



Universitatea
Transilvania
din Braşov

FACULTATEA DE
INGINERIE MECANICĂ

Analiza Calitativa, Dinamică și acustică a sistemelor Anizotrope cu interfețe modificate -

ACADIA,

cod PN-III-P4-PCE-2021-0885,

contract nr. 61PCE/2022

Workshop nr. 1/etapa a II a

23.06.2023

P4 - Cercetare fundamentală și de frontieră

Domeniul de prioritate publică: *Științe ingineresti*,

Subdomeniul: *Produse și inginerie de proces*

Etapa II: 01.01.2023 – 31.12.2023

Director proiect:

Prof. univ. dr. ing. Mariana Domnica STANCIU



A horizontal arrow pointing to the right, with a yellow-to-blue gradient. The text "2022 - 2024" is centered on the arrow. Below the arrow, there are three rectangular boxes: a green one on the left, a grey one in the middle, and a grey one on the right.

*Etapă 1 WP1 - Investigații
microscopice și
spectroscopice (FTIR)
privind modificările de
suprafață și chimice ca
urmare a tratamentelor
aplicate lemnului*

*Etapă II WP2
Determinarea
proprietăților
elastice/acustice ale
epruvetelor de lemn cu
diferite tratamente de
suprafață*

Etapă III WP3 Evaluarea proprietăților dinamice și acustice ale lemnului și viorilor din bio-interfețe nemodificate și modificate

[illegible]

Pachetul de lucru WP2

Act 2.1 - Determinarea proprietăților mecanice ale probelor supuse la tracțiune

Act 2.2 - Determinarea proprietăților vasco-elastice supuse la analiza mecanică în regim dinamic (DMA)

Act 2.3 - Determinarea vitezei de propagare a undelor longitudinale/ultrasonice în speci­menele de lemn

Act 2.4 - Elaborarea analizei critice a proprietăților elastice ale lemnului de rezonanță în corelație cu analiză microscopică și spectroscopică

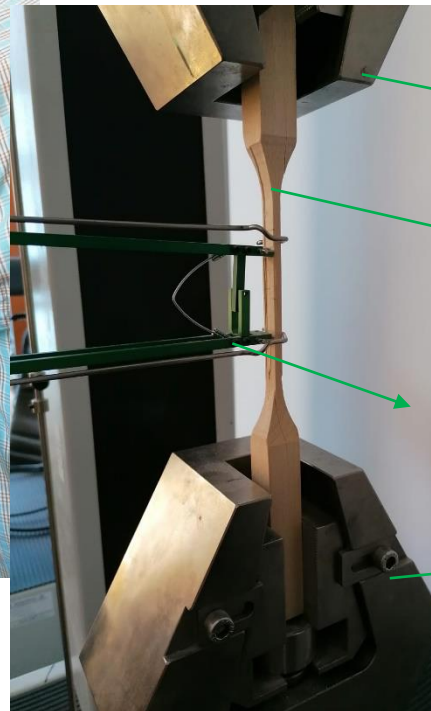
Act 2.5 - Diseminarea și vizibilitatea rezultatelor

Lac pe bază de ulei	Lac pe bază de alcool	Lac nitrocelulozic
Molid A/B	Molid A/B	Molid A/B
Molid C/D	Molid C/D	Molid C/D
Paltin A/B	Paltin A/B	Paltin A/B
Paltin C/D	Paltin C/D	Paltin C/D

Act 2.1 - Determinarea proprietăților mecanice ale probelor supuse la tracțiune

Mașina universală de testare LS100 Lloyd's Instruments (DIMEC)

Tipurile de probe



Bac mobil

Proba

Extensometru

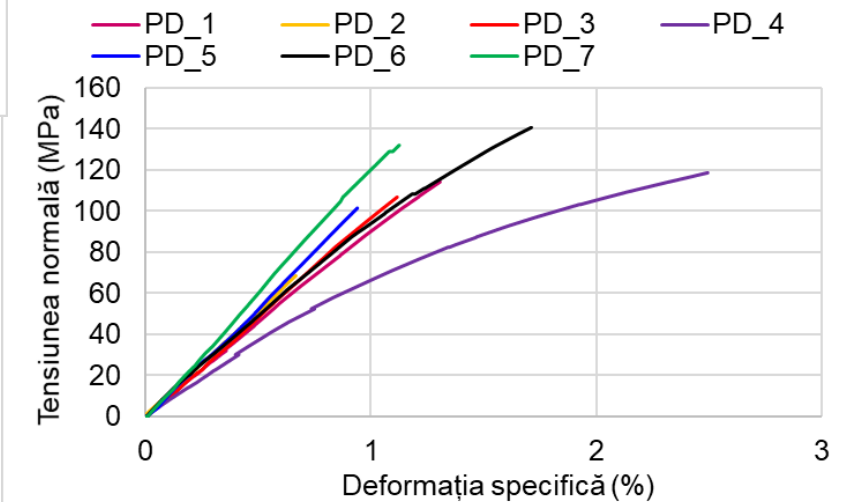
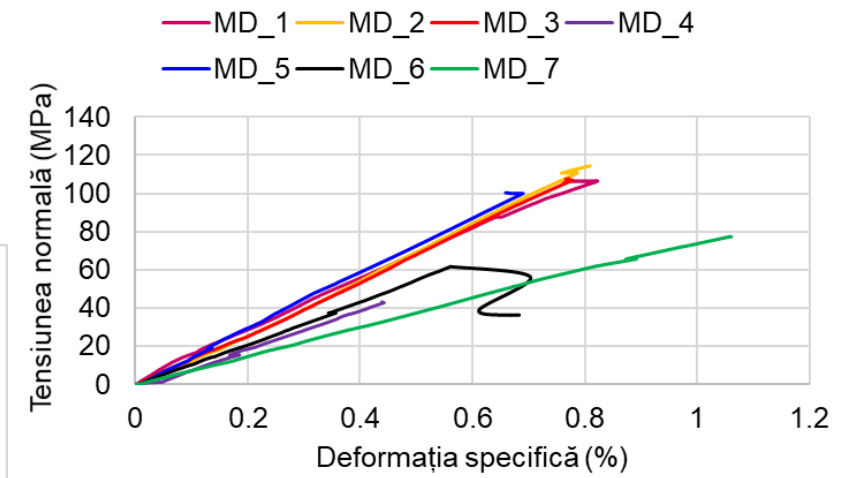
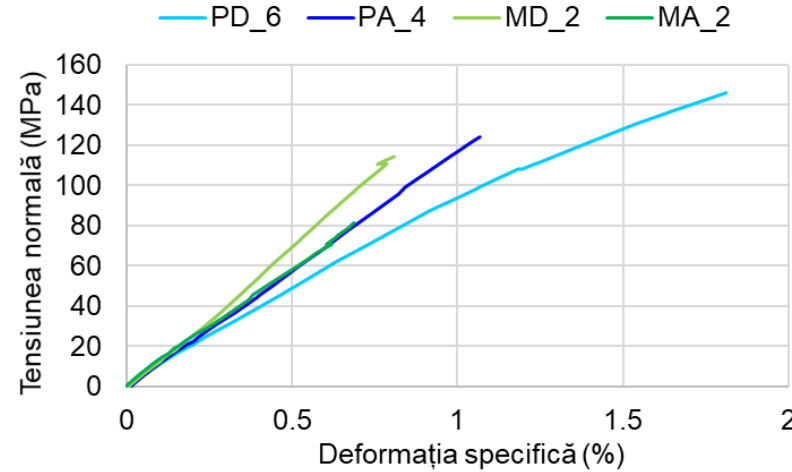
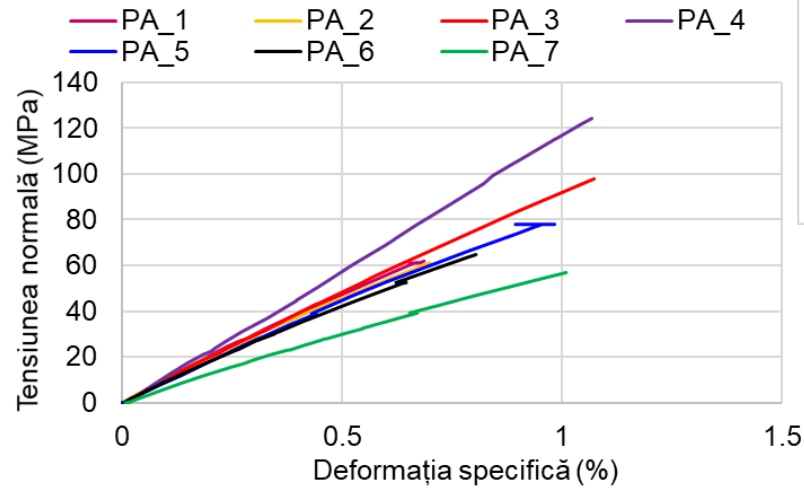
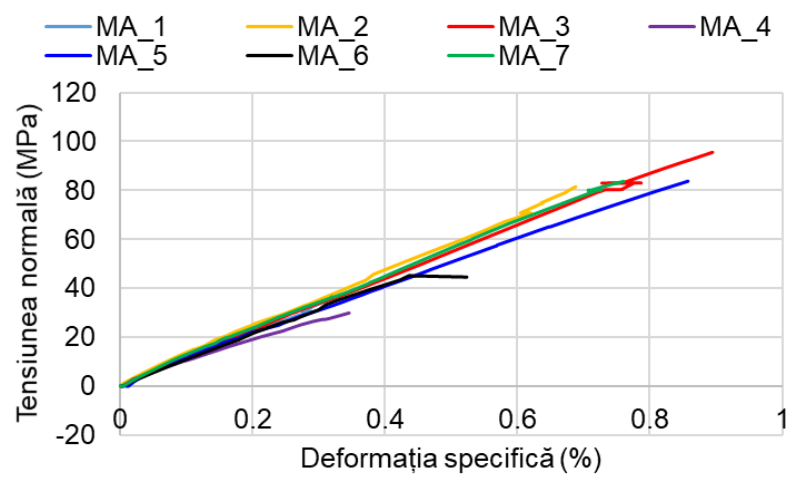
Bac fix

Proba	Lungimea de referință (mm)	Viteza (mm/min)	Lățimea (mm)	Grosimea (mm)	Aria (mm ²)
MD1	50	1	10.020	4.520	45.290
MD2	50	1	10.050	4.770	47.939
MD3	50	1	10.040	4.810	48.292
MD4	50	1	9.870	3.930	38.789
MD5	50	1	10.100	4.600	46.460
MD6	50	1	9.960	4.260	42.430
MD7	50	1	10.170	4.140	42.104
MA1	50	1	9.950	4.310	42.885
MA2	50	1	10.040	4.420	44.377
MA3	50	1	10.040	4.370	43.875
MA5	50	1	9.760	3.770	36.795
MA6	50	1	10.010	3.820	38.238
MA7	50	1	10.070	3.200	32.224
MA4	50	1	10.040	3.960	39.758
PA1	50	1	10.130	3.770	38.190
PA2	50	1	10.100	4.130	41.713
PA3	50	1	10.170	4.090	41.595
PA4	50	1	10.080	4.000	40.320
PA5	50	1	10.150	3.810	38.672
PA6	50	1	9.930	3.930	39.025
PA7	50	1	10.080	4.050	40.824
PD1	50	1	10.370	4.360	45.213
PD2	50	1	10.140	3.810	38.633
PD3	50	1	10.320	4.260	43.963
PD5	50	1	10.800	4.470	48.276
PD6	50	1	10.800	4.430	47.844
PD7	50	1	10.350	4.230	43.781
PD4	50	1	10.050	4.070	40.904

Act 2.1 - Determinarea proprietăților mecanice ale probelor supuse la tracțiune

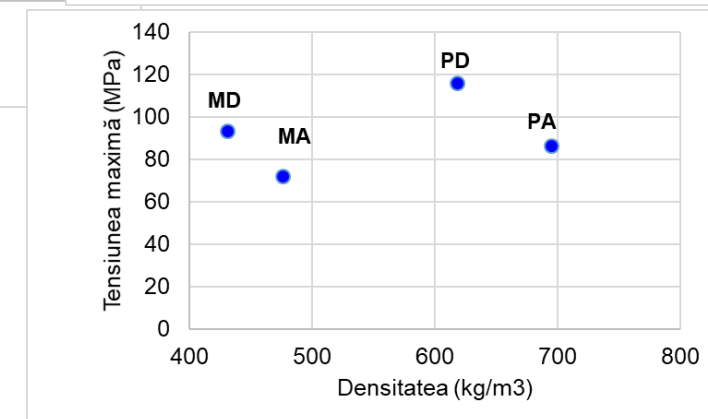
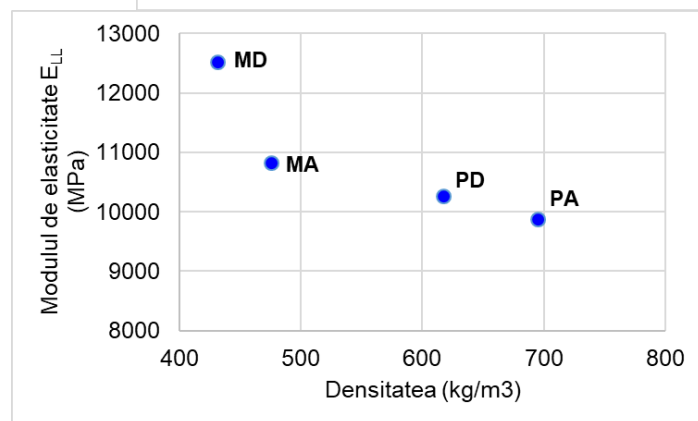
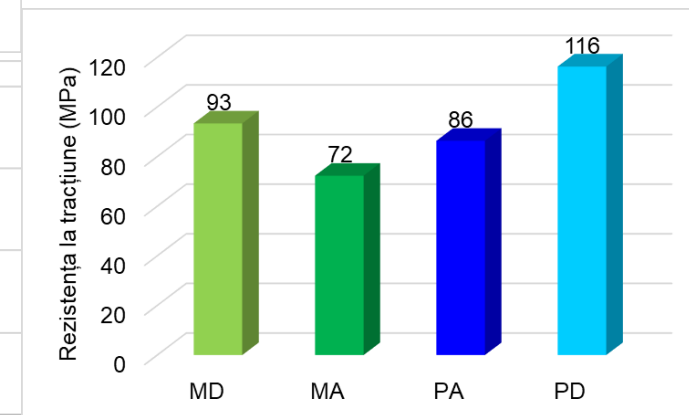
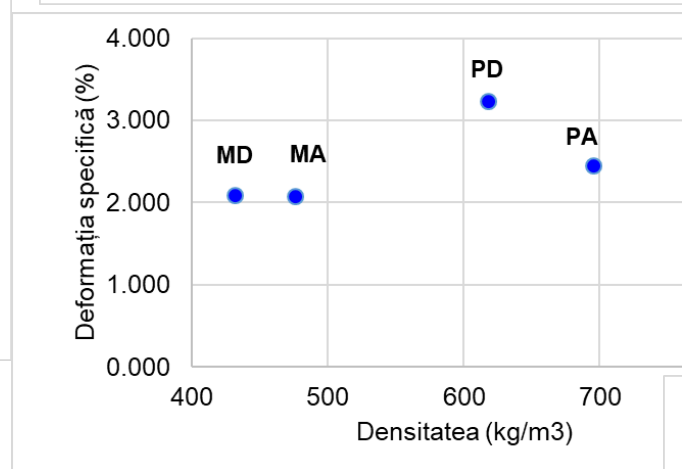
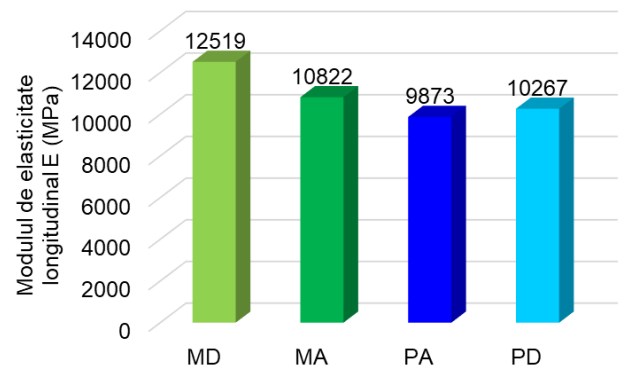
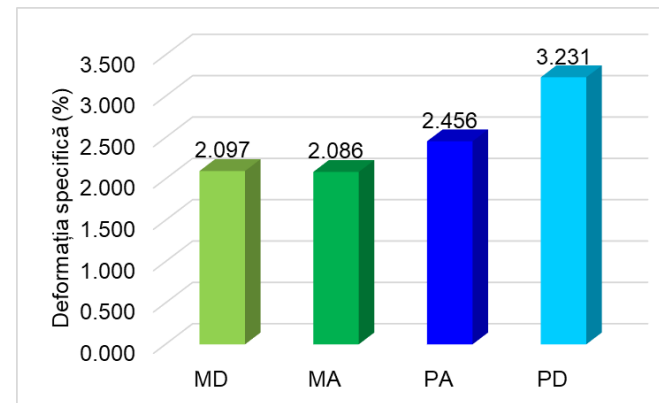
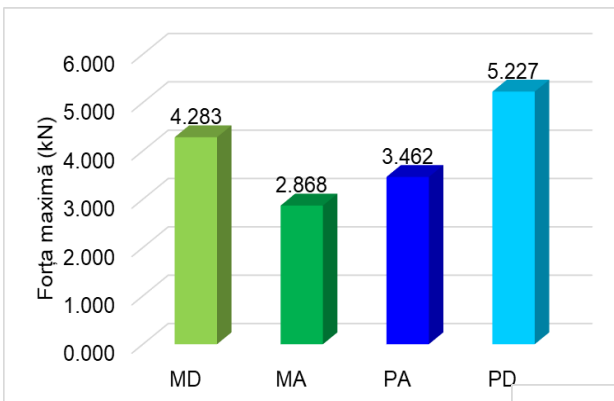
Rezultate

Curbele caracteristice



Act 2.1 - Determinarea proprietăților mecanice ale probelor supuse la tracțiune

Rezultate



Măsurarea unghiului de contact (1) – metoda de testare

Unghiul de contact este o mărime termodinamică de echilibru și reprezintă o rezultantă a energiilor libere superficiale/interfaciale τ_{SG} , τ_{SL} care se manifestă la interfețele de separație.

