 citări** în reviste **indexate ISI Thomson cu factor de impact** și **16 citări** în reviste indexate în alte baze de date internaționale.

Îndeplinirea criteriilor corespunzătoare standardelor minimale necesare și obligatorii CNATDCU pentru comisia „Ingineria resurselor vegetale și animale”

Criteriul CNATDCU	Realizat	Minim de îndeplinit
criteriul A1 „Activitatea didactică și profesională”	284.23 puncte	<i>100 puncte</i>
criteriul 1.1. „Cărți și capitole în cărți de specialitate”	<i>cărți</i>	11
	<i>capitole de carte</i>	3
	<i>prim autor</i>	4
criteriul A2 „Activitatea de cercetare”	497.07 puncte	<i>260 puncte</i>
criteriul 2.1. „Articole în reviste cotate ISI Thomson Reuters și în volume indexate ISI”	14	6
criteriul 2.2. „Articole în reviste și volumele unor manifestări științifice indexate în alte baze de date internaționale”	36	15
criteriul 2.3. „Proprietate intelectuală, brevete de invenție, tehnologii și produse omologate”	4	-
criteriul 2.4. „Granturi/proiecte câștigate prin competiție, inclusiv proiecte de cercetare/consultanță (valoare de minim 10 000 Euro echivalent)”	2	2
criteriul A3 „Recunoaștere și impactul activității”	62.54 puncte	<i>40 puncte</i>
TOTAL	843.85	<i>400</i>

2. Planuri de dezvoltare a carierei profesionale

2.1. Activitatea didactică

Un obiectiv major în dezvoltarea carierei profesionale îl constituie, pentru autoarea prezentei teze de doctorat, îmbunătățirea performanțelor în activitatea didactică, prin aplicarea și perfecționarea abilităților și competențelor de comunicare, de transfer al cunoștințelor către studenți, masteranzi, doctoranzi. În acest sens, autoarea tezei de abilitare își propune:

- să introducă informațiile noi obținute din activitatea de cercetare în suportul de curs, aplicațiile de proiect sau laboratorul disciplinei căreia i se adresează;
- să pună accent pe aspectul practic și aplicativ al informațiilor, pentru a crea punțile de legătură între cunoștințele dobândite și mediul economic;
- să utilizeze metodele moderne de formare și predare de tip *blended-learning*;
- să coordoneze studenții și masteranzii în elaborarea proiectelor de diplomă și lucrărilor de dizertație, propunându-le teme interesante de cercetare care să-i motiveze să participe la programele de pregătire doctorală;
- să publice cărți de specialitate și îndrumare;
- să lanseze proiecte de cercetare în care să implice studenți, masteranzi, doctoranzi;
- să îmbunătățească programul de studii „Ingineria Prelucrării Lemnului”, pe care îl coordonează, ținând cont de observațiile și propunerile studenților, pentru a menține acreditarea acestuia și pentru a-i spori gradul de atractivitate față de studenți.

2.2. Activitatea de cercetare științifică

În contextul actual, activitatea de cercetare constituie puntea de legătură între mediul universitar și cel economic. Mediul universitar, prin posibilitățile de cercetare de care dispune atât la nivel uman, cât și la nivel de infrastructură, este obligat să rezolve problemele din producție, cele ale societății, astfel încât să-și aducă contribuția necesară progresului economic și social. Mai mult, mediul universitar are posibilitatea să intre în contact cu rezultatele cercetărilor științifice întreprinse în domeniul de specializare la nivel internațional, prin studiul și publicarea unor articole științifice, prin participarea la conferințe de specialitate, prin implicarea în contracte de cercetare internaționale cu parteneri din țări cu experiență și rezultate deosebite. În acest spirit, autoarea prezentei teze de abilitare își propune:

