



RAPORT ŞTIINŢIFIC ŞI TEHNIC – Faza a III a/2024 01.01 – 31.12.2024

Etape 3 Evaluarea proprietăţilor dinamice şi acustice ale lemnului şi viorilor din bio-interfeţe nemodificate şi modificate

1) Rezumat executiv al activităţilor realizate în perioada de implementare 01.01 – 31.12.2024

Proiectul „*Analiza calitativă, dinamică şi acustică a sistemelor anizotrope cu interfeţe modificate – ACADIA*” a continuat în anul al treilea an de implementare, în perioada 01.01 – 31.12.2024 cu faza III/2024: *Evaluarea proprietăţilor dinamice şi acustice ale lemnului şi viorilor din bio-interfeţe nemodificate şi modificate*. Prima activitate, *Act 3.1 - Realizarea plăcilor de vioară* a constatat în pregătirea plăcilor de faţă (din lemn de molid) şi spate (din lemn de paltin), din cele patru categorii de calitate anatomică a lemnului (A, B, C, D), cu grosimi nominale, completând setul de viori necesare evaluării proprietăţilor dinamice şi acustice. În cadrul celor două activităţi, interconectate din punct de vedere tehnologic, *Act 3.2 - Expunerea plăcilor de vioară la tratamentul optim al suprafeţei* şi *Act 3.3 - Realizarea de viori ca sisteme complexe multicorp*, au fost obţinute 80 de viori din clasele maestro, profesional, student, şcoală, lăcuite cu trei tipuri de lacuri (lac cu solvent alcoolic, lac pe bază de ulei, lac nitrocelulozic), cu grosimi diferite ale peliculei de lac (5 , 10 , 15 straturi), conform procesului tehnologic din fabrica de instrumente muzicale de la Reghin. Toate viorile au fost apoi montate cu toate accesoriile necesare interpretării şi testării în condiţii similare utilizării reale ale acestora. *Act 3.4 - Măsurătorile acustice ale viorilor în cameră anecoică cu echipamente de înaltă tehnologie* – a constatat în înregistrarea secvenţelor muzicale utilizate astfel încât semnalele acustice ale viorilor cu interfeţe modificate să poată fi comparate cu cele ale viorilor nelăcuite utilizate ca probe acustice martor. Au fost înregistrate viori atât în camera anecoică dar şi în sala de concerte a Filarmonicii din Braşov, având în vedere utilizarea viorilor ca viori pentru orchestră. *Act 3.5 - Analiza în timp şi în frecvenţe a tuturor tipurilor de vioară (control şi tratate)* – a vizat prelucrarea eşantioanelor muzicale, obţinându-se seturile de date (set de frecvenţe de rezonanţă, spectrograme, spectre de frecvenţă) pentru fiecare vioară testată, înainte şi după lăcuire. *Act 3.6 - Testarea prototipurilor de viori de către violonisti pentru a stabili calitatea acustică* – a constatat în sondarea impresiilor psiho-acustice a eşantioanelor muzicale înregistrate pe viorile din proiect, de către instrumentişti profesionişti. Pe baza rezultatelor obţinute, s-a realizat *analiza critică a rezultatelor şi elaborarea raportului ştiinţific final*. Activitatea de *Diseminarea şi vizibilitatea rezultatelor (act. 3.7)* a constatat în organizarea celor 2 workshop-uri cu echipa proiectului, 5 participări la conferinţe internaţionale, publicarea şi indexarea WOS a 3 articole în reviste Q1, actualizarea site-ului, apariţii în media şi organizarea unei conferinţe internaţionale. În cadrul *Act. 3.8. Elaborarea unei monografii publicate într-o editura internaţională (Elsevier/Springer)* a fost înscris la editura Springer Nature, manuscrisul monografiei: *Interdisciplinary Approach to the Violin From the Forest Ecosystem, Manufacturing Technology, Quality Control, to The Design of New Instruments* (452 pagini), iar în cadrul *Act. 3.9. Elaborarea unei propuneri de brevet* a fost depusă la OSIM cererea de brevet nr. A00638/28.10.2024, Stand şi metoda de îmbătrânire acustică a instrumentelor muzicale noi.