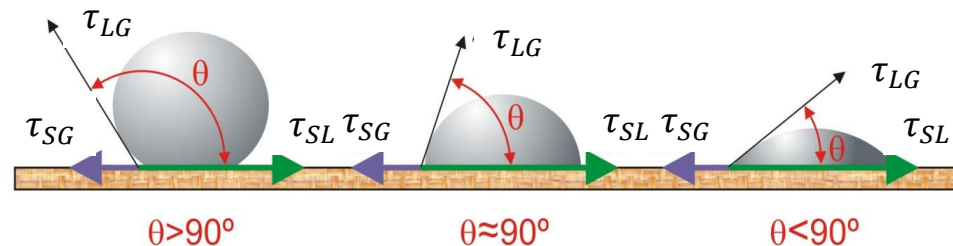
Factori care influențează mărimea unghiului de contact

Morfologia substratului (τ_{SG})

Natura lichidului (τ_{LG})

Natura interacțiunilor lichid-substrat (τ_{SL})

suprafață dispersă,
material hidrofob
(nu absoarbe lichidul)



suprafață polară,
material hidofil
(absoarbe lichidul)

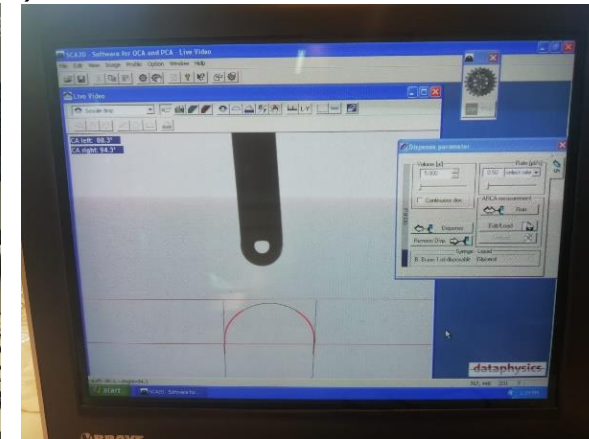
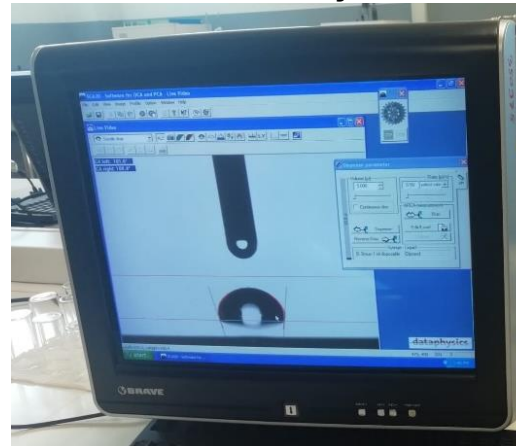
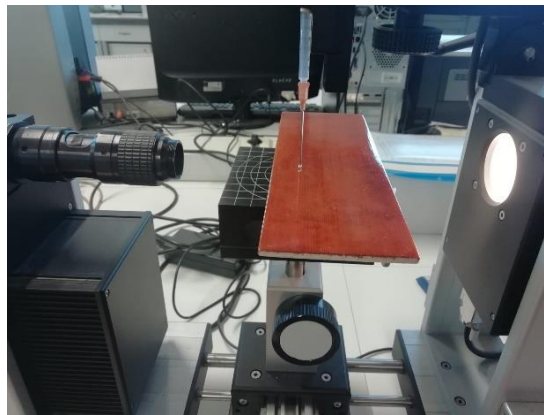
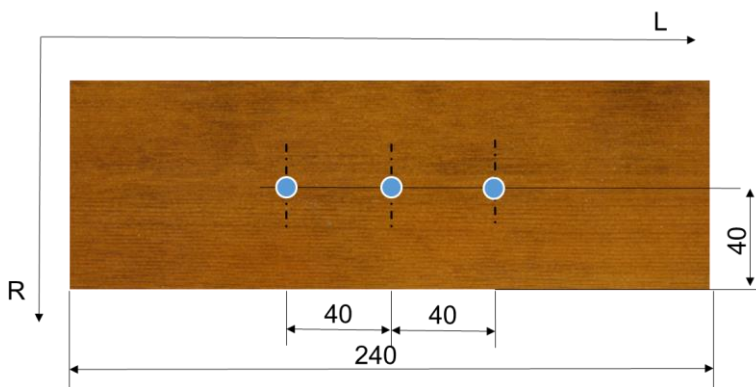
Un lichid plasat pe o suprafață solidă, în absența forțelor gravitaționale, va lua forma corespunzătoare energiei minime a sistemului (Fig 1).

Aceasta are loc atunci când [16]:

$$\tau_{SG} = \tau_{SL} + \tau_{LG} \cos \theta$$

în care:

τ_{SG} - tensiunea **superficială solid-gaz** (aer), [mN/m]; τ_{SL} - tensiunea interfacială solid-lichid, [mN/m]; τ_{LG} - tensiunea superficială a lichidului în contact cu vaporii săi, [mN/m]; θ - unghiul de contact (unghiul făcut de tangenta la suprafața lichid-gaz în punctul de contact al interfeței lichid-solid).



Echipamentul System OCA-20 (Data Physics Instruments) din laboratorul L7 al ICD-UNITBV

Măsurarea unghiului de contact (1) - Tipuri de probe testate

Probe cu lac pe bază de ulei (LU) Nr. straturi 5; 10; 15	Nr.	Probe cu lac pe bază de alcool (LS) Nr. straturi 5; 10; 15	Nr.	Probe martor	Nr.	Probe UV	Nr.
MA LU 5	3	MA LS 5	3	MA	3	MAUV	3
MA LU 10	3	MA LS 10	3	MD	3	MDUV	3
MA LU 15	3	MA LS 15	3	PA	3	PAUV	3
MD LU 5	3	MD LS 5	3	PD	3	PDUV	3
MD LU 10	3	MD LS 10	3				
MD LU 15	3	MD LS 15	3				
PALU 5, 10, 15	3/3/3	PALS 5, 10, 15	3/3/3				
PDLU 5, 10, 15	3/3/3	PDLS 5, 10, 15	3/3/3				

Molid clasă A

Paltin clasă A

Înainte de UV

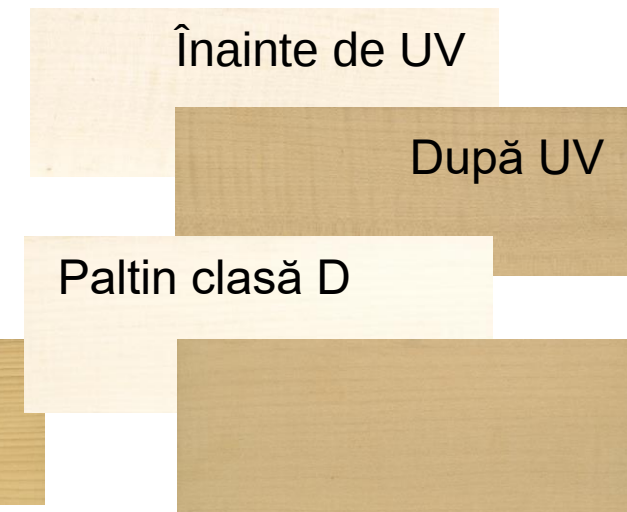
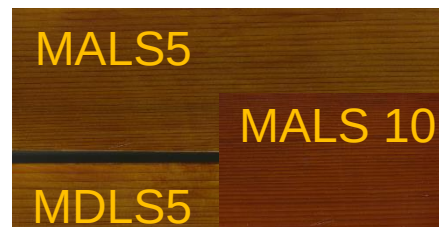
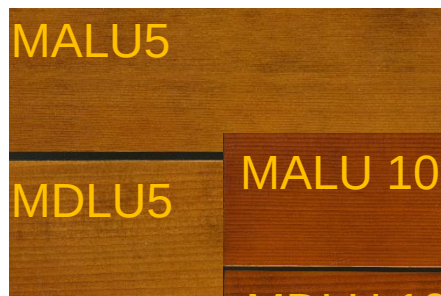
Înainte de UV

După UV

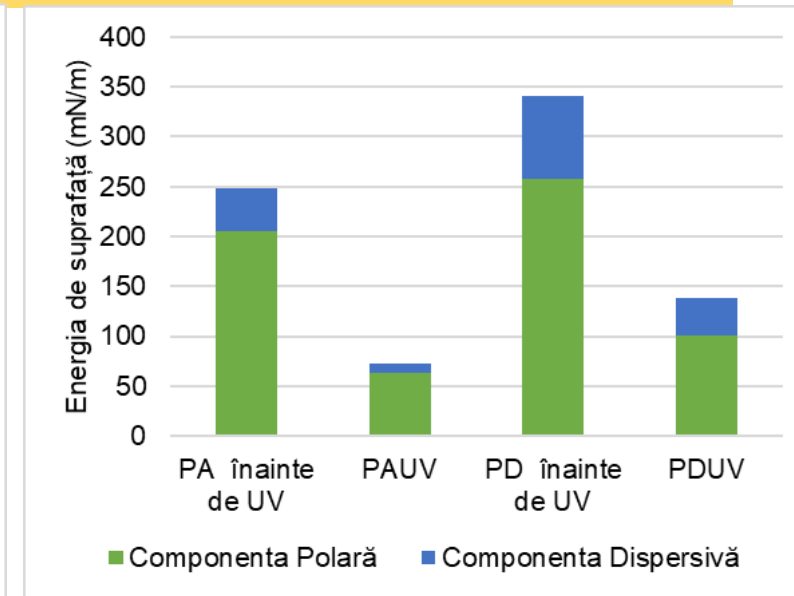
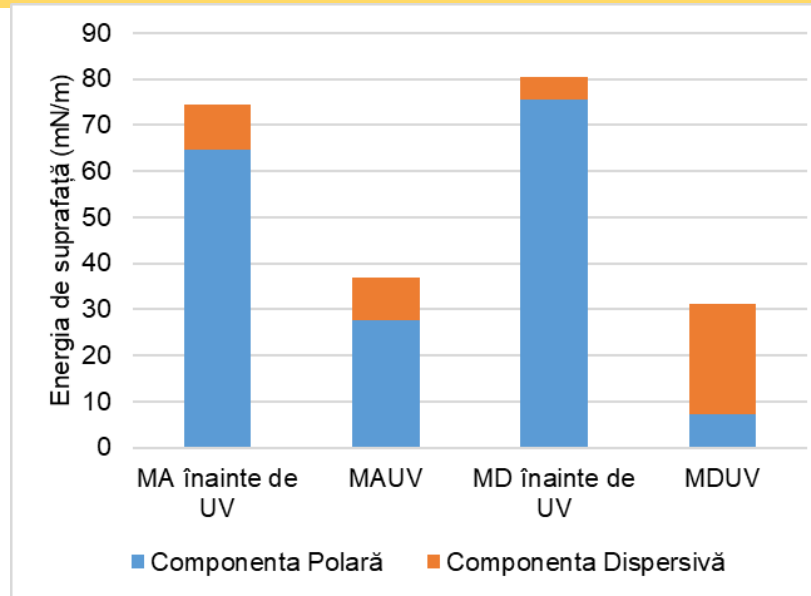
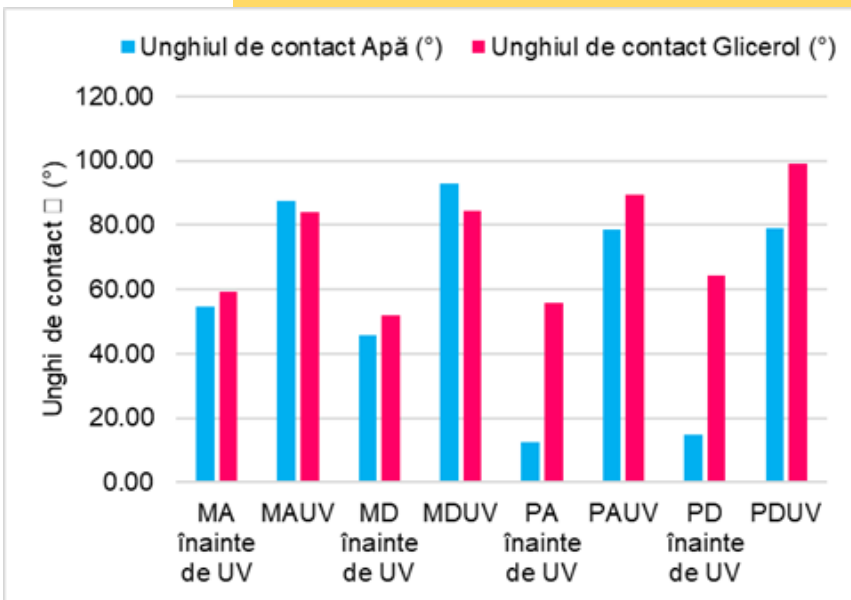
După UV