- să continue să atragă fonduri prin programe naționale și internaționale, care să ajute atât activitatea de cercetare științifică, cât și pe cea didactică; în acest sens, autoarea tezei de abilitare a lansat în martie 2014, în calitate de director din partea Universității Transilvania din Brașov, o propunere de proiect în parteneriat cu APMR București, cu

universități din Spania și Slovenia, în programul Erasmus⁺. Propunerea de proiect intitulată „Novel learning approach for ERGOmic principles for deSIGNers working in the upholstery and sleep sectors by using Virtual Reality”, cu acronimul ERGOSIGN, are drept scop învățarea prin metoda realității virtuale, un subiect legat atât de cercetare, cât și de activitatea didactică;

- *să continue colaborarea cu mediul economic, atrăgând fonduri comune de finanțare pentru cercetare aplicată;*
- *să atragă fonduri de finanțare pentru temele de cercetare prezentate în teza de abilitare în vederea transferului rezultatelor cercetărilor către industrie;*
- *să continue publicarea rezultatelor științifice în articole ISI cu factor mare de impact, în vederea măririi vizibilității internaționale;*
- *să inițieze și să dezvolte echipe de cercetare cu tineri cercetători, atrăgându-i în teme interesante și de actualitate, în proiecte de cercetare științifică.*

*
* *

Direcții de cercetare viitoare deschise de prezenta teză de abilitare pentru tineri cercetători - studenți, masteranzi, doctoranzi:

- ✓ *investigarea altor resurse agricole și vegetale în realizarea biocompozitelor: deșeuri de la curățarea viilor și pomilor fructiferi, stuful din Delta Dunării, deșeurile din industria alimentară (coji de nuci, de alune), etc;*
- ✓ *cercetări privind îmbunătățirea proprietăților fizice și mecanice ale biocompozitelor din deșeuri agricole;*
- ✓ *cercetări privind influența deșeurilor agricole și a biomasei vegetale asupra emanației de formaldehidă a panourilor din aşchii sau fibre de lemn;*
- ✓ *biocompozite cu densitate redusă ca miez pentru structuri sandwich și influența structurii stratificate asupra rezistențelor fizice și mecanice;*
- ✓ *cercetări privind realizarea biocompozitelor fără adezivi;*
- ✓ *cercetări privind utilizarea celulozei și a ligninei din biomasa agricolă și vegetală la realizarea biocompozitelor fără adezivi;*
- ✓ *reciclarea deșeurilor de polietilenă în structuri compozite termo- și fonoizolante.*

Alte direcții de cercetare:

- ✓ *tehnologii neconvenționale - tăierea lemnului cu jet de apă, avantaje și dezavantaje;*
- ✓ *tehnologii de îmbinare a frizelor de lemn în panouri utilizând lignina (fără adezivi).*

(B-iii) Bibliografie

Abdul Halip, J., Tahir, P.Md., Cheng Yong Choo, A., and Ashaari, Z. (2014). “Effect of Kenaf Parts on the Performance of Single-Layer and Three-Layer Particleboard Made from Kenaf and Ruberwood,” *BioResources* (<http://www.bioresources.com>), 8(2), 1709-1717.

Adhikary, K. B.; PANG, S.; STAIGER, M. P. (2007). Long-term moisture absorption and thickness swelling behaviour of recycled thermoplastics reinforced with *Pinus radiata* sawdust. In: *Chemical Engineering Journal*, doi: 10.1016 /j.cej.2007.11.024.

Adhikary, K. B.; PANG, S.; STAIGER, M. P. (2008). Dimensional stability and mechanical behaviour of wood–plastic composites based on recycled and virgin high-density polyethylene - HDPE. In: *Composites Journal (Part B)* 39: 807–815.

Aina KS, Osuntuyi EO., Aruwajoye AS (2013) „Comparative Studies on Physico-Mechanical Properties of Wood Plastic Composites Produced from Three Indigenous Wood Species”. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, India Online 2(8): 226-230.

Ashori, A., and Nourbakhsh, A. (2010). “Bio-based composites from waste agricultural residues,” *Waste Management* 30, 680-684.

Ayrilmis, N., Buyuksari, U., (2010). “Utilization of olive mill sludge in the manufacture of fiberboard”, *BioResources* 5(3), 1859-1867.