Rezultatele preconizate au fost realizate în procent de 100% în cadrul proiectului, faza III/2024.

2. Descrierea științifică cu punerea în evidență a rezultatelor etapei anuale și gradul de realizare a obiectivelor

Act. 3.1. Realizare plăci de vioară

Pentru atingerea obiectivului etapei III/2024, *Evaluarea proprietăților dinamice și acustice ale lemnului și viorilor din bio-interfețe nemodificate și modificate*, în cadrul activității 3.1. au fost realizate plăci de vioară din clase de calitate diferite (A, B, C, D) atât din lemn de molid cât și lemn de paltin, în vederea utilizării lor în construcția viorilor pentru analiza comparativă a răspunsului dinamic și acustic al acestora. În Anexa 1 sunt prezentate centralizat planificarea tipurilor de viori ce au fost pregătite pentru această etapă a proiectului. De menționat faptul că în această etapă, un set de 28 de viori au fost nou construite pentru analizele stabilite în etapa a III a a proiectului, iar un alt set de 56 de viori, nelăcuite, care au fost constituit modelele demonstrative din punct de vedere geometric în proiectul anterior 568PED/2020, au fost tratate cu diferite tratamente de acoperire (lac alcoolic, lac pe bază de ulei, lac nitrocelulozic) cu 15 straturi. Tehnologia de fabricație a constat în peste 80 de operații tehnologice, care se bazează atât pe tehnici moderne de prelucrare, cât și pe măiestria manuală acumulată în mulți ani de experiență, în special în cazul viorilor Maestro (Fig. 1).



Fig. 1. Principalele operații tehnologice din construcția viorii

Rezultat obținut: Set de plăci de față/spate de viori cu caracteristici constructive și anatomice conform specificațiilor stabilite
Obiectiv atins 100%.

Act. 3.2. Expunerea plăcilor de vioară la tratamentul optim al suprafeței

În continuare, viorile au fost lăcuite conform planificării prezentate în Anexa 1 și exemplificate în Fig. 2a, obținându-se un număr total de 80 viori cu caracteristicile prezentate în Fig. 2b. Astfel, pe lângă cele trei tipuri de lacuri aplicate (lac pe bază de ulei, lac alcoolic și lac nitrocelulozic), au fost pregătite și viori cu lemn vechi de 100 de ani (clasa S100), viori cu plăci de spate din alte specii lemnoase decât cele de paltin (S00C1 – S00C14) și viori cu plăci cu tratament salin (S00C15-S00C16). Diferențele între viori au constat în numărul de straturi aplicate (5 straturi, respectiv 15 straturi) și în grosimea plăcilor diferite față de grosimea nominală notată cu 00 (plăci cu grosimea micșorată cu 0.2, 0.4, 0.6 mm față de grosimea nominală – codificate M, respectiv plăci mai groase cu 0.2, 0.4, 0.6 față de grosimea nominală – codificate P).



a)

Tipuri de viori testate			
Clasa de calitate	Tipul de lac	Nr. straturi	Grosimi plăci
Clasa A Maestro	Lac pe bază de ulei	5	1x A00
		15	2x A00, AM2, AM4, AM6, AP2, AP4, AP6
	Lac alcoolic	5	1x A00
		15	2x A00, AM2, AM4, AM6, AP2, AP4, AP6
Clasa B Profesional	Lac pe bază de ulei	5	1x B00
		15	2x B00, BM2, BM4, BM6, BP2, BP4, BP6
	Lac alcoolic	5	1x B00
		15	2x B00, BM2, BM4, BM6, BP2, BP4, BP6
Clasa C Student	Lac pe bază de ulei	5	1x C00
		15	2x C00, CM2, CM4, CM6, CP2, CP4, CP6
	Lac nitrocelulozic	5	1x C00
		15	2x C00, CM2, CM4, CM6, CP2, CP4, CP6
Clasa D Școlar	Lac pe bază de ulei	5	1x D00
		15	2x D00, DM2, DM4, DM6, DP2, DP4, DP6
	Lac nitrocelulozic	5	1x D00
		15	2x D00, DM2, DM4, DM6, DP2, DP4, DP6
Clasa S Tratament salin/alte specii	Lac pe bază de ulei	15	S100C1 – S100C4, S00C1 – C16

b)

Fig. 2. Tipuri de viori pregătite pentru procesul de lăcuire: a) secvențe din timpul aplicării lacului conform tehnologiei din fabrica de instrumente muzicale; b) matricea tipurilor de viori în funcție de tratamentul aplicat.