Molid clasă D

Paltin clasă D



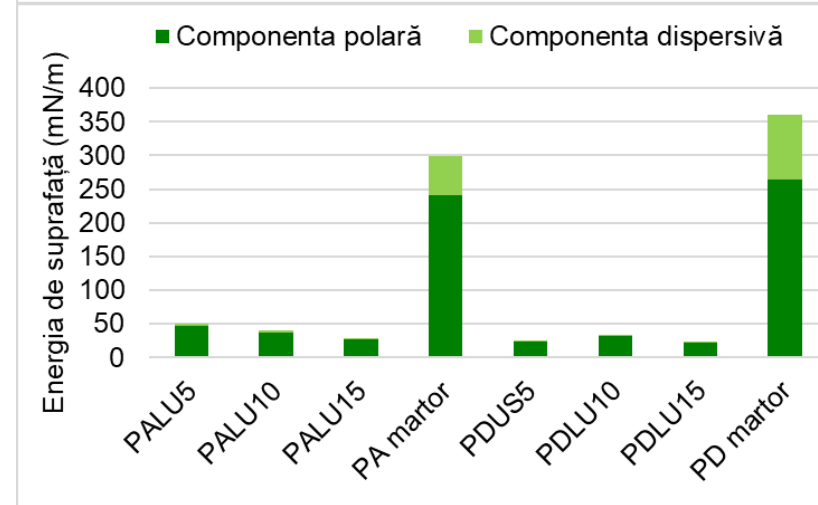
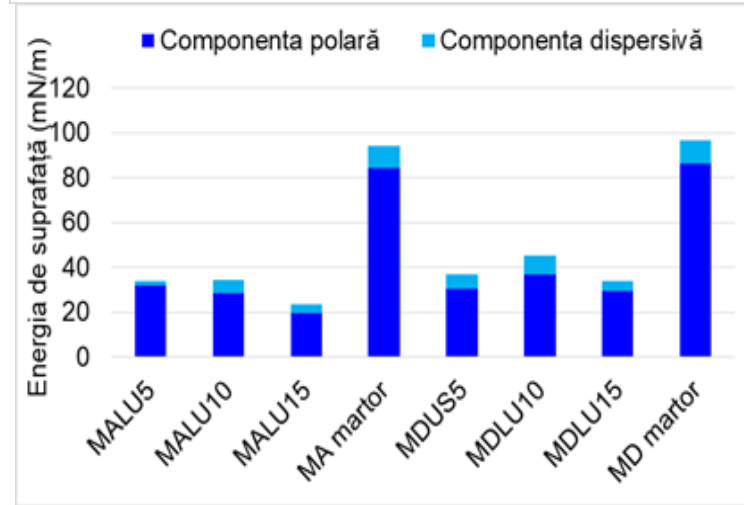
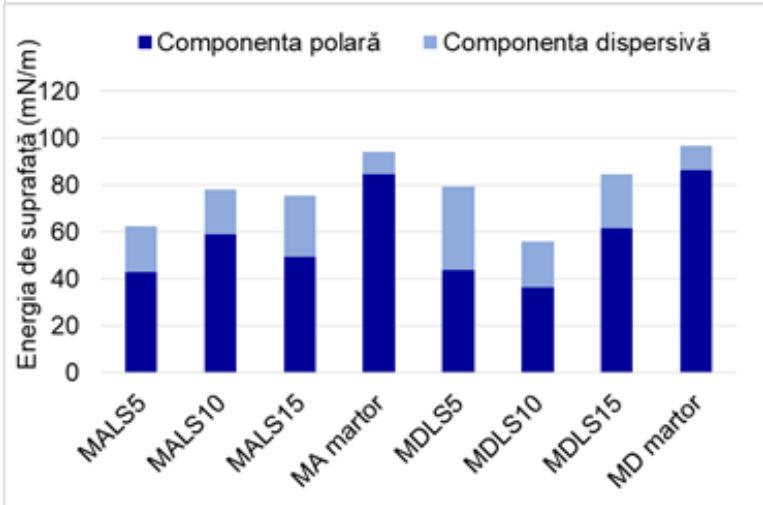
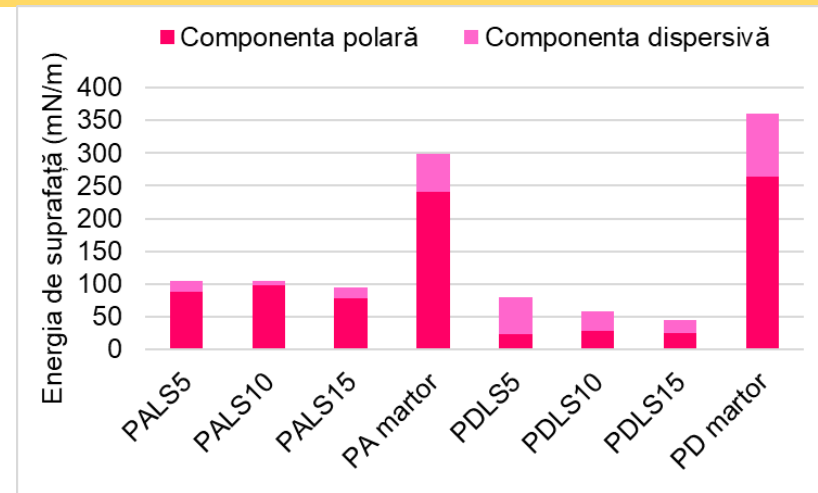
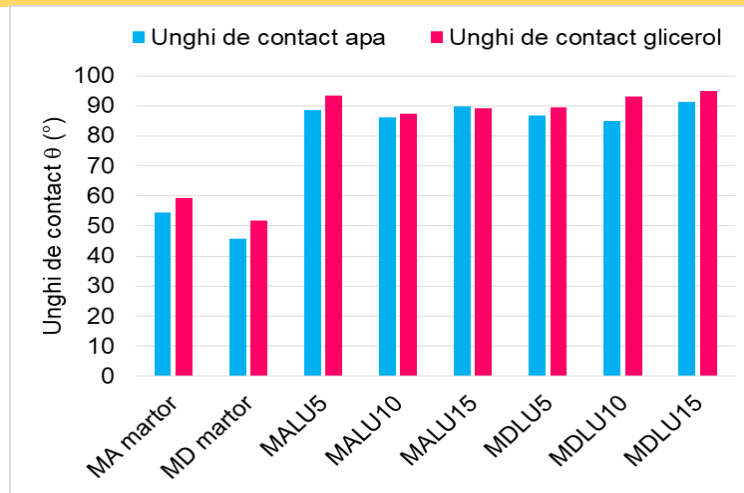
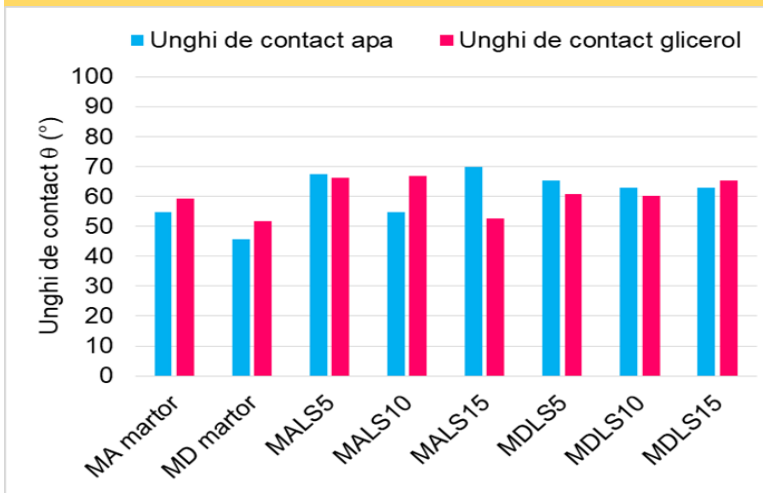
Măsurarea unghiului de contact – Rezultate probe UV



Se poate observa că pentru fiecare tip material care a fost supus la radiațiile UV, unghiul de contact a crescut, iar energia de suprafață a scăzut, îmbunătățind proprietățile probelor testate.

Energia de suprafață a scăzut cu 66% la probele MAUV, cu 61% la probele MDUV, 70% la probele PAUV, 60% la probele PDUV

Măsurarea unghiului de contact - Rezultate



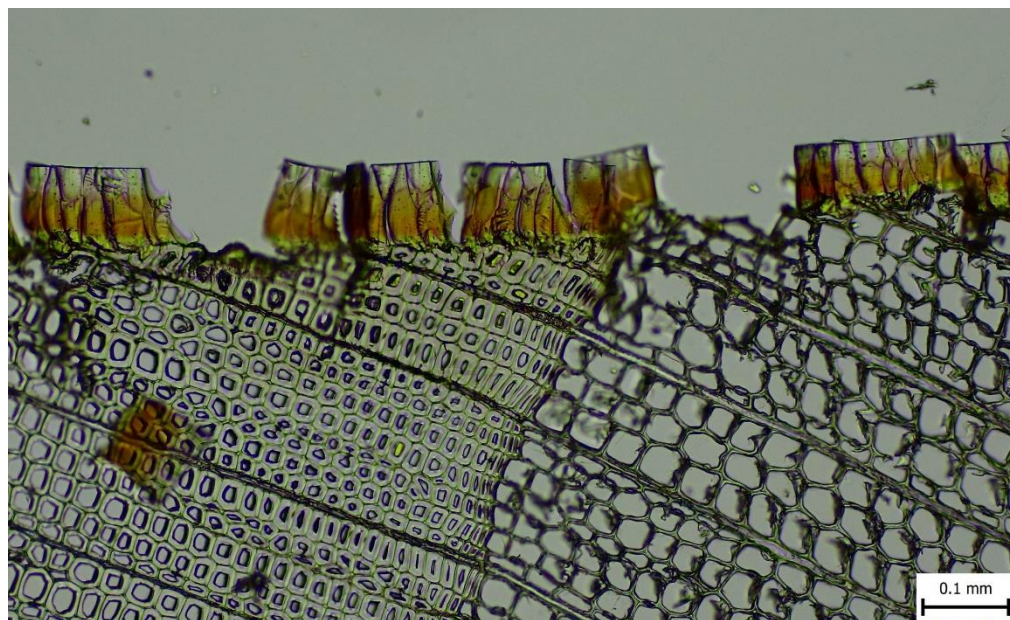
Cele două componente (polară și dispersivă) dau informații despre polaritatea suprafeței:

- o componentă polară mare, mai mare decât cea dispersivă indică o suprafață polară (așa cum se observă în cazul probelor analizate) și reciproc (o componentă dispersivă mare indică o suprafață nepolară).
- Componenta dispersivă este rezultatul forțelor de dispersie fizice, cea polară provine din interacții mai puternice între particulele componente (atomi, ioni, ...), interacții chimice, dipol-dipol, ion-dipol.
- Comparând cele două tipuri de lacuri, se observă că, la probele acoperite cu lac pe bază de alcool, componenta polară este de aproximativ 2 ori mai mare decât în cazul probelor acoperite cu lac pe bază de ulei.

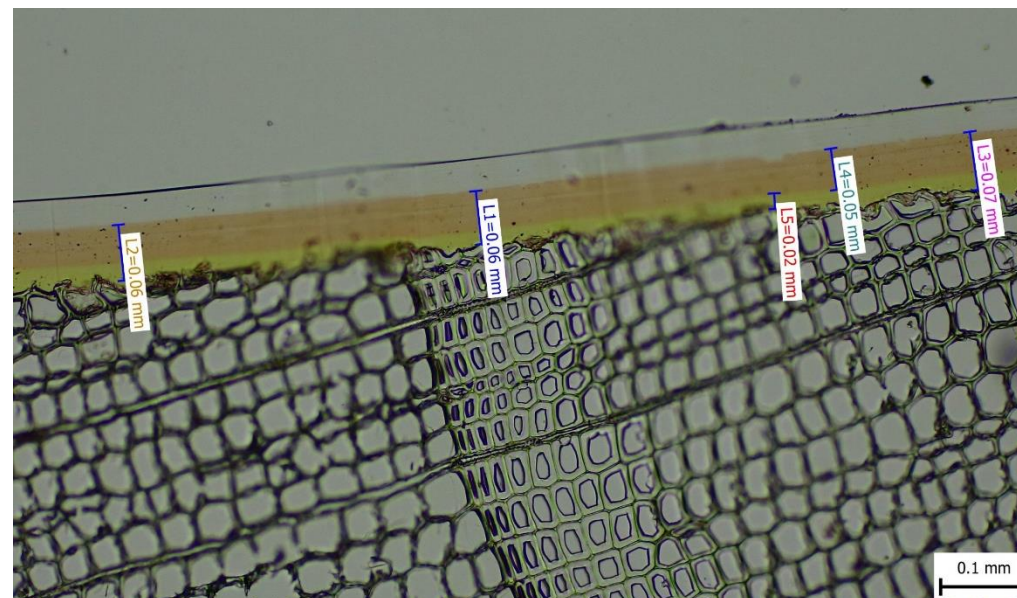
Măsurarea unghiului de contact - Rezultate

- Tipul lacului aplicat pe lemnul de rezonanță influențează atât proprietățile fizice ale probelor
- Parametrii de culoare sunt influențați de caracteristicile anatomice ale lemnului de rezonanță (clasa A, respectiv D), cea mai afectată mărime fiind luminozitatea;
- Energia superficială și unghiul de contact depind de natura lacului, calitatea substratului și numărul de straturi de lac

MALS

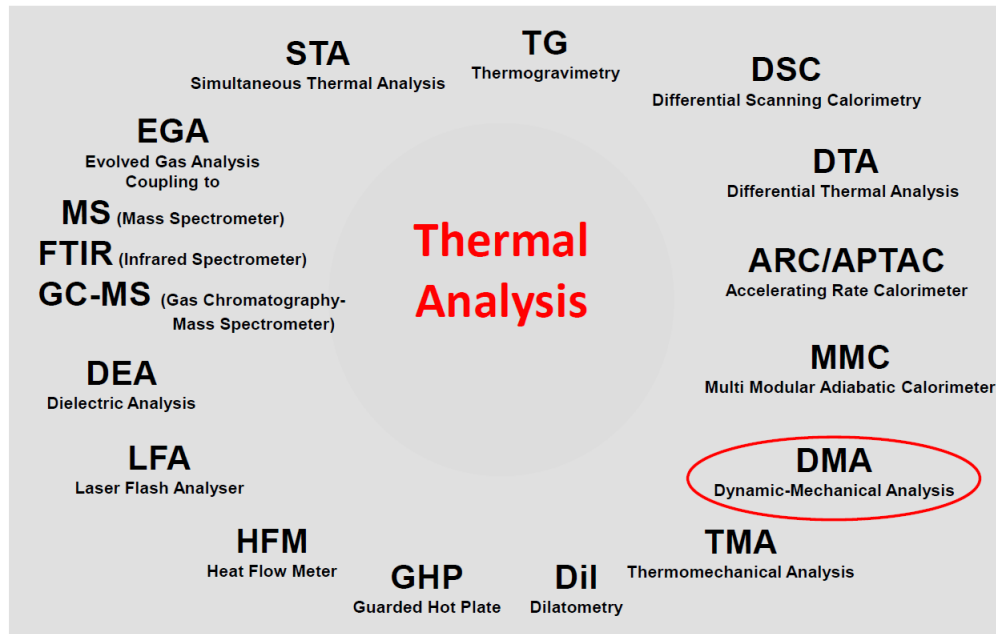


MALU



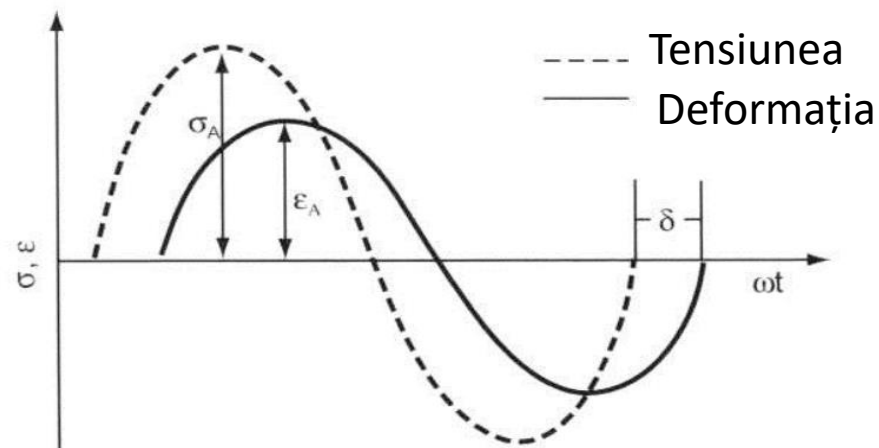
Act 2.2 - Determinarea proprietăților vâsco-elastice supuse la analiza mecanică în regim dinamic (DMA)

Operația de control nedistructiv constă în *aplicarea unui câmp fizic* asupra unui obiect de examinat și *evaluarea interacțiunii dintre acest câmp și modificările fizice, structurale și mecanice ale materialului*



O **sarcină mecanică** aplicată are ca efect un semnal de răspuns corespunzător – **deformație și tensiune, răspunsul fiind în fază, defazat ($=\pi/2$) sau defazat ($0 - \pi/2$).**

Rezultatul testului va fi o mărime complexă cu două componente (E' - modulul de conservare sau modulul elastic dinamic și E'' - modulul de pierdere sau modulul vâscos), iar raportul dintre E' / E'' reprezintă diferența de fază sau amortizarea $\tan\delta$ (o masura a absorbției de energie a materialului)



Analiza Mecanică Dinamica – (Dynamical Mechanical Analysis) furnizeaza informatii despre **proprietățile mecanice** sub o **sarcină dinamica de intensitate mică**, în principal sinusoidală, în funcție de **temperatură, timp și/sau frecvență**.