Balducci, F., Harper, Ch., Meinschmidt, P., Dix, B., and Sanasi, A. (2008). “Development of innovative particleboard panels,” *Drvna Industrija* 59(3), 131-136.

Barbu, M.C. (2002). „MDF. Plăci din fibre de lemn. Bazele producției”, Editura Universității Transilvania, Brașov.

Barros Filho, R.M., Mendes, L.M., Novack, K.M., Aprelini, L.O., and Botaro, V.R. (2011). “Hybrid chipboard panels based on sugarcane bagasse, ureaformaldehyde and melamine formaldehyde resin,” *Industrial Crops and Products* 33(2), 369-373.

Bhaskar J, Haq S., Pandey AK, Srivastava N (2012) “Evaluation of properties of propylene-pine wood Plastic composite”. *J. Mater. Environ. Sci.* 3(3): 605-612.

Boquillon N., Elbez G., Schönfeld U. (2004). “Properties of wheat straw particleboards bonded with different types of resin”. *Journal of Wood Science* 50 [3]: 230–235.

Borza, G.V., Roș, V., Deac, T. (2011): Evaluarea potențialului de energie din biomasă solidă pentru zona Petru Rareș-Reteag, a XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești, Sebeș.

- Bouafif H, Koubaa A, Perre P, Cloutier A (2009) “Effects of fiber characteristics on the physical and mechanical properties of wood plastic composites.” *Composites: Part A* 40: 1975-1981.
- Bratu M, Ropota I, Vasile O, Dumitrescu O, Muntean M., (2011) „Research on the absorbing properties of some new types of composite materials”, in *Romanian Journal of Materials*, 41(2), 147-154
- Buyuksari, U., Ayrilmis, N., Avci, E., Koc, E. (2010). “Evaluation of the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard manufactured from waste stone pine (*Pinus pinea* L.) cones,” *Bioresource Technology* 101, 255-259.
- Cai, Z., Wu, Q., Lee, J.N., Hiziroglu, S. (2004). “Influence of board density, mat construction, and chip type on performance of particleboard made from eastern redcedar,” *Forest Products Journal* 54(12), 226-232.
- Carre, P. (2009). WP2 Report of the SUSTOIL Project, Deliverable D2.1. Review and Evaluation Major and Most Promising Processing Technologies for Oil Seed Pre-treatment and Extraction, FP7-Energy, (<http://www.york.ac.uk/res/sustoil/Pages/Deliverable%202-5.pdf>).
- Cerbu, C. (2010) Effects of the Long-Time Immersion on the Mechanical Behaviour in Case of Some E-glass / Resin Composite Materials, in *Woven Fabric Engineering*, Edited by Polona Dobnik Dubrovski, ISBN 978-953-307-194-7, Sciyo Publisher, p: 363-385.
- Chau, V. Vo, Paquet, A.N., An Evaluation of the Thermal Conductivity of Extruded Polystyrene Foam Blown with HFC-134a or HCFC-142b, *Journal of Cellular Plastics*, Vol. 40, No. 3, 2004, pp. 205-228.
- Cosereanu, C., Curtu, I., Lunguleasa A., Lica D., Porojan M., Brenci, L., Cismaru, I., Iacob, I. (2009), „Influence of Synthetic and Natural Fibers on the Characteristics of Wood-Textile Composites”, *Revista Mase Plastice* vol. 46, nr. 3, Bucuresti, ISSN 0025-5289, 305-309.
- Coșereanu, C., Lăzărescu, C., Curtu, I., Lica, D., Șova, D., Brenci, L.M., Stanciu, M.D. (2010) – „Research on New Structures to replace Polystyrene used for Thermal Insulation of Buildings” – *Mase Plastice* vol. 47, nr. 3 Sept. 2010, Bucuresti, ISSN 0025-5289, 341-345.
- Coșereanu, C., Lăzărescu, C., Olărescu, C., Laurenzi, W. (2012) „Soluții ecologice pentru pereții clădirilor cu transfer termic redus”, *Pro Ligno* 8(1), 2012, 28-34.
- Coșereanu, C., Lăzărescu, C. (2013) „Determination of the water resistance of the wood textile reinforced composites”, *Pro Ligno* 9(4), 2013, 477-482.
- Coșereanu, C., Lica, D., (2014) „Wood - Plastic Composites from Waste Materials Resulted in the Furniture Manufacturing Process”, *Pro Ligno* 10(2), 26-33.