Rezultat obținut: Set de viori lăcuite cu diferite tipuri de lacuri sau cu pretratare (îmbatrânite natural/tratament salin).
Obiectiv atins 100%.

Act. 3.3. Realizarea de viori ca sisteme complexe multicorp

În cadrul acestei activități, au fost montate toate accesoriile necesare funcționării optime a viorilor și au fost acordate, fiind utilizate aceleași tipuri de corzi pentru toate viorile. Tot ansamblul complex reprezentat de vioară, poate fi considerat un sistem multicorp a cărui mod de interacțiune între părțile componente este prezentat în Fig. 3. Astfel, arcușul în contact cu coarda (Fig. 3a) determină vibrația corzii care, pe de o parte se propagă către cordar, acesta transmițând vibrația către placa de față din lemn de molid, iar pe de altă parte determină vibrația aerului din jurul corzii. Vibrațiile și sunetele sunt propagate de lemnul de molid pe direcție longitudinală și radială cu viteza caracteristică fiecărei direcții ortotrope a lemnului, tranferul prin mediul solid fiind realizat apoi către lemnul de paltin din construcția ecliselor și prin popic (lemn de molid) toate cele două componente intrând în contact cu placa de spate din lemn de paltin. Pe de altă parte, vibrațiile plăcii de față antrenează vibrația aerului din interiorul corpului de vioară, o parte din energia de vibrație fiind transferată plăcii de față (Fig. 3b). Ca urmare a proprietăților vibratorii și acustice ale celor două materiale (molid/paltin) și a modului de compunere a vibrațiilor în sistemul complex multicorp, corpul viorii va emite un spectru de frecvențe specific care oferă semnătura acustică a acelei viori. În domeniul frecvențelor joase și medii, se pot identifica următoarele moduri de vibrații ale viorii:

- Modul normal A0 se referă la primul mod de rezonanță a aerului, sau rezonanța Helmholtz, al corpului de rezonanță, fiind caracterizat printr-o radiație acustică puternică.
- Modul A1 este al doilea mod de rezonanță a aerului și primul mod longitudinal [<https://acousticstoday.org/wp-content/uploads/2016/06/Gough.pdf>], fiind uneori un mod cu radiație acustică importantă.

- Modul B0 este primul mod de corp asociat cu o încovoiere a corpului între gât și cordarul instrumentului.
- Modurile B1- și B1+ sunt moduri de încovoiere în fază și antifază a plăcilor producând așa zis-ul mod de respirație, corpul vioii având o radiație acustică puternică.
- Modul Center Bout Rotation (CBR) este un mod de vibrație al corpului de vioară cu o mișcare asemănătoare cu forfecarea între placa superioară și cea din spate și are o radiație acustică relativ scăzută.

Modurile superioare C4, C5, A2 sunt moduri similare cu cele de bază.