Act 2.2 - Determinarea proprietăților vâsco-elastice supuse la analiza mecanică în regim dinamic (DMA)

Termeni

Modulul de elasticitate complex poate fi scris $E^* = E' + iE''$

E' - este **componenta de conservare a energiei** (în fază cu tensiunea), numită *modulul de elasticitate dinamică*

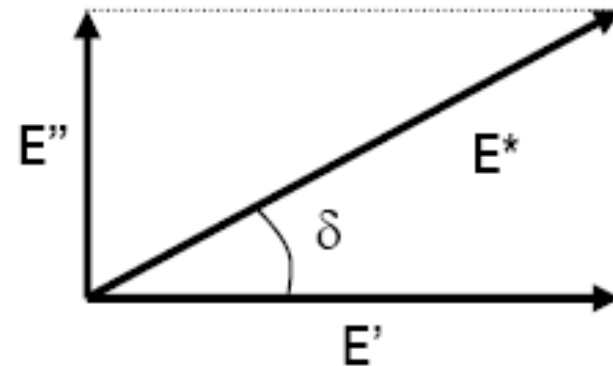
E'' - este **componenta de amortizare vâscoasă**,

- E^* reprezintă relația dintre **tensiuni** și **deformații dinamice specifice**, având expresia

$$E^* = E'(1 + i \cdot \tan \delta) \quad E^* = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \exp(i\delta)$$

$$E' = |E^*| \cos \delta = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \cos \delta \quad E'' = |E^*| \sin \delta = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \sin \delta \quad \tan(\delta) = \frac{E''}{E'}$$

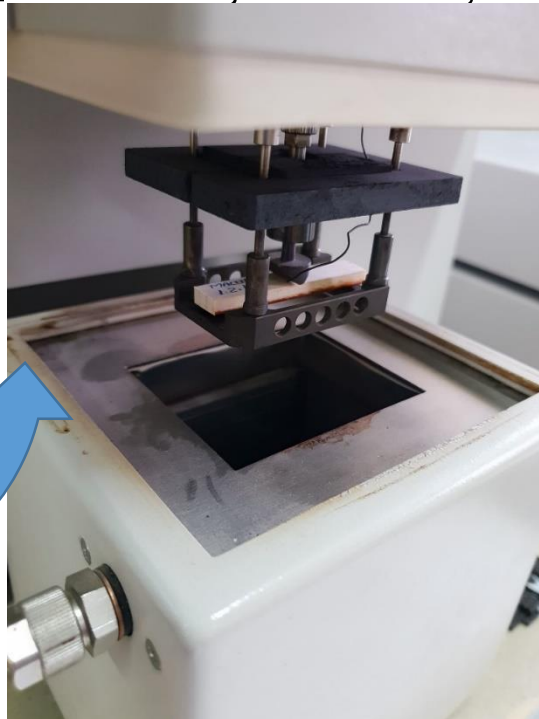
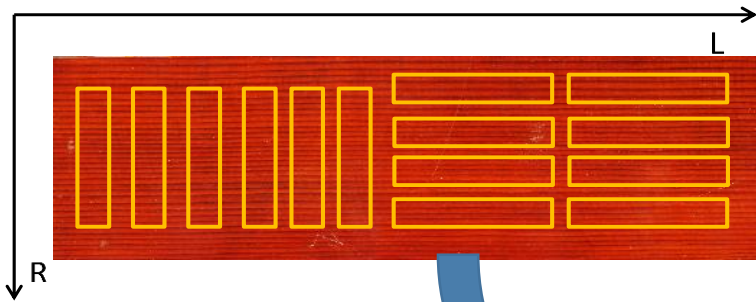
Marimile determinate prin *metoda dinamica* nu reprezintă același lucru cu modulele de elasticitate determinate prin *metoda de solicitare statica*.



Act 2.2 - Determinarea proprietăților vâsco-elastice supuse la (DMA)

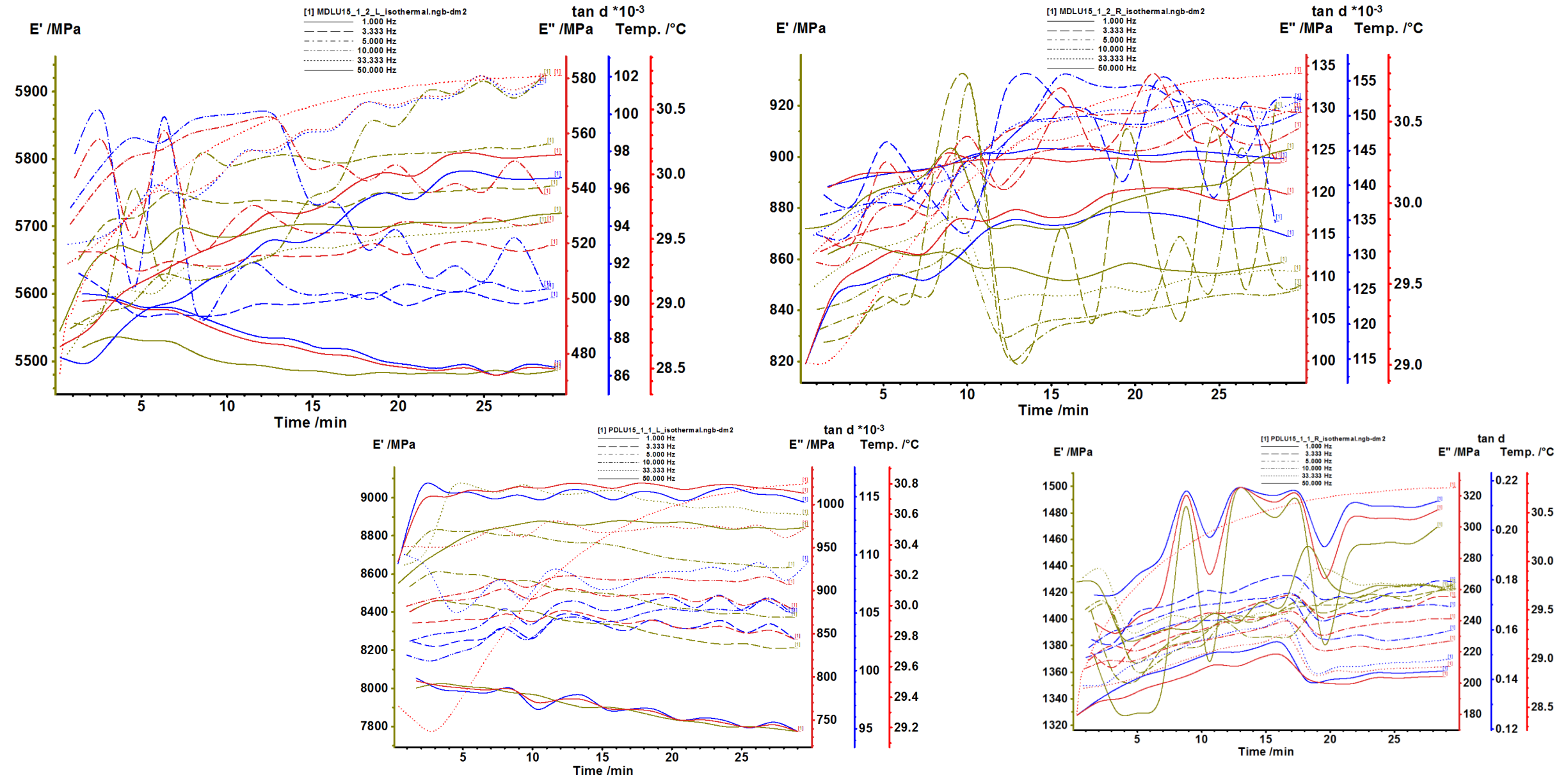
Descrierea metodei experimentale

Analiza mecanică în regim dinamic a fost realizată cu ajutorul analizorului mecanic dinamic Netzsch DMA 242 C din laboratorul de teste nedistructive al Institutului Național de Cercetare - Dezvoltare pentru Fizică Tehnică din Iași. Acest analizor permite determinarea proprietăților mecanice pentru diferite tipuri de materiale (compozite, metale, etc.) și pentru mai multe tipuri de solicitări (tracțiune/compresiune, încovoiere, forfecare), ca o funcție de timp, temperatură și frecvență de solicitare (forță statică sau oscilatorie).



Act 2.2 - Determinarea proprietăților vâsco-elastice supuse la (DMA)

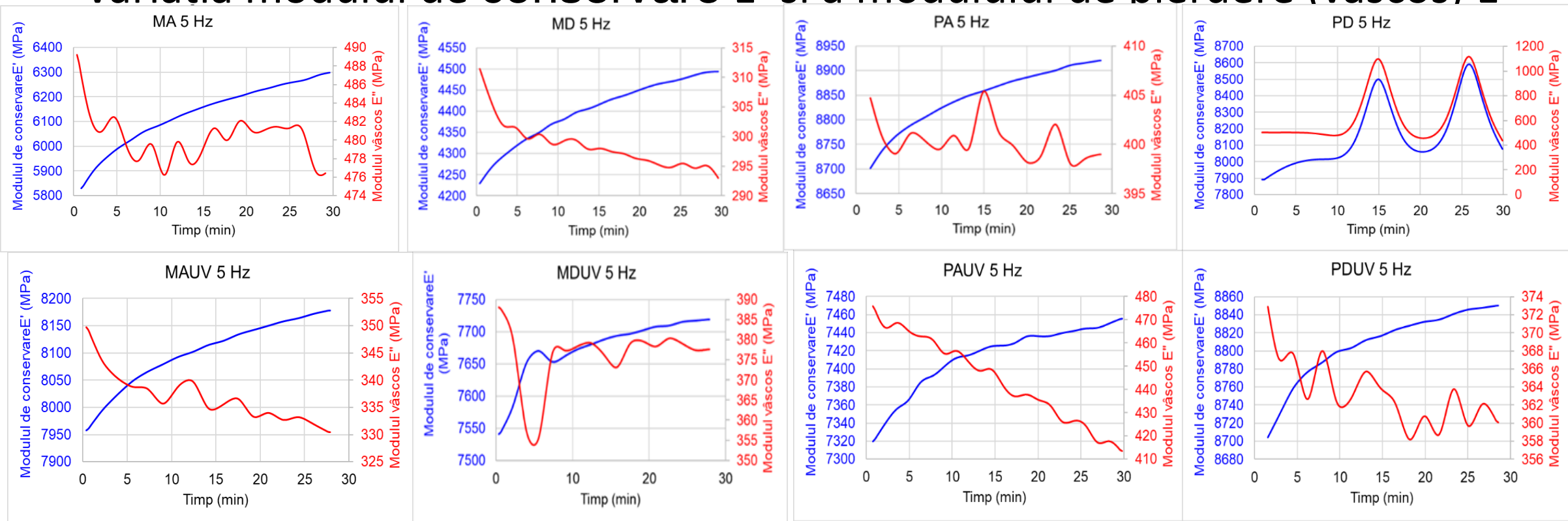
Rezultate probe îmbătrânite UV



Act 2.2 - Determinarea proprietăților vâsco-elastice supuse la (DMA)

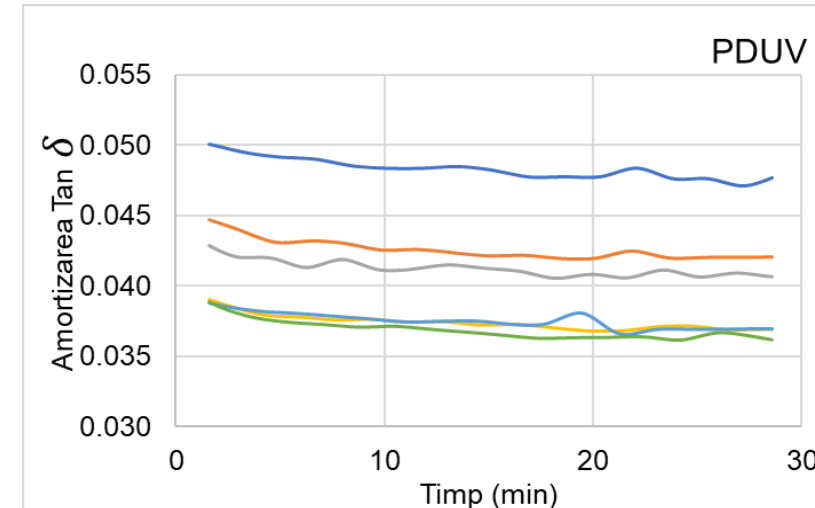
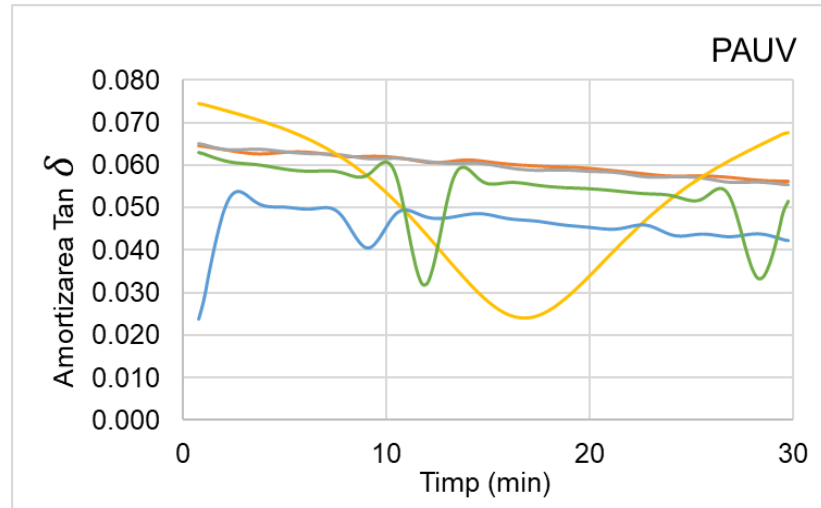
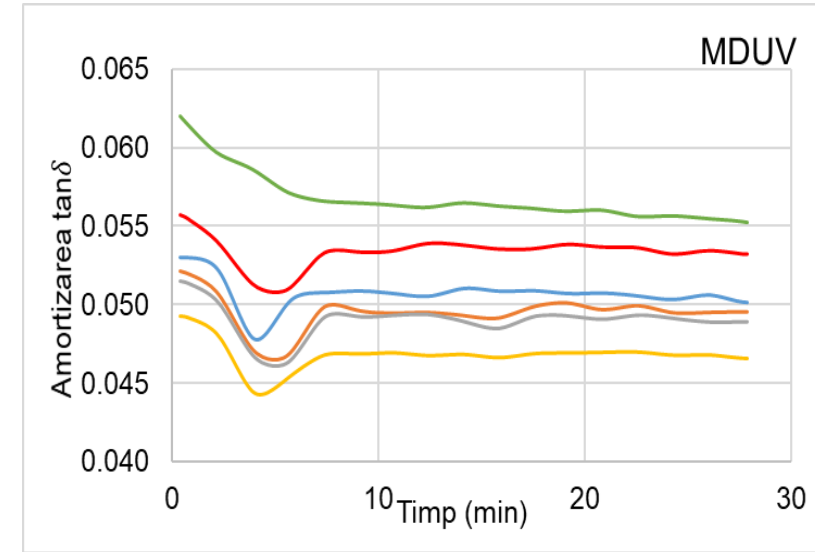
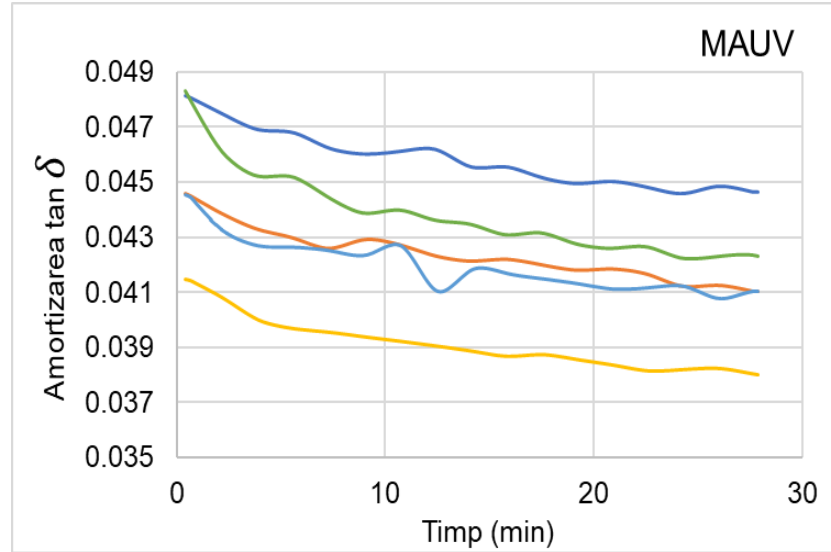
Rezultate probe îmbătrânite UV

Variația modului de conservare E' și a modulului de pierdere (vâscos) E''