- Coșoreanu, C., Lica, D., Curtu, I., Stanciu, M.D. (2014) „Water Resistance of Wood - Plastic Composites Made from Waste Materials Resulted in the Furniture Manufacturing”, *Pro Ligno* 10(4), 35-39.
- Cosoreanu, C., Brenci, L., Zeleniuc, A., Fotin, A. (2015) „Effect of Particle Size and Geometry on the Performance of Single-layer and Three-layer Particleboard Made from Sunflower Seed Husks”, *BioResources* 10(1) 1127-1136.
- Dobrinaș, B. (2010). „Semifabricate din lemn. Partea a II-a”, disponibil pe site-ul <http://www.scribd.com/doc/36172289/Semifabricate-Din-Lemn-Partea-II#scribd>, accesat la data de 25.06.2015.
- Dubey A, Tewari A, Chaturwedi M.K (2010) “Plastic Waste of Wood Recycling”. *VSRD Technical & Non-Technical Journal*, vol.I (1): 30 – 34.
- Dukarska D., Dziurka, D., Łęcka, J., Mirski, R. (2006). “The effect of amounts of rape straw added to chips on properties of particle boards depending on the type of bonding agent”, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 9(3), disponibil online: <http://www.ejpau.media.pl/volume9/issue3/art-12.html>, accesat la data de 03.06.2015.
- Dziurka, D., Mirski, R., Łęcka, J. (2005). “Properties of boards manufactured from rape straw depending on the type of the binding agent”, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 8(3), disponibil online: <http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue3/art-05.html>, accesat la data de 03.06.2015.
- Dziurka, D., Mirski, R. (2013). “Lightweight boards from wood and rape straw particles”, *Drewno* 2013, vol. 56, nr 190, pp. 19-31. DOI: 10.12841/wood.1644-3985.051.02.
- D’Souza, M.V., Kasem, M.A., Galbreath, M. (1981) „Performance of Protective Linings for Polystyrene Insulation in a Corner Wall Test”, *Fire Technology Journal*, vol. 17, no.2, Springer Netherlands, 1981, pp. 85-97.
- El Mansouri, N. E., Pizzi, A., Salvado, J. (2007). ” Lignin-Based Polycondensation Resins for Wood Adhesives”, *Journal of Applied Polymer Science* 103, 1690–1699.
- El Mansouri, N. E., Pizzi, A., Salvado, J. (2006). ”Lignin based wood panels adhesives without formaldehyde”, *Holz Roh Werkst* 65, 65-70.
- Esteves, B, Martins J., Cruz-Lopes. (2012). “New products from hazelnut shell,” *ECOWOOD 2012-5th International Conference on Environmentally-Compatible Forest Products*, Universida de Fernando Pessoa, Portugal.
- Felix JS, Domeno C, Nerin C (2013) “Characterization of wood plastic composites made from landfill-derived plastic and sawdust: Volatile compounds and olfactometric analysis.” *Waste Management* 33: 645-655.

Fernandes EM, Correlo VM, Chagas JAM, Mano JF, Reis RL (2011) “Properties of new cork-polymer composites: Advantages and drawbacks as compared with commercially available fibreboard materials”. *Composite Structures* 93: 3120-3129.

Ferra, J.M.M., Ohlmeyer, M., Mendes, A.M., Costa, M.R.N., Carvalho, L.H., Magalhães, F.D. (2011). “Evaluation of urea-formaldehyde adhesives performance by recently developed mechanical tests,” *International Journal of Adhesion & Adhesives* 31, 127-134. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2010.11.013.