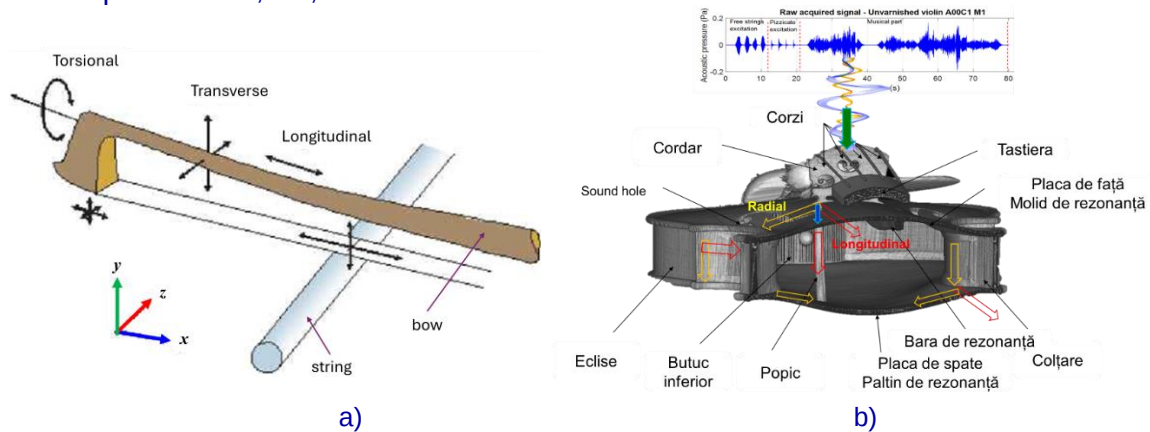


Fig. 3. Dinamica sistemului complex multicorps – vioara: a) interacțiunea arcuș – coardă (<https://knutsacoustics.com/files/The-Helmholtz-motion.pdf>); b) transferul vibrației corzilor către corpul rezonator

În Fig. 4 este prezentată matricea/clasificarea viorilor în funcție de clasa de calitate, tipurile de lacuri aplicate și grosimea peliculei de lac, cu grosimea nominală a plăcilor. Pentru fiecare clasă de calitate A, B, C, D au fost analizate și modelele demonstrative (variantele cu grosimi ale plăcilor) din proiectul anterior PED568/2020, în proiectul actual, acestea fiind lăcuite, conform clasificării din Fig. 2b.



Fig. 4. Tipuri de viori testate din punct de vedere al lacurilor și grosimii peliculei de lac

În Fig. 5 sunt prezentate secvențe din timpul pregătirii viorilor pentru înregistrări acustice: acordarea corzilor de către specialiștii din proiect.



Fig. 4. Secvențe din timpul pregătirii violorilor pentru înregistrări acustice

Rezultat obținut: Set de viori A, B, C, D, S ca sisteme multicorp, cu toate accesoriile montate
Obiectiv atins 100%.

Act. 3.4. Măsurătorile acustice ale violorilor în cameră anecoică și în sala de concerte a Filarmonicii Brașov, cu echipamente de înaltă tehnologie

În cadrul acestei activități au fost testate viorile din clasa maestro, lăcuite cu lac pe bază de ulei, fiind comparate spectrele de frecvență ale violorilor înainte și după lăcuire, conform Fig. 6a,b). Secvențele acustice au fost produse prin interpretarea directă de către un violonist experimentat, în toate cele trei etape de studiu (vioară nelăcuită, vioară lăcuită după o lună, vioară lăcuită după un an) (Fig. 6c). Au fost efectuate înregistrări acustice în camera anecoică dar și în sala de concerte a Filarmonicii din Brașov, ca urmare a recomandărilor primite de la evaluatorii studiilor științifice transmise către revistele de specialitate (Fig. 6d).