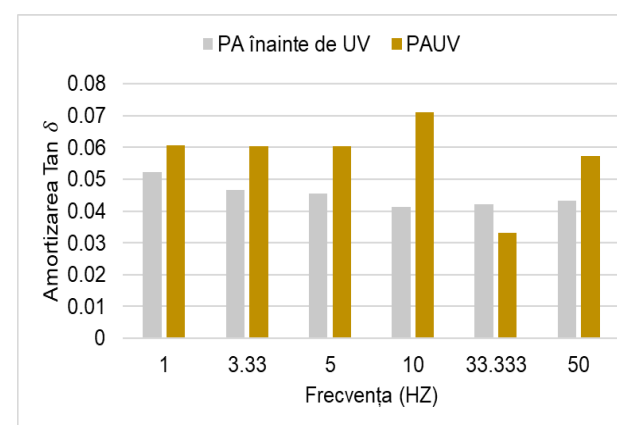
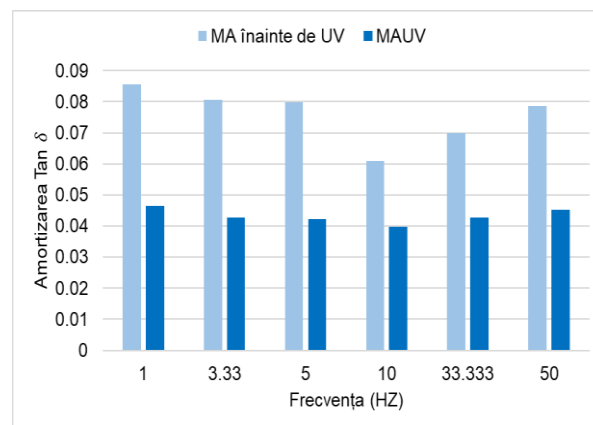
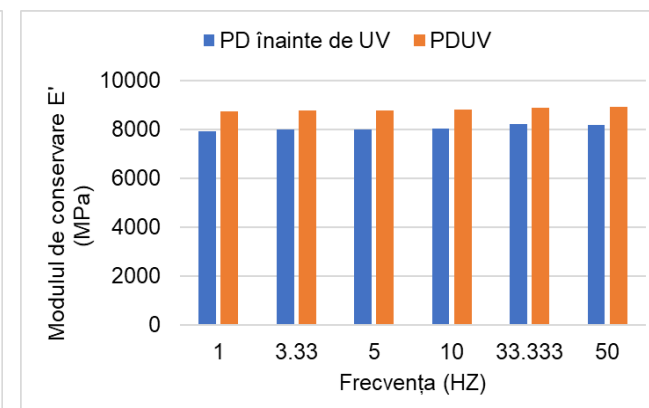
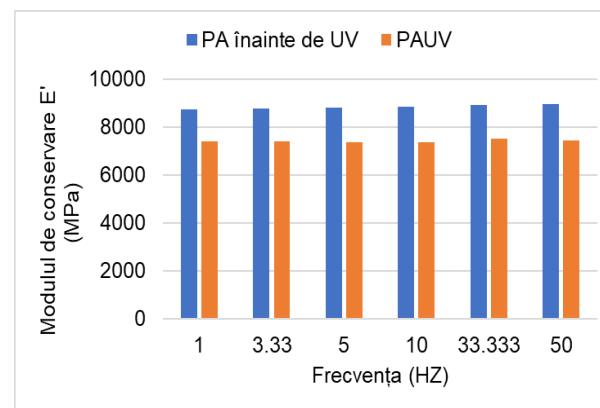
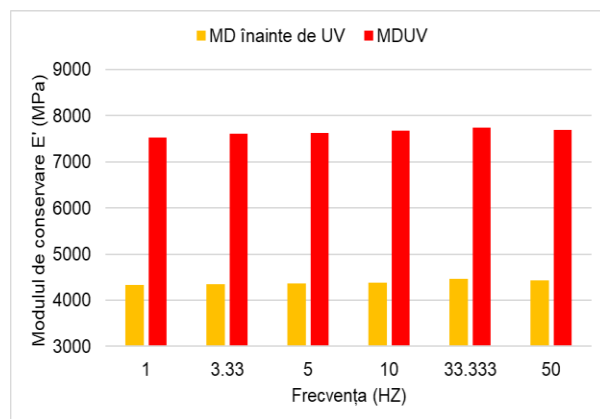
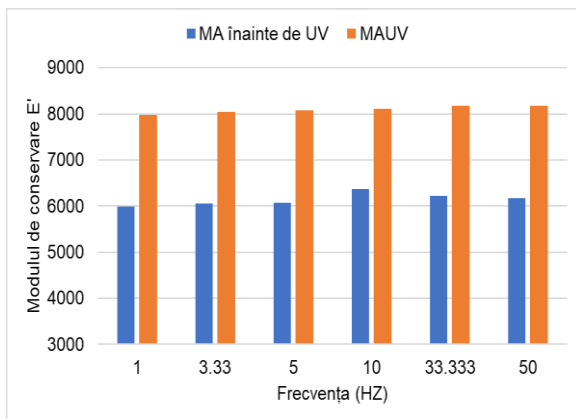
Act 2.2 - Determinarea proprietăților vâsco-elastice supuse la (DMA)

Rezultate probe îmbătrânite UV



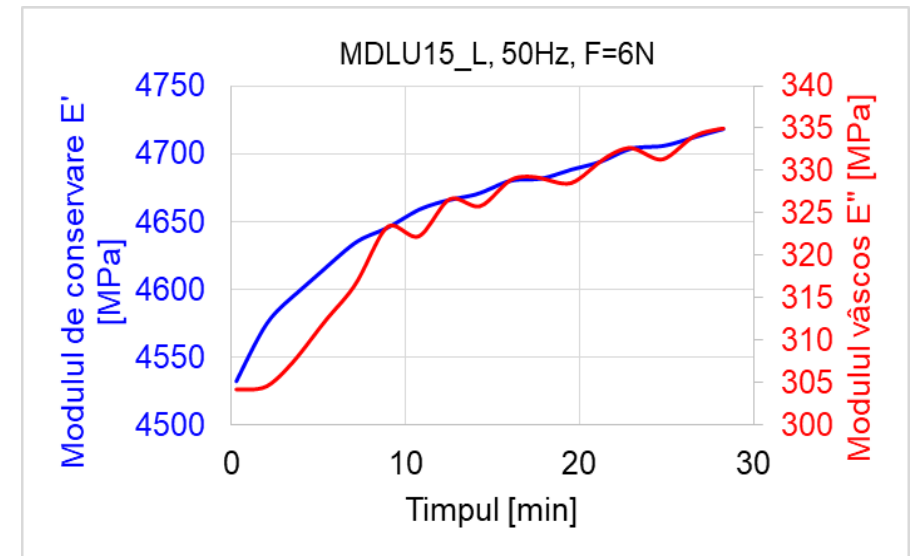
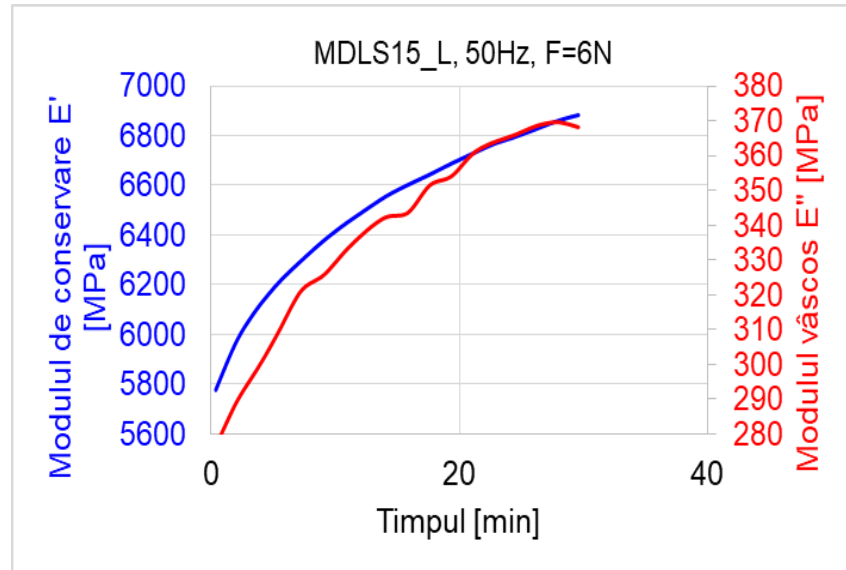
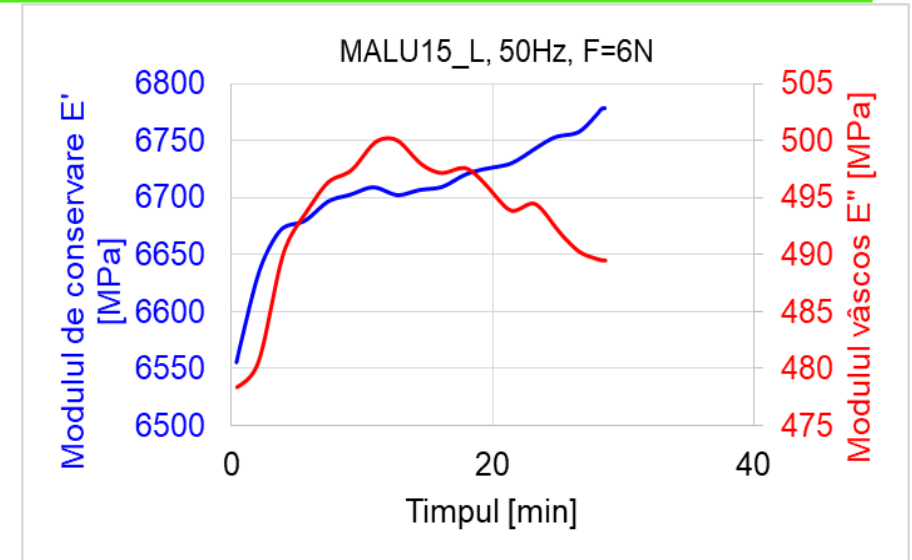
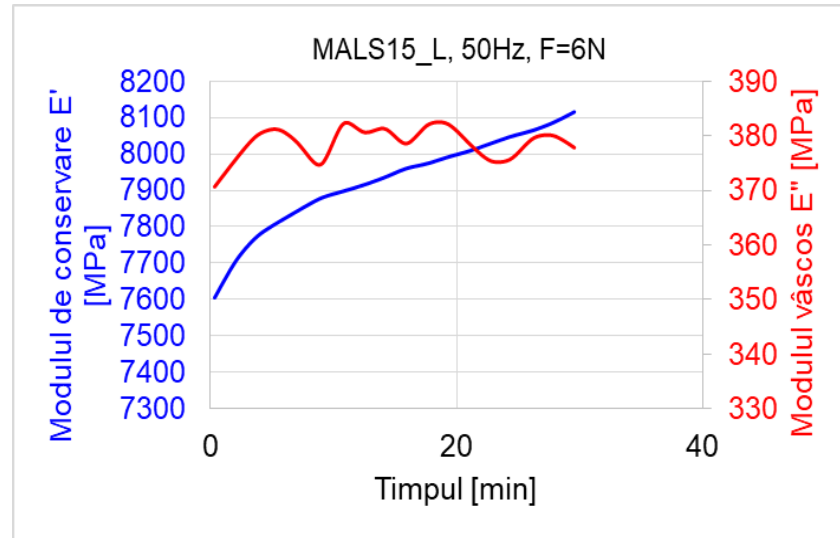
Act 2.2 - Determinarea proprietăților vâsco-elastice supuse la (DMA)

Rezultate probe îmbătrânite UV



Act 2.2 - Determinarea proprietăților vâsco-elastice supuse la (DMA)

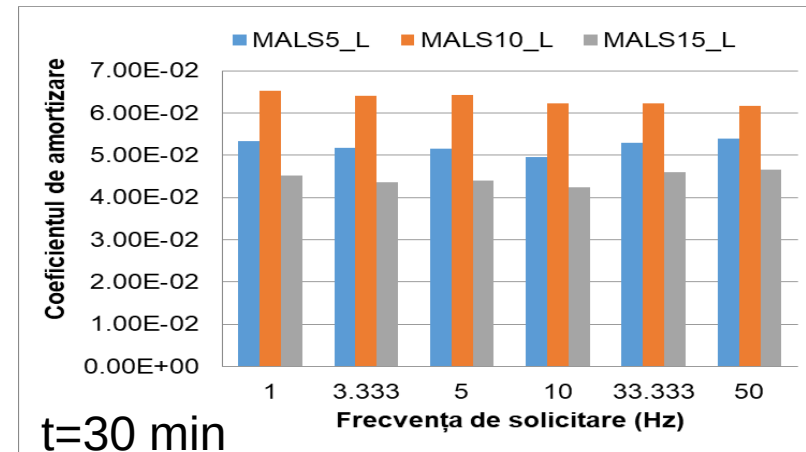
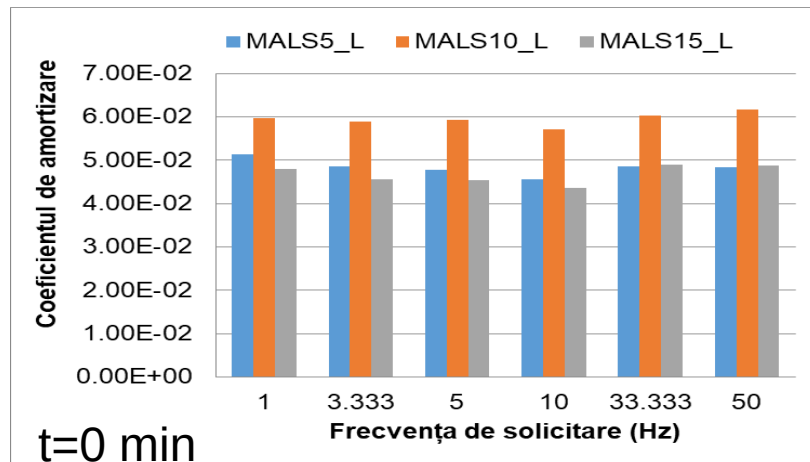
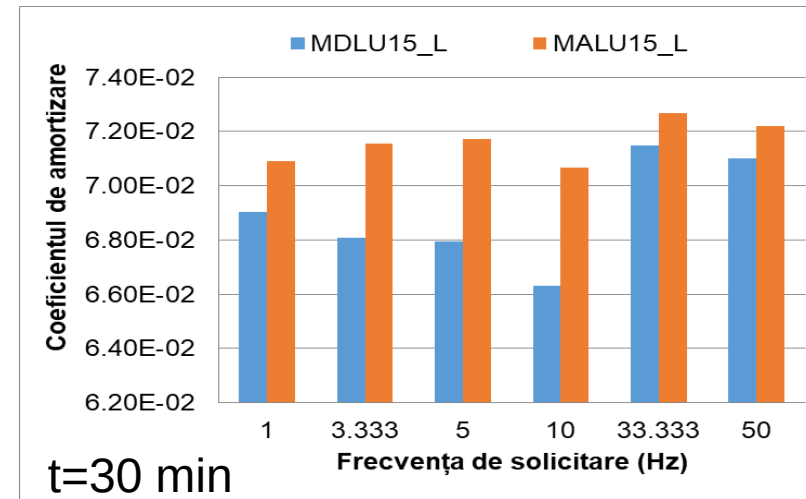
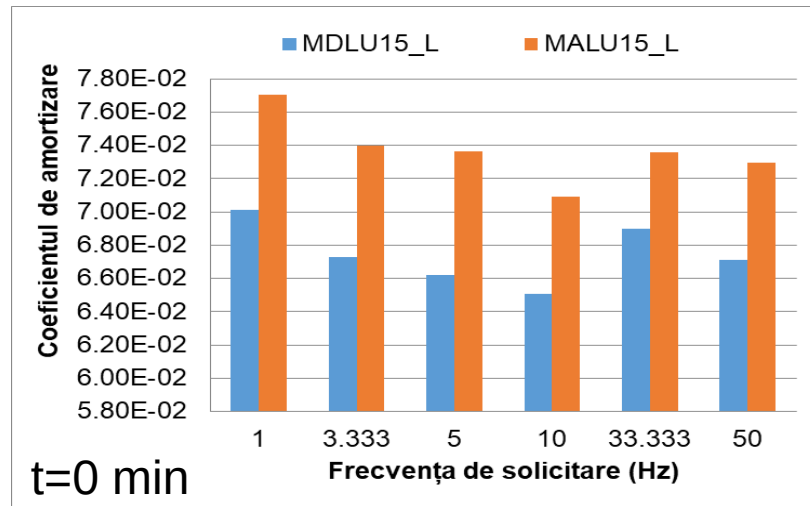
Rezultate



Act 2.2 - Determinarea proprietăților vâsco-elastice supuse la (DMA)