J. Filipovici. (1964) “Studiul lemnului”, Editura Didactică și Pedagogică, București.

Fiorelli, J., Curtolo, D.D., Barrero, N.G., Savastano Jr., H., Pallone E.M.J.A, and Johnson, R. (2012). “Particulate composite based on coconut fiber and castor oil polyurethane adhesive: An eco-efficient product,” *Industrial Crops and Products* 40, 69-75.

Flandez, J., Gonzales, I., Resplandis, J.B., El Mansouri, N.-E., Vilaseca, F., Mutje, P. (2012) “Management of corn stalk waste as reinforcement for polypropilene injection moulded composites”, *BioResources* 7(2), 1836-1849.

Folaranmi, J., Effect of Additives on the Thermal Conductivity of Clay, Federal University of Technology, Minna, Nigeria, 2008.

Garay, R.M., MacDonald, F., Acevedo, M.L., Calderon, B., and Araya, J. E. (2009). “Particleboard made with crop residues mixed with wood from *Pinus radiata*,” *BioResources* (<http://www.bioresources.com>), 4(4), 1396-1408.

Garay, R.M. (2012). “Lab testing for P3 moisture resistant overlaid particleboards made from wood residues,” *BioResources* (<http://www.bioresources.com>), 7(3), 3093-3103.

Garcia-Ortuño, T., Andreu-Rodriguez, J., Ferrandez-Garcia, M.T., Ferrandez-Villena, M., and Ferrandez-Garcia, C.E. (2011). “Evaluation of the Physical and Mechanical Properties of Particleboard Made from Giant Reed (*Arundo donax* L.),” *BioResources* (<http://www.bioresources.com>), 6(1), 477-486.

Gavrilescu, D., Crăciun, G. (2012).”Fabricarea celulozei sulfat”. Editura TEXTE – Dej

Gerber, C., Gfeller B., Balz (2005) „Joint connection with welded thermoplastic dowels & Wood Welding Technologies”, CTI research, Swiss School of Engineering for the Wood industry, Biel-Bienne, Switzerland.

Gertjens, R.O., Haygreen, J.G., and French, D.W. (1972). “Particleboard from Aspen Flakes and Sunflower hulls,” *Technical Bulletin* 290, Forestry Series TU, University of Minnesota, http://digitalcommons.usu.edu/aspen_bib/5418.

- Guler, C., Bektas, I., and Kalaycioglu, H. (2006). “The experimental particleboard manufacture from sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.),” *Forest Prod. J.* 56(4), 56-60.
- Guler, C., Kopur, Y., and Tascioglu, C. (2008). “The manufacture of particleboards using mixture of peanut hull (*Arachis hypogaea* L.) and European Black pine (*Pinus nigra* Arnold) wood chips,” *Bioresource Technology* 99, 2893-2897.
- Güler, C., and Büyüksari, Ü. (2011). “Effect of production parameters on the physical and mechanical properties of particleboards made from peanut (*Arachis hypogaea* L.) hull,” *BioResources* (<http://www.bioresources.com>), 6(4), 5027-5036.
- Habibi Y, El-Zawawi W.K, Ibrahim M, Dufresne A. (2008) “Processing and characterization of reinforced polyethylene composites made with lignocellulosic fibers from Egyptian agro-industrial residues”. *Composites Science and Technology* 68: 1877-1885.
- Hayes, D. (2010). “Chemistry and properties of woods-Carbolea”, *DAFF RSF Project Database*, University of Limerick, www.carbolea.ul.ie/wood.php, Accessed November 14, 2014.
- Hemmilä, V., Trischler, J., Sandberg, D. (2013). “Lignin – an adhesive raw material of the future or waste of research energy?”, *Proc. 9th Meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE)*, 98-103, Hannover, Germany, September 11-12.
- Izekor DN, Amiandamhen SO., Agbarhoaga OS (2013) „Effects of geometrical particle sizes of wood flour on strength and dimensional properties of wood plastic composites”. *Journal of Applied and Natural Science* 5(1): 194-199.
- Kaimakci A, Ayrimis N, (2014) “Investigation of correlation between Brinell hardness and tensile strength of wood plastic composites”. *Composites: Part B* 58: 582-585.
- Kamireddy, S.R. “Study of sunflower hulls as a potential feedstock for biofuel and chemical production”, Department of Chemical Engineering, University of North Dakota, disponibil pe <http://www.sunflowernsa.com/uploads/resources/606/study-of-sunflower-hulls-as-a-potential-feedstock-for-biofuel-and-chemical-production---kamireddy.pdf>, accesat la data de 22.06.2015.
- Karfagard, A., Jahan-Latibari, A. (2011). “The performance of corn and cotton stalks for medium density fiberboard production,” *BioResources* 6(2), 1147-1157.
- Kartal SN, Aysal S., Terzi E, Yilgor N., Yoshimura T, Tsunoda K (2013) “Wood and Bamboo-PP Composites: Fungal and Termite Resistance, Water Absorption, and FT-IR Analyses”. *BioResources* 8(1): 1222-1244.
- Klyosov, A. (2007) „Wood-plastic composites” Wiley Interscience, a John Wiley & Sons, Inc., Publication.:384-400.

- Kowaluk, G., Marchal, R., Palubicki, B., Frackowiak, I., Beer, P. (2007). "Some aspects of machining of particleboards produced from alternative lignocellulose raw materials", Proceedings of the 2nd International Scientific Conference Woodworking Technique, Zalesina, Croatia, 11-15 September.
- Kowaluk, C., Fuczek, D., Beer, P., and Grzeskiewicz, M. (2011). "Influence of the raw materials and production parameters on chosen standard properties for furniture panels of biocomposites from fibrous chips," *BioResources* (<http://www.bioresources.com>), 6(3), 3004-3018.
- Lee, S., Shupe, T.F., and HSE, C.Y. (2006). "Mechanical and physical properties of agro-based fibreboard," *Holz als Roh- und Werkstoff* 59, 411-412.
- Lunguleasa A, Cosereanu C, Lica D, (2009) „Method for determining the specific area of chips”. Proceeding of the 1st International Conference on Manufacturing Engineering, Quality and Production Systems (MEQAPS '09), (vol. I), Brasov, Romania 24-26 Sept. 2009, ISSN 1790-2769, ISBN 978-960-474-121-2, 81-84.
- Malutan, T., Nicu, R., Popa V.I. (2008). "Contribution to the study of hydroxymetylation reaction of alkali lignin", *BioResources* 3(1), 13-20.
- Mantoux O, Lorriot T, Chibalon L, Aurrekoetxea J, Puerto A, Arostegi A, Urrutibeascoa I (2004) "Recycling Study of End of Life Products Made of ABS Resin". *Journal of Materials and Science Technology*, vol. 20, Suppl.1: 125-128.
- Mar, D.J, Modeling and Database Development of Conductive and Apparent Thermal Conductivity of Moist Insulation Materials, *Journal of Building Physics*, Vol. 32, No. 1, 2008, pp. 9-31.
- Miron – Onciul, M. "Studiul lemnului, Curs pentru învățământul la distanță", disponibil pe <https://ro.scribd.com/doc/195250137/Curs-Studiul-Lemnului>
- Mo X.-Q., Hu J., Sun X.-S., Ratto J.A. (2001). "Compression and tensile strength of low density straw-protein particleboard". *Industrial Crops Products* 14 [1]: 1–9.
- Nemli, G., Demirel, S., Gümüşkaya, E., Aslan, M., and Acar, C. (2009). "Feasibility of incorporating waste grass clipping (*Lolium perenne* L.) in particleboard composites," *Waste Management* 29, 1129-1131.
- Noubakhsh A, Ashori A (2010) "Wood plastic composites from agro-waste materials: Analysis of mechanical properties". *Bioresource Technology* 101: 2525-2528.
- Olărescu, C., Coșereanu, C. (2011). „Cercetări asupra capacității de izolare termică a unor compozite din materiale biodegradabile/ Research on the Possibility of Thermal Insulation Property of Some Composites Made of Biodegradable Materials”, *PRO LIGNO*, vol.7, nr. 3, ISSN 2069-7430, 54-58.