Rezultate

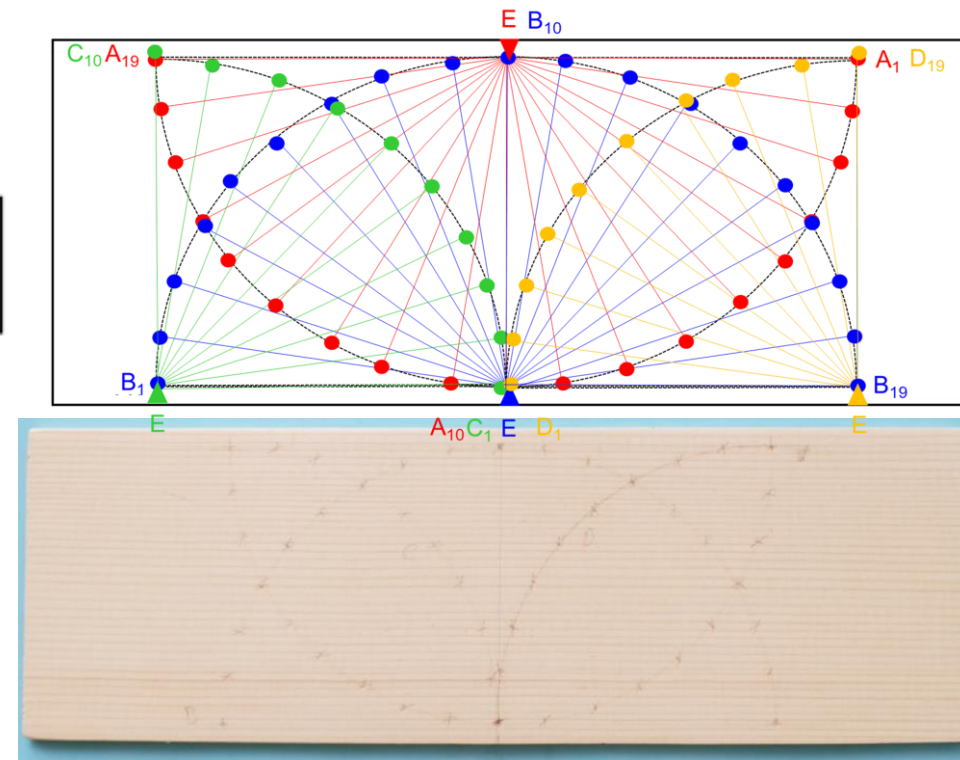
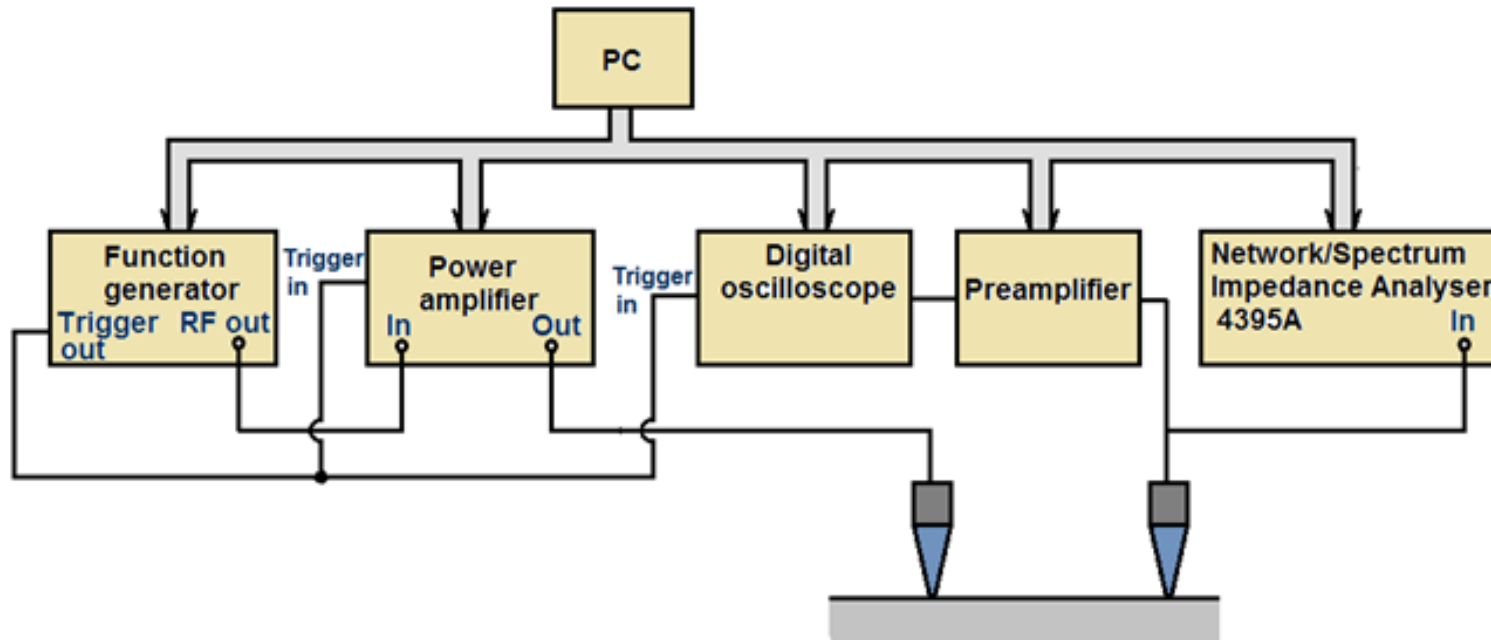
Variația coeficientului de amortizare la începutul și finalul duratei de solicitare



Act 2.3 -Determinarea vitezei de propagare a undelor longitudinale/ ultrasonice în speciemenele de lemn

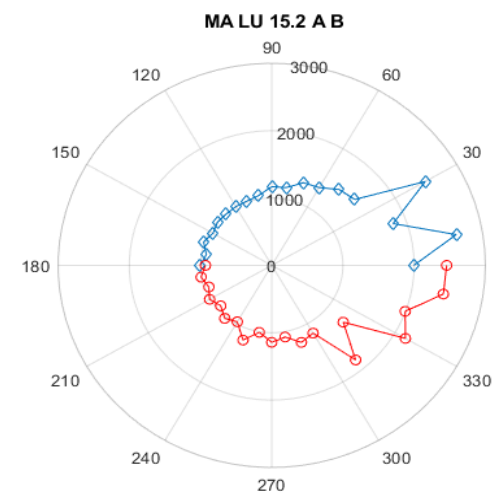
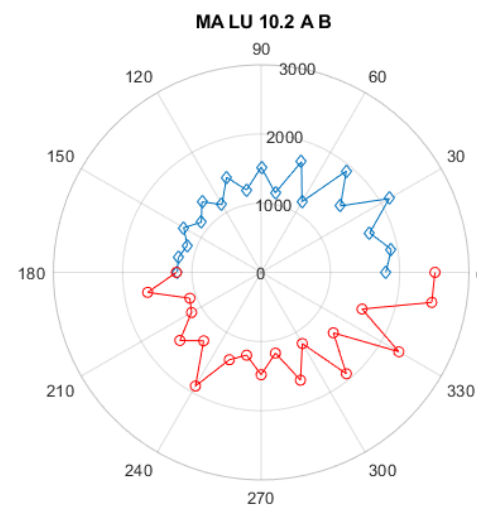
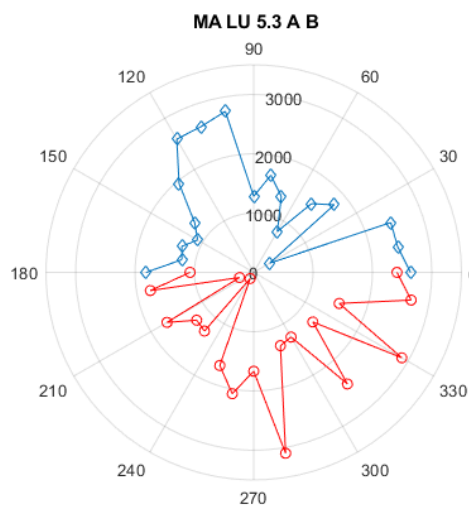
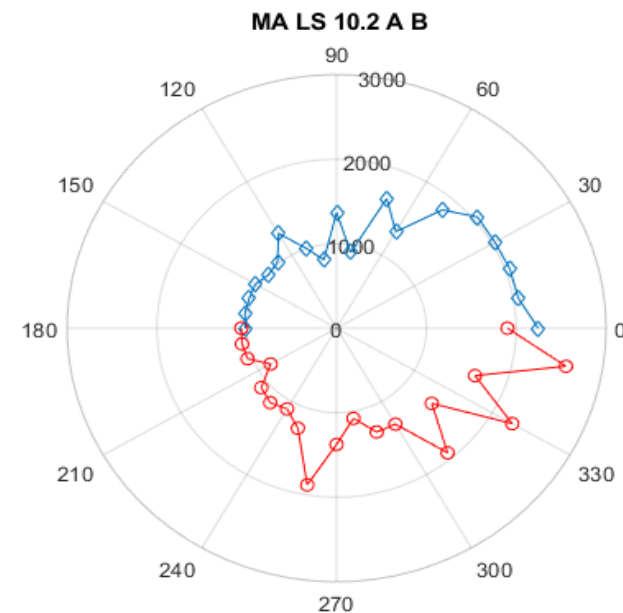
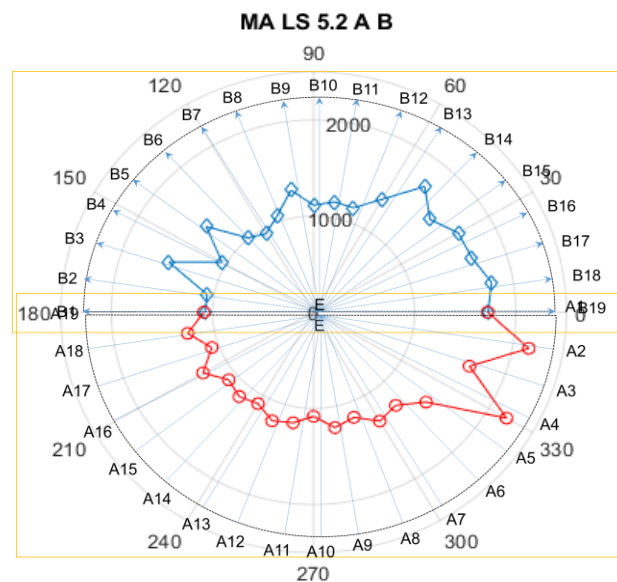
Montajul experimental pentru masurarea undelor US a fost alcatuit din generator de functii, WW 1074 Tabor, amplificator, osciloscopul digital Wave Runnrer 64 Xi, Network/Spectrum Impedance Analyser, preamplificator pentru traductorul de receptie. Prin interfata GPIB IEEE 488.2, osciloscopul a fost conectat la PC pentru inregistrarea datelor experimentale.

S-a asigurat un contact pentru o presiune constanta a traductorului cu esantionul printr-un montaj auxiliar. Au fost determinate vitezele US in raport cu directia de propagare in platile subuse tratamentelor de UV, SAL, LU,LS.



Act 2.3 -Determinarea vitezei de propagare a undelor longitudinale/ultrasonice în speciemenele de lemn

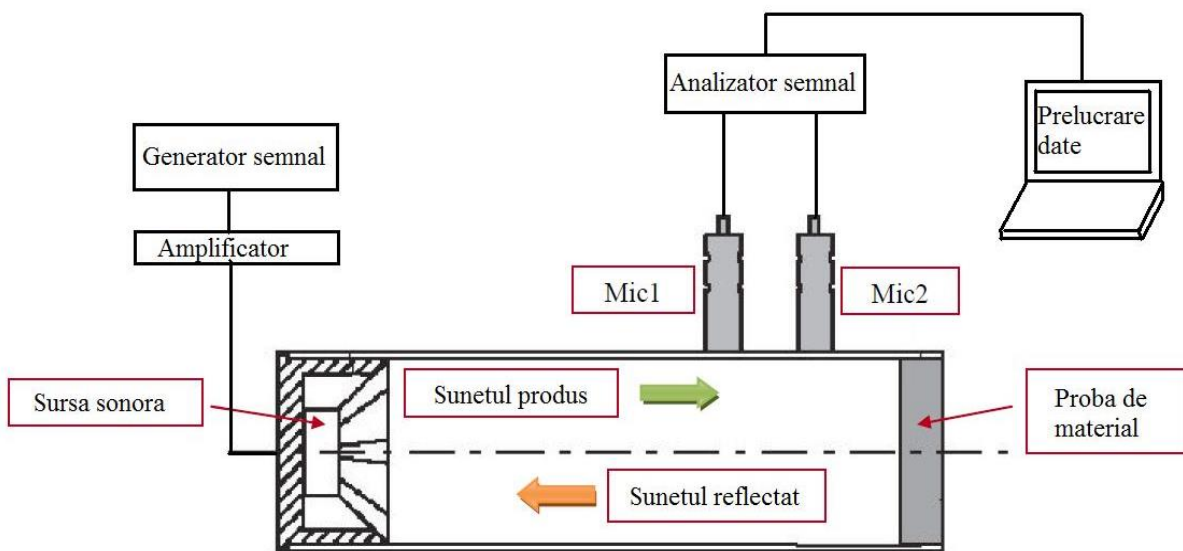
- Au fost analizate aceste distributii de viteze de propagare dupa directii care acopera matricea suprafetei.
- S-a asigurat astfel acoperirea dupa directiile unui cerc care sa asigure distanta constanta intre traductorii de emisie si receptie US.
- S-a constatat ca exista o simetrie diagonala in matricea de corelatie, care corespunde simetriei orientarii fibrelor de lemn.
- Au rezultat un numar de 38 de directii pentru toate probele de lemn (in total cca 42 probe)
- S-au remarcat si viteze relativ mari in fiecare proba, care pot fi legate de posibilitatea determinarii direct pe fibra a vitezei.



Act 2.3 - Determinarea coeficientului de absorbție acustică

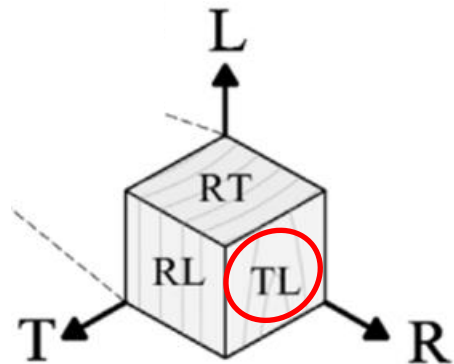
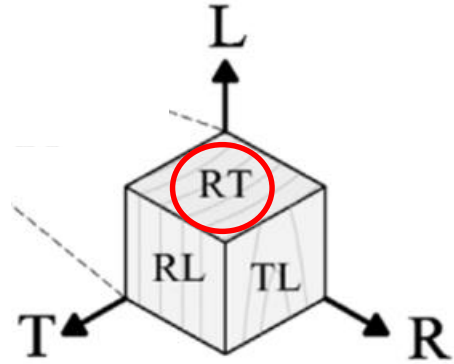
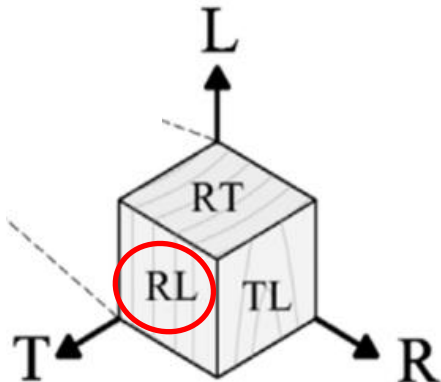
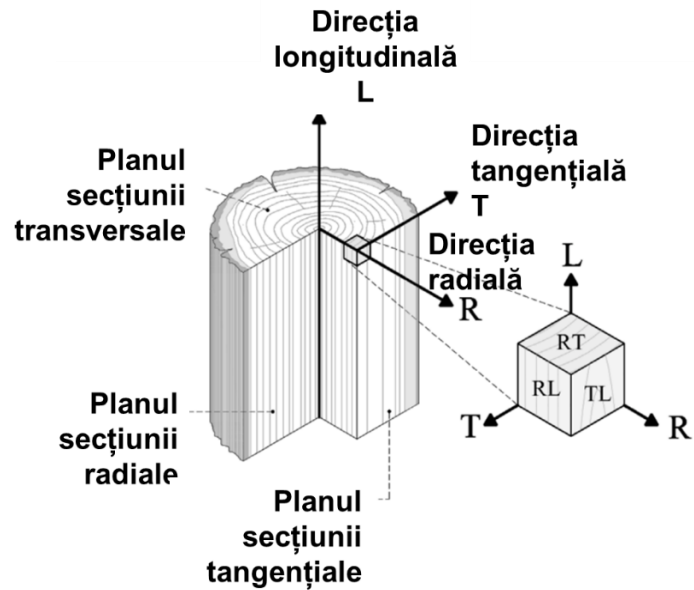
Prezentarea metodei

Sunetul produs de sursa sonoră se propagă în tub sub formă de unde staționare. Presiunea acustică inițială este măsurată de microfonul 1, iar presiunea acustică reflectată de către epruvetă este măsurată de microfonul 2. Semnalele sunt achiziționate cu analizorul de semnal și prelucrate de programul realizat în platformă Pulse



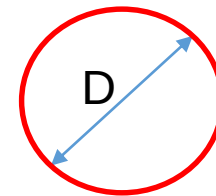
Act 2.3 - Determinarea coeficientului de absorbție acustică

Probe



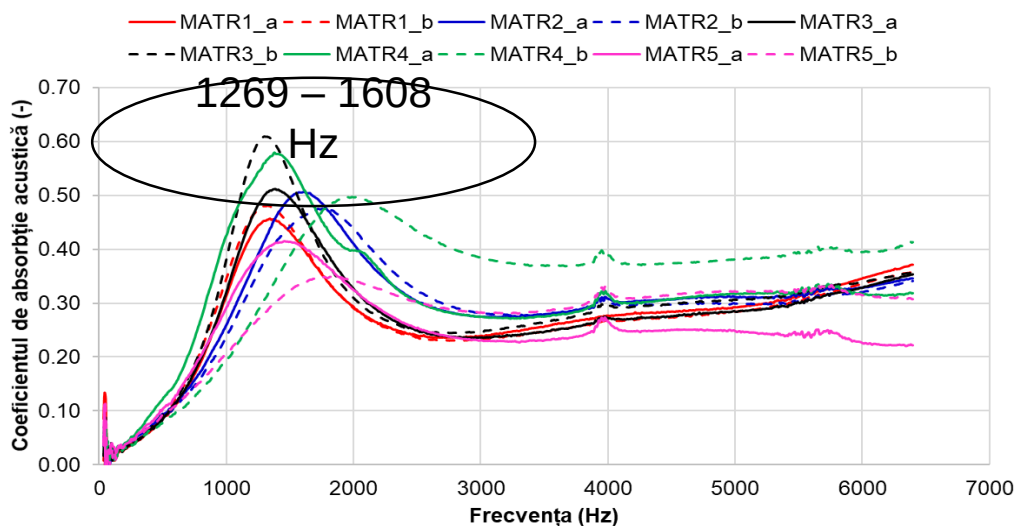
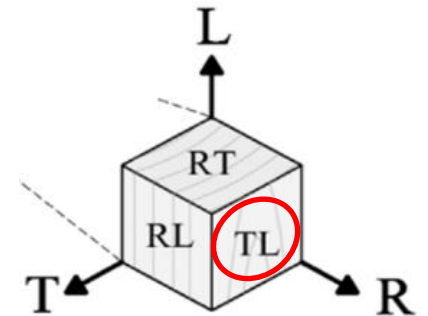
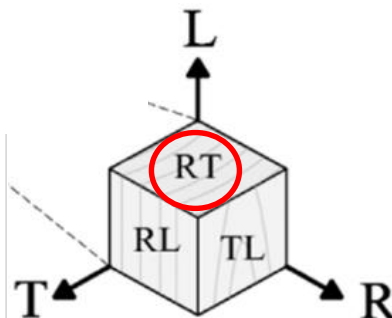
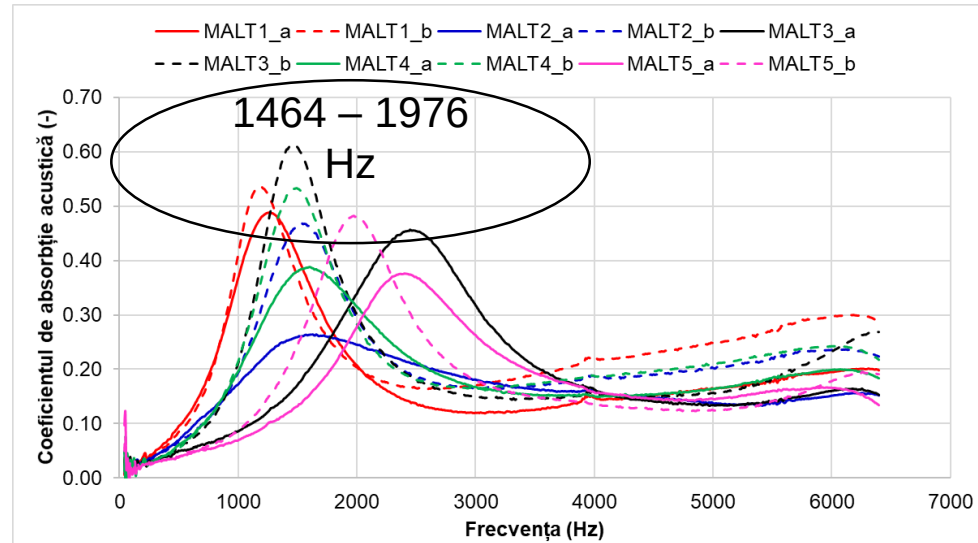
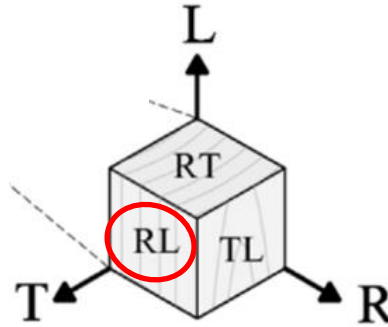
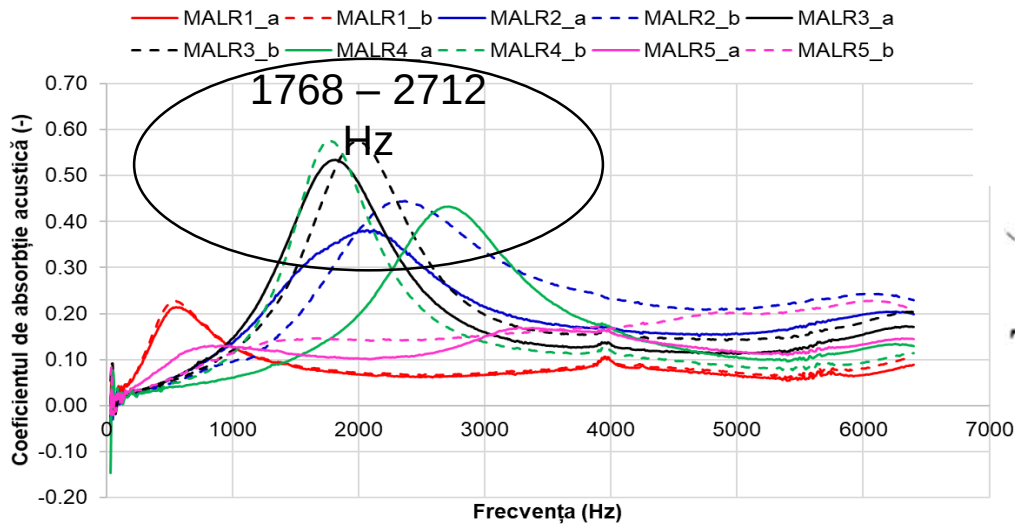
	RL (flux tangențial)	RT (flux longitudinal)	TL (fluxul radial)
Molid A	5 probe	5 probe	5 probe
Molid D	2 probe	2 probe	2 probe
Paltin A	2 probe	2 probe	2 probe
Paltin B	2 probe	2 probe	2 probe
Paltin C	3 probe	3 probe	3 probe

D=29 mm



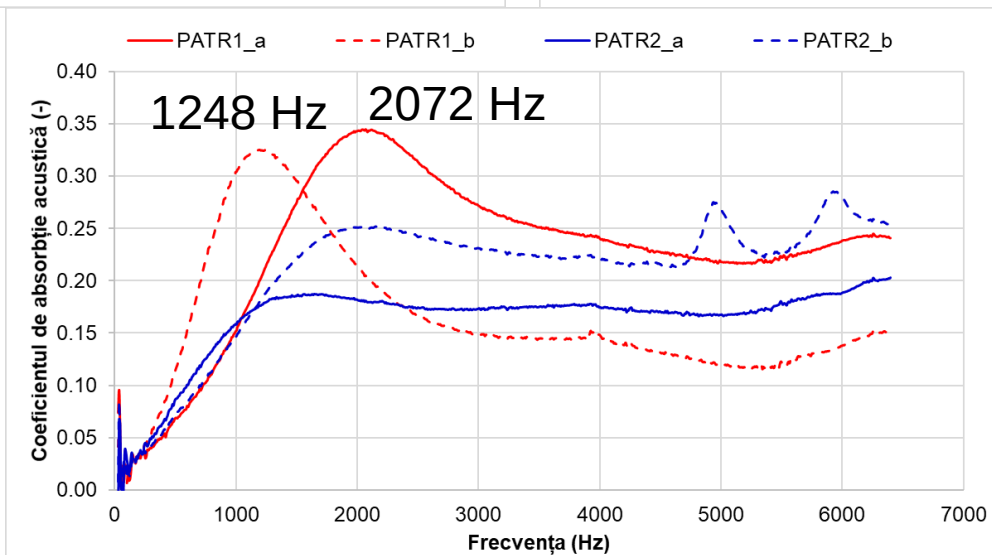
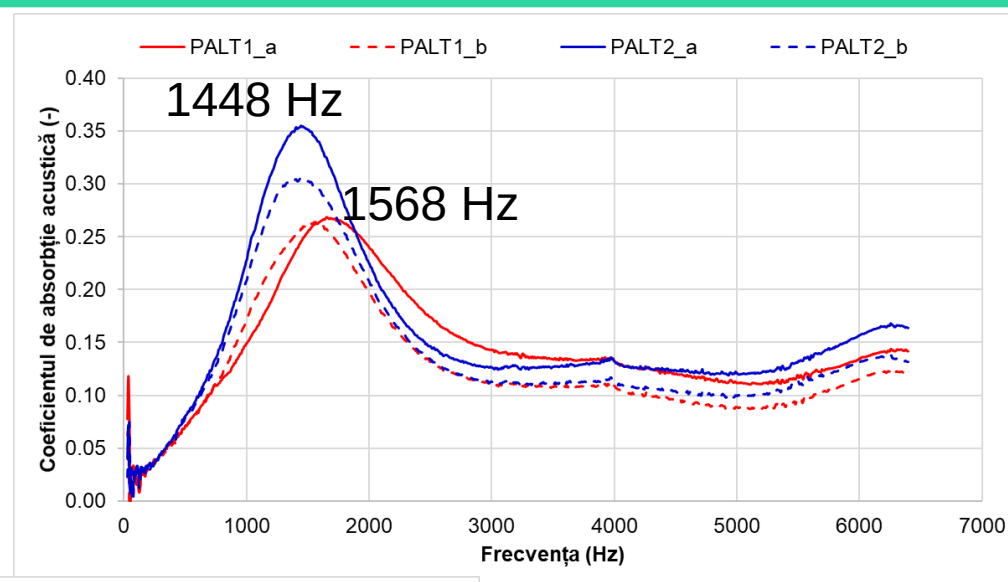
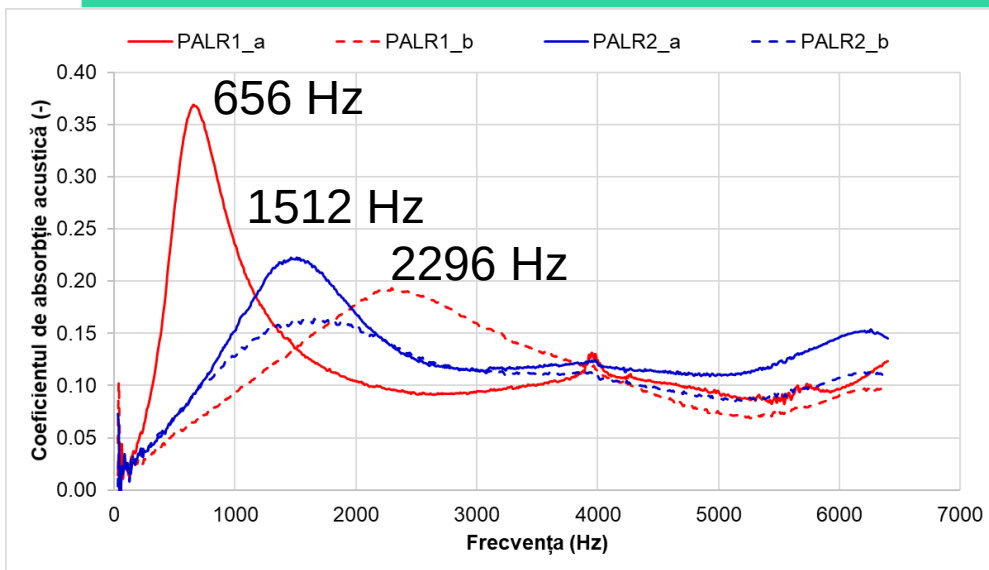
Act 2.3 - Determinarea coeficientului de absorbție acustică

Rezultate

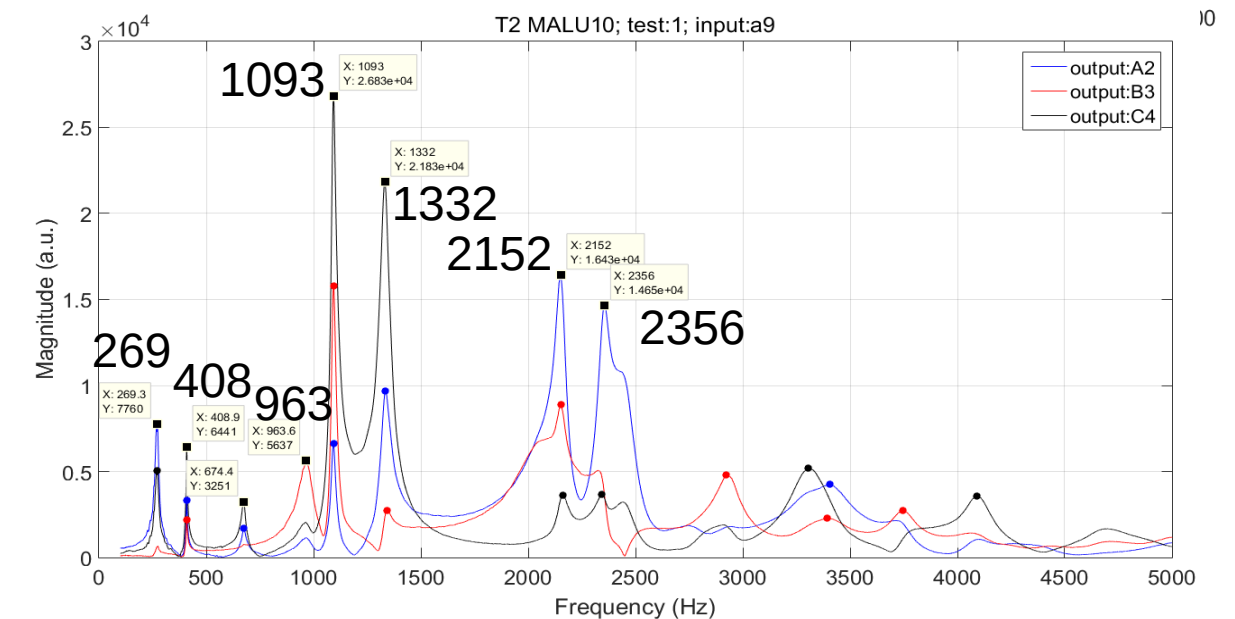
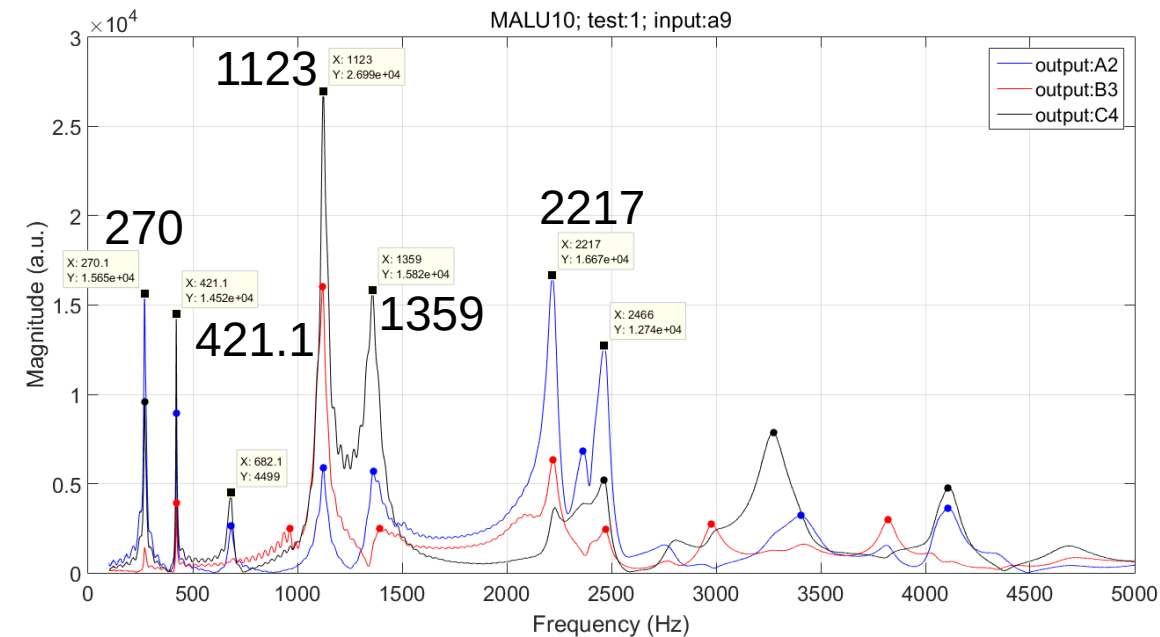
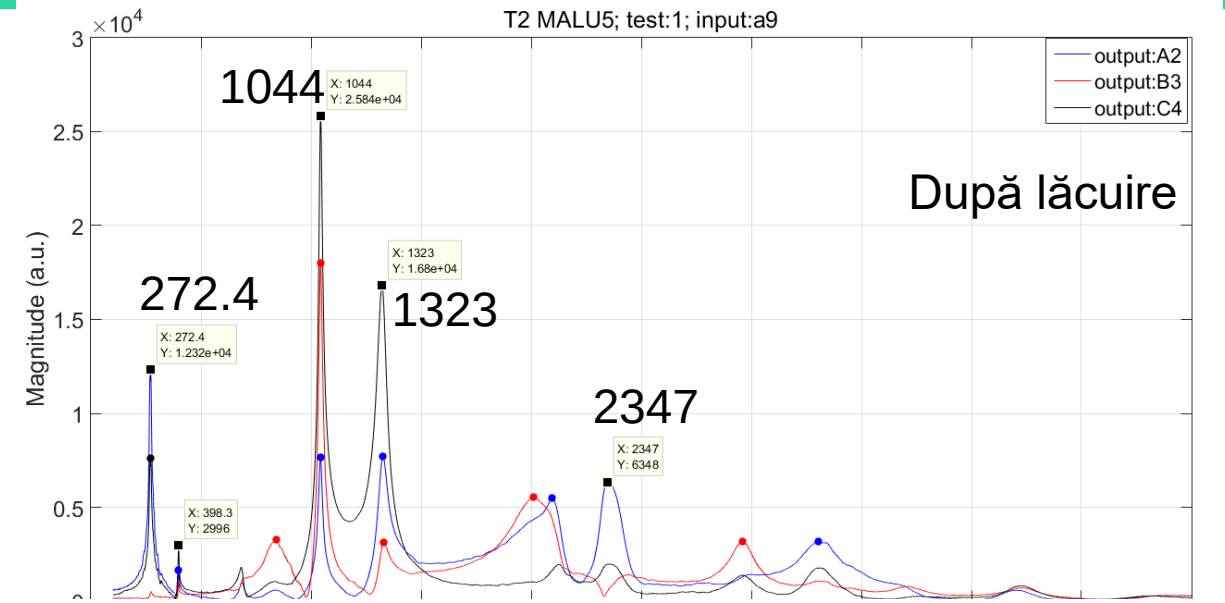
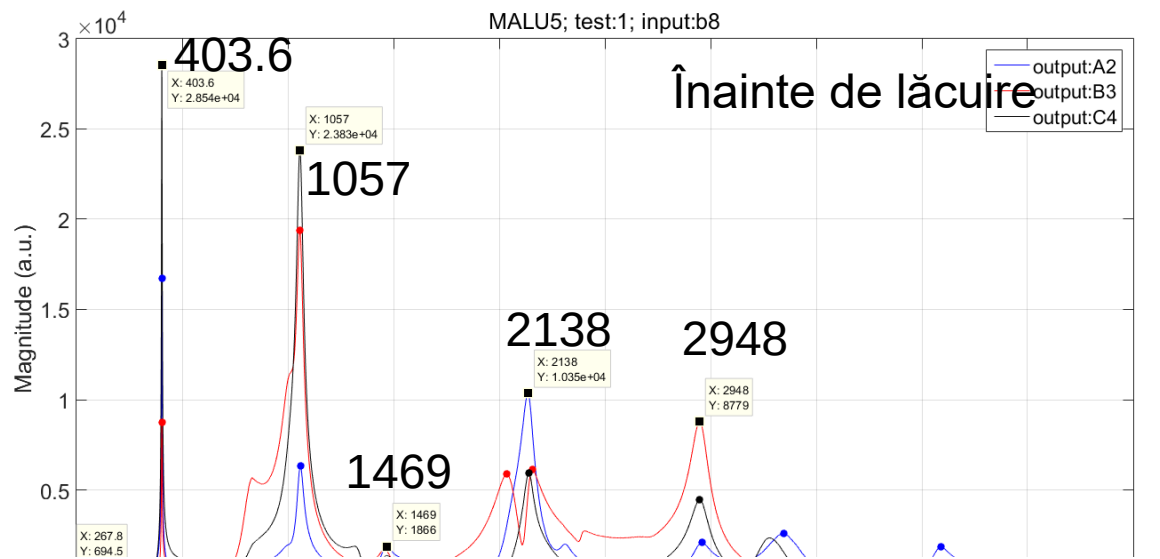