- Olărescu, C., Campean, M., Ispas, M., Coșereanu, C. (2014) Effect of thermal treatment on some properties of lime wood revista: EUR J WOOD WOOD PROD 72(4), 559-562.
- Pan, M., Zhou, D., Ding, T., Zhou, X. (2010). “Water resistance and some mechanical properties of rice straw fiberboards affected by thermal modification”, BioResources 5(2), 758-769.
- Panthapulakkal S, Sain M (2007) “Agro-residue reinforced high-density polyethylene composites: Fiber characterization and analysis of composite properties”. Composites: Part A 38: 1445-1454.
- Panyakaew, S., Fotios, S. (2008). “Agricultural Waste Materials as Thermal Insulation for Dwellings in Thailand: Preliminary Results,” PLEA 2008 – 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin.
- Pinto, B., Pereira, J., Martins, J. and Carvalho, L.H.C. (2008). “Effect of recycled wood on the performance of particleboard”, IPPS (International Panel Products Symposium), 299-308, Espoo, Finland.
- Pirayesh, H., Khanjanzadeh, H., and Salari, A. (2013). “Effect of using walnut/almond shells on the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard ,” Composites: Part B 45, 858-863.
- Pirayesh, H., Khazaiean, A., (2012) “Using almond (*Prunus Amygdalus* L.) shell as a bio-waste resource in wood based composite,” Composites: Part B 43, 1475-1479.
- Pizzi A., Properzi M., et al. (2005) “Mechanically - Induced Wood Welding”, ENSTIB-LERMAB, University of Nancy 1, Epinal, France.
- Pizzi, A. (2006). ”Recent developments in eco-efficient bio-based adhesives for wood bonding: opportunities and issues”, Journal of Adhesion Science and Technology 20(8), 829-846. DOI:10.1163/156856106777638635.
- Potůček, F., Milichovský, M. (2011). “Rapeseed straw as a possible source of non-wood fibre materials”, Cellulose Chemistry And Technology 45 (1-2), p.23-28.
- Prozil, S.O., Evtuguin, D.V. and Lopes, L.P.C. (2012) “Chemical composition of grape stalks of *Vitis vinifera* L. from red grape pomaces”. Industrial Crops and Products 35(1), 178-184.
- Qingfeng, S., Haipeng, Y., Yixing L., Jian L., Yun, L., John H.F. (2010) „Improvement of water resistance and dimensional stability of wood through titanium dioxide coating”. Holzforschung. Vol. 64, no. 6, p. 757-761.
- Scutaru, L. M. (2006). „Panouri termoizolante din lemn si materiale lemnoase utilizate in constructia caselor”, teză de doctorat susținută în cadrul Universității Transilvania din Brașov,

iulie, 2006/ Thermal insulating wooden boards used for house building, PhD Thesis, Transylvania University of Brasov.

Simpson, W., TenWolde, A., (1999). "Physical Properties and Moisture Relations of Wood", disponibil pe <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr113/ch03.pdf>, accesat la data de 04.06.2015.

Stanciu, M.D., Curtu, I., Cosereanu, C., Vasile, O., Olarescu, C. (2011), „Evaluation of Absorption Coefficient of Biodegradable Composite Materials with Textile Inserts”, Romanian Journal of Acoustics & Vibration 8 (2), 99-102.

Stanciu, M.D., Curtu, I., Cosereanu, C., Nica, D., Nastac, S. (2012), „Research regarding acoustical properties of recycled composites”, Proceedings of the 8th International DAAAM Baltic Conference "Industrial Engineering", 741-746.

Stanciu, M.D., Curtu, I., Cosereanu, C., Lica, D. (2015), „Soundproofing Performance Evaluation of Panels Made of Fibers of Acrylonitrile Butadiene Styrene Copolymer (ABS)", Procedia Technology 19, 8th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG 2014, 9-10 Oct. 2014, Târgu Mures, 260-267.

Suhaily, S.S., Jawaid, M., Abdul Khalil, H.P.S., Mohamed, A.R., Ibrahim, F. (2012). "A review of oil palm biocomposites for furniture design and applications: potential and challenges", BioResources 7(3), 4400-4423.