Act 2.3 - Determinarea coeficientului de absorbție acustică

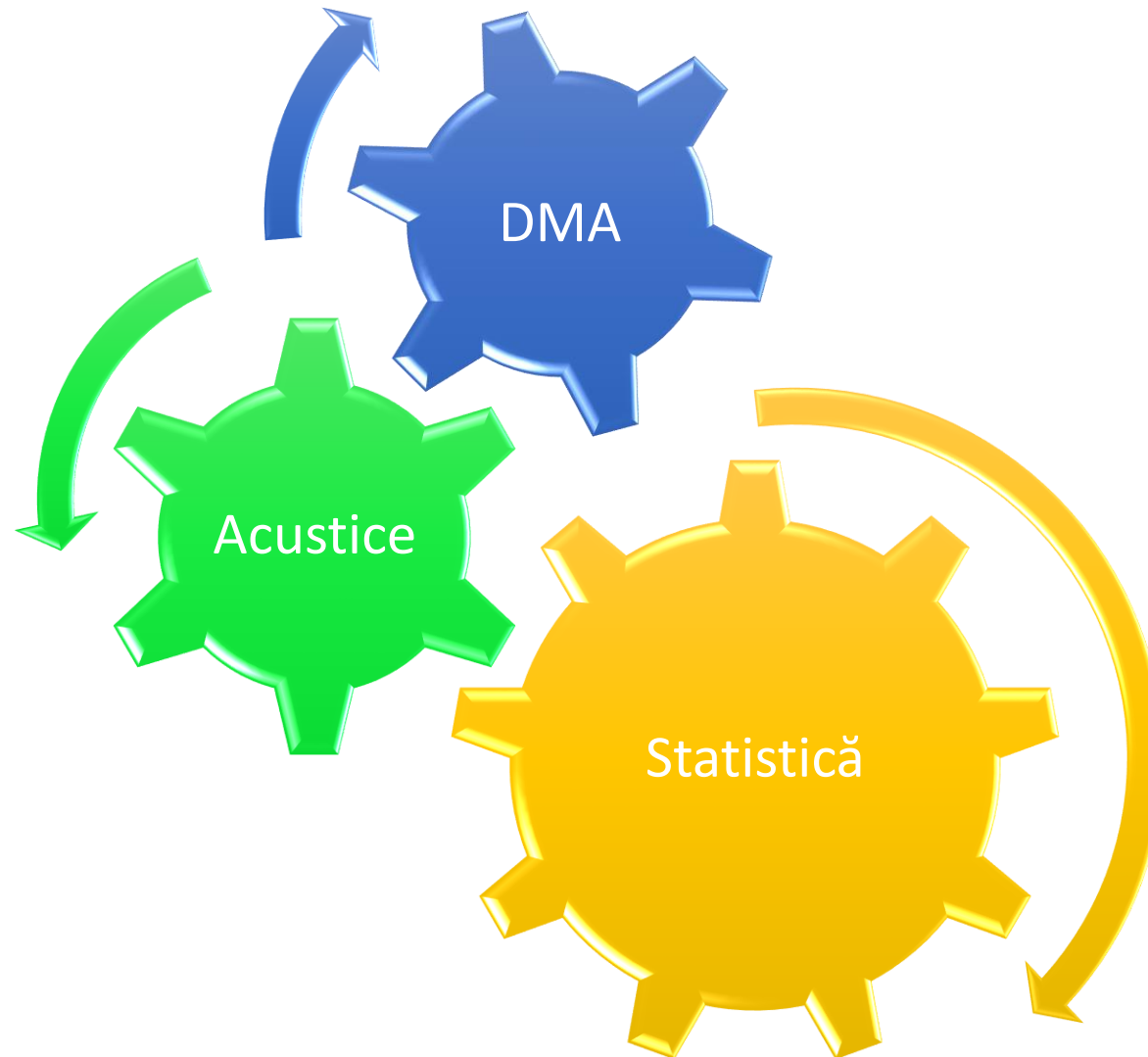
Rezultate



Act 2.3 – Analiza modală experimentală (continuare etapa I)



Act 2.4 - Elaborarea analizei critice a proprietăților elastice ale lemnului de rezonanță în corelație cu analiză microscopică și spectroscopică



REZULTATE etapa II/2023

- ✓ Set de date cu proprietățile mecanice ale lemnului de rezonanță determinate prin încercări mecanice (modul de elasticitate longitudinală, transversală, deformații specifice etc.)
- ✓ Set de date cu proprietăți vâscoase -elastice ale lemnului de rezonanță cu suprafețe modificate determinate prin DMA
- ✓ Set de date cu proprietăți acustice ale lemnului de rezonanță cu suprafețe modificate, determinate cu US
- Minim 4 articole științifice în reviste cu FI>1.5 și SRI>1
- 1 raport științific WP2;
- 2 workshop-uri cu echipa de proiect (23.06.2023);
- Diseminarea rezultatelor (participare minim 2 la conferințe/simpozioane internaționale)

„This work was supported by a grant of the Ministry of Research, Innovation and Digitization, CNCS - UEFISCDI, project number PN-III-P4-PCE-2021-0885 – ACADIA 61/2022, within PNCDI III”.

Act 2.5 – Promovarea și diseminarea rezultatelor proiectului (realizate)

Q2

- Dinulica, F.; Savin, A.; Stanciu, M.D. Physical and Acoustical Properties of Wavy Grain Sycamore Maple (*Acer pseudoplatanus* L.) Used for Musical Instruments. *Forests* **2023**, *14*, 197. <https://doi.org/10.3390/f14020197>;

Q1

- Gurău, L.; Timar, M.C.; Cosereanu, C.; Cosnita, M.; Stanciu, M.D. Aging of Wood for Musical Instruments: Analysis of Changes in Color, Surface Morphology, Chemical, and Physical-Acoustical Properties during UV and Thermal Exposure. *Polymers* **2023**, *15*, 1794. <https://doi.org/10.3390/polym15071794>

Conferințe

- Stanciu M.D., Micu M.A., Nauncef A.M., Rosca I.C., Gliga V. Gh., Năstac S.M. Acoustic analysis of violins in the concert hall - the Stainer violins case study, The International Conference “Acoustics and Vibration of Mechanical Structures”, 25 – 27 May Timișoara 2023.
- Mihalcica M., Nauncef A.M., Guiman V.M., Bîrsan St., Năstac S.M., Stanciu M.D. Analysis of violinist kinematics during musical rehearsals, The International Conference “Acoustics and Vibration of Mechanical Structures”, 25 – 27 May Timișoara 2023.
- Stanciu M.D., Dinulica F., Sabo L.C., Rotaru M.G., Câmpcean M., Savin A., Steigmann R., Năstac S.M. The influence of artificial aging on the acoustic and dynamic properties of resonant wood, *Buletin Stiințific Supliment – Catalogul oficial al Salonului Cadet-Inova* 4 – 6 May 2023, nr. 8/2023, Ed. Academiei Forțelor Terestre N. Bălcescu, Sibiu, ISSN 2501-3157
- Micu M.A. Evaluarea caracteristicilor acustice ale viorilor în sala de concerte versus în camera anecoică, *SSING 2023 – Mențiune*

Act 2.5 – Promovarea și diseminarea rezultatelor proiectului (în curs de realizare)

Q1

- Minim 3 articole ISI

Conferințe

Dinulică Florin, Hiciu Cristian, Sandor Daniel Constantin, Știrbu Marian, Mursa Andrei, Stanciu Mariana Domnica, *The relationship between structure and acoustic properties of sycamore maple wood*

Stanciu Mariana Domnica, Micu Manuela, Gliga Vasile Ghiorghe, Năstac Silviu Marian, Câmpean Mihaela, Nauncef Alina Maria, Sabo Lara, Mihalica Mircea, *The influence of wood aging on the acoustic and vibro-mechanical properties of violins*

Stanciu Mariana Domnica, Gurau Lidia, Bucur Voichita, Timar Cristina Maria, Gliga Ghiorghe Vasile, Savin Adriana, Vlase Sorin, Nastac Silviu Marian, Guiman Violeta *The effect of the number of varnish layers on the physical and dynamic properties of the soundboard*

Guiman V.M., Stanciu M.D., Gliga V.Gh., Năstac S.M., Savin A. *Free vibration analysis of orthotropic thin rectangular plates*

Mihălcică M., Nauncef A.M., Guiman V.M., Nastac S.M., Stanciu M.D., *Motor skill acquisition of violinist based on kinematic analysis of posture and arms*

Guiman V.M., Roșca I.C., Năstac S.M., Georgescu S.V., Stanciu M.D., *Sound absorption characteristics of orthotropic porous materials*



Valoarea adăugată

Implicarea studenților voluntari în activitățile proiectului:

Șandor Daniel Constantin – finalitate proiect de diplomă 2023

Hiciu Cristian - finalitate proiect de diplomă 2023

Micu Manuela – lucrare disertație 2023

Rotaru Gabriel – lucrare disertație 2023

Mărășescu Călin – lucrare disertație 2023

Leț Andrei – proiect de diplomă 2023

Cojoianu Claudiu – AFCO, SSING 2023

Sabo Lara Catarina – Cadet-Inova 2023, SCSS 2023-IL

Studenți Facultatea de Muzică

Valoarea adăugată

Mediatizarea activităților proiectului pentru realizarea

Plan de informare a rezultatelor cercetărilor în medii științifice

Actualizarea site-ului proiectului

Realizarea unei platforme care să asigure o vizibilitate a cercetărilor

Materiale promoționale

Organizarea unei "școli de vară" pentru dezvoltarea competențelor în cercetarea exploratorie și aplicativă

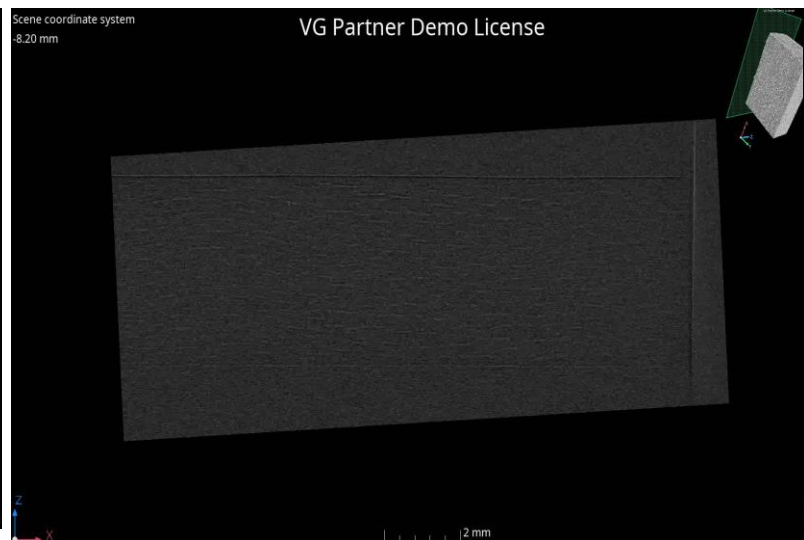
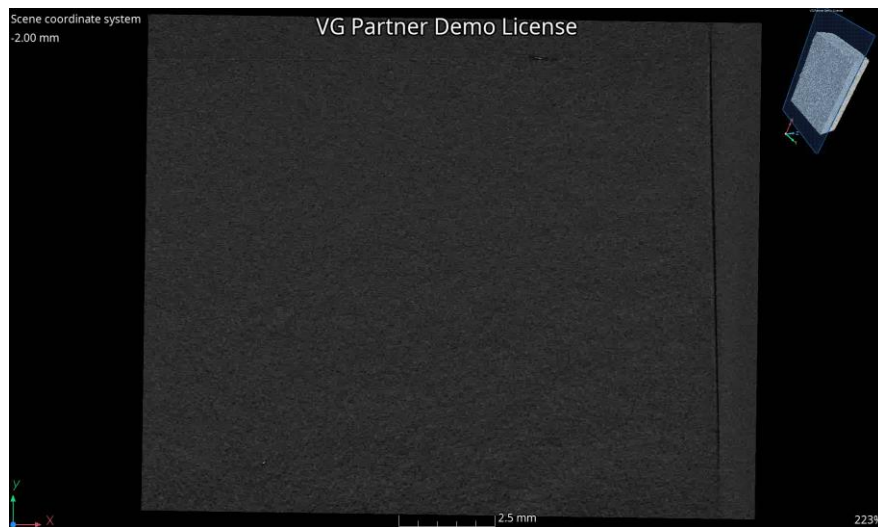
Atragerea firmelor

Atragerea de noi finanțări prin proiecte

*Mirosul mentolat și de tămâie al lemnului ce-i modelat de pricepute mâini,
Pătrunde în celule, în inimă, în suflet, unind esența sacră cu-a omului genuni.
Și fiecare fibră și așchie-ce se frânge sub greutatea dălții ce strașnic o străpunge,
e-o lacrimă de lemn ce curge fără vorbă,
se-ndoaie și suspină căci ani și ani de probă
i-au trebuit luminii să intre-n noua robă:
de mineral, lignină și celuloză-n straturi,
dând zi de zi structuri, cu mii și mii de laturi.*

*Iar noi acum cu mintea-ncercăm să-i știm secretul,
În cifre să-i rescriem întreg alfabetul,
Să recreem în vase, mirifica natură
Precum un alchimist, în a sa căutătură.*

Autoarea





Universitatea
Transilvania
din Brașov

FACULTATEA DE
INGINERIE MECANICĂ

Vă mulțumesc pentru atenție!

acadia.proiect@unitbv.ro
mariana.stanciu@unitbv.ro