Ștefănescu, F. ș.a. (1996) „Materialele viitorului se fabrică azi – Materiale Compozite”, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1996.

Tamrakar S, Lopez-Anido RA (2011) "Water absorption of wood polypropylene composite sheet piles and its influence on mechanical properties". Construction and Building Materials 25: 3977-3988.

Tan, R. (2012). "The use of p-MDI resin in MDF manufacture". WOOD 493, A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Bachelor of Science in Wood Products Processing" in The Faculty of Forestry, disponibilă pe https://circle.ubc.ca/bitstream/id/162670/Tan_Rynehvee_WOOD_493_Project_2012.pdf, accesat la data de 03.06.2015.

Wan, P.J., Baker, G.W., Clark, S.P., and Mattock, S.W. (1979). "Characteristics of Sunflower Seed and Meal," Cereal chem. 56(4), 352-355.

Wei, K., Lv, C., Chen, M., Zhou, X., Dai, Z., Shen, D. (2015). "Development and performance evaluation of a new thermal insulation material from rice straw using high frequency hot-pressing," Energy and Buildings 87, 116-122. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.11.026

Yoon, K., Takahashi, S., Nge, T.T., Karlsson, O., Nakagawaizumi, A., Ohi, H., Uraki, Y., Yamada, T. (2015). "Thermal melting of lignin derivatives prepared from dried black liquor powder of softwood Soda-AQ cooking and polyethylene glycol", *BioResources* 10(1), 912-921.

Yucel, K.T., Basyigit, C., ÖzeL, C. (2003) „Thermal Insulation Properties of Expanded Polystyrene as Construction and Insulating Materials”, *Fifteenth Symposium on Thermophysical Properties*, Boulder-Colorado-USA.

*** ASTM D1037 Standard Test Method for Evaluating Properties of Wood-based Fiber and Particle Panel Materials.

*** CS 236-66 (1968). Commercial Standard. Mat formed Wood particleboard.

*** DIN EN 12667 (2001). „Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Products of high and medium thermal resistance”.

*** ISO 8301 1991. „Thermal insulation -- Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Heat flow meter apparatus”.

*** SR EN 310 (1996). “Plăci pe bază de lemn. Determinare a modulului de elasticitate la încovoiere și a rezistenței la încovoiere”.

*** SR EN 317 (1996). “Plăci de aşchii și plăci de fibre de lemn. Determinarea umflării la grosime după imersia în apă” .

*** SR EN 319 (1997). “Plăci de aşchii și plăci de fibre de lemn. Determinare a rezistenței la tracțiune perpendicular pe fețele panoului”.

*** SR EN 320 (1997). “Plăci de fibre de lemn. Determinare a rezistenței la smulgerea şuruburilor pe axa lor”.

***SR EN ISO 10534-1 (2002). Determination of sound absorption coefficient and acoustic impedance with the interferometer, Part 1: Stationary wave ratio method,

***SR EN ISO 10534-2 (2002) Determination of sound absorption coefficient and acoustic impedance with the interferometer, Part 2: Transfer function method.

***SR EN ISO 11654. (2002), Acoustics. Acoustic absorbers for use in buildings. Evaluation of acoustic absorption.

***SR EN ISO 11654. (2002) „Acoustics. Acoustic Absorbers For Use In Buildings. Evaluation Of Acoustic Absorption”. Standard românesc.

*** SR EN 312 (2004). “Plăci din aşchii de lemn. Condiții”.

Website-uri:

<http://www.madr.ro/culturi-de-camp/plante-tehnice/rapita-pentru-uilei.html>

<http://www.ie.asm.md/assets/images/img/pdf/A-59.pdf>

http://www.dynalabcorp.com/technical_info_abs.asp

<http://www.rehau.com/download/872964/edgeband-material-processing-tips.pdf>

<http://ap.netzschcdn.com/>

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agricultural_production_-_crops#Oilseeds

<http://www.deagostinigeografia.com/>