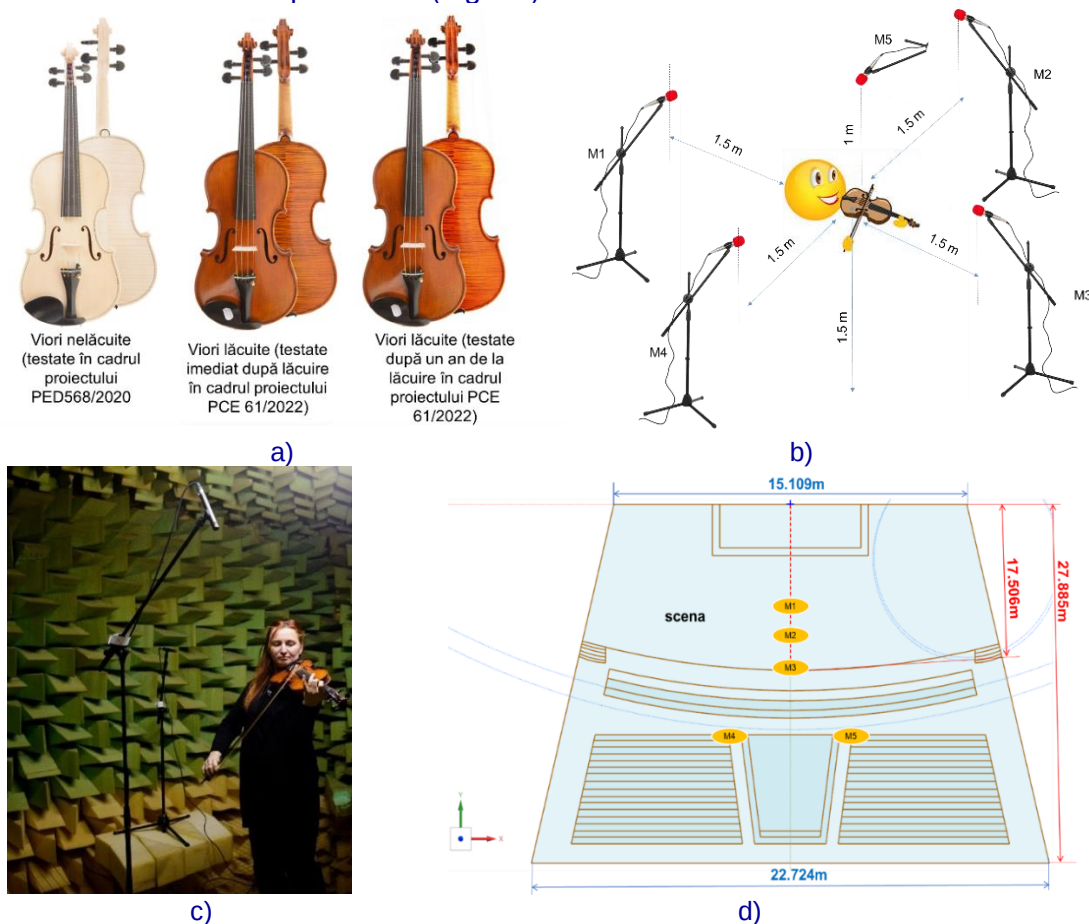


Fig. 6. Metodologia de testare în camera anecoică (a, b, c) și în sala de concerte (d)

Echipamentele utilizate în timpul înregistrărilor au constat din: microfoane AKG Cardioid Condenser Small Diaphragm P170, Recorder audio Zoom h6, 4 camere mirrorless GH5: 3 camere de înregistrare full HD (1920x1080 pixeli), 180 fps (cadre pe secunda) ; 1 camera de înregistrare 4k (3840x2160 pixeli), 50 fps (cadre pe secunda) ; 3 lumini nanlite forza 60 + softbox diffuser; 1 lumina nanlite forza 300 + softbox diffuser; colorama fundal alb Arctic White 2.72 x 3 , fiind asigurate prin achiziția unui serviciu de înregistrare audio și video profesionale.

Pentru analiza evoluției acustice a viorilor în funcție de tratamentul de suprafață aplicat, s-a utilizat aceleași tipuri de secvențe muzicale ca în etapa din proiectul anterior, conform *Protocolului experimental cu instalația experimentală in vitro și in vivo stabilit în proiectul 568PED/2020*, și anume: excitarea corzilor libere; excitație de coarde în stil Pizzicato și excitație de coarde cu două secvențe muzicale - un fragment din Max Bruch - Concertul nr.1 în sol minor op. 26, PI (prima cadență a viorii solo) și un fragment din Jules Massenet - Meditație pentru vioară și orchestră de la Opera Thaïs (Fig. 7). Prelucrarea semnalelor a constat în două etape: pregătirea probelor acustice înregistrate, înregistrările redundante fiind eliminate, iar cele corecte au fost calibrate ca timp. A doua etapă a constat în analiza în timp și frecvență a semnalelor aplicând Transformata Fourier Rapidă (FFT). Această analiză a fost aplicată atât global, întregului eșantion acustic, cât și celor trei secvențe înregistrate. Aplicând analiza STFT (Scurt Time Fourier Transform) s-au obținut histogramele frecvențelor de apariție a frecvențelor acustice în benzi de 1/1 și 1/3 de octava. Analizele semnalelor ca relație între magnitudine – timp și frecvență au fost evidențiate prin intermediul spectrogramelor. Valorile frecvențelor fundamentale și ale modurilor de semnătură specifice au fost extrase din analiza frecvenței și comparate.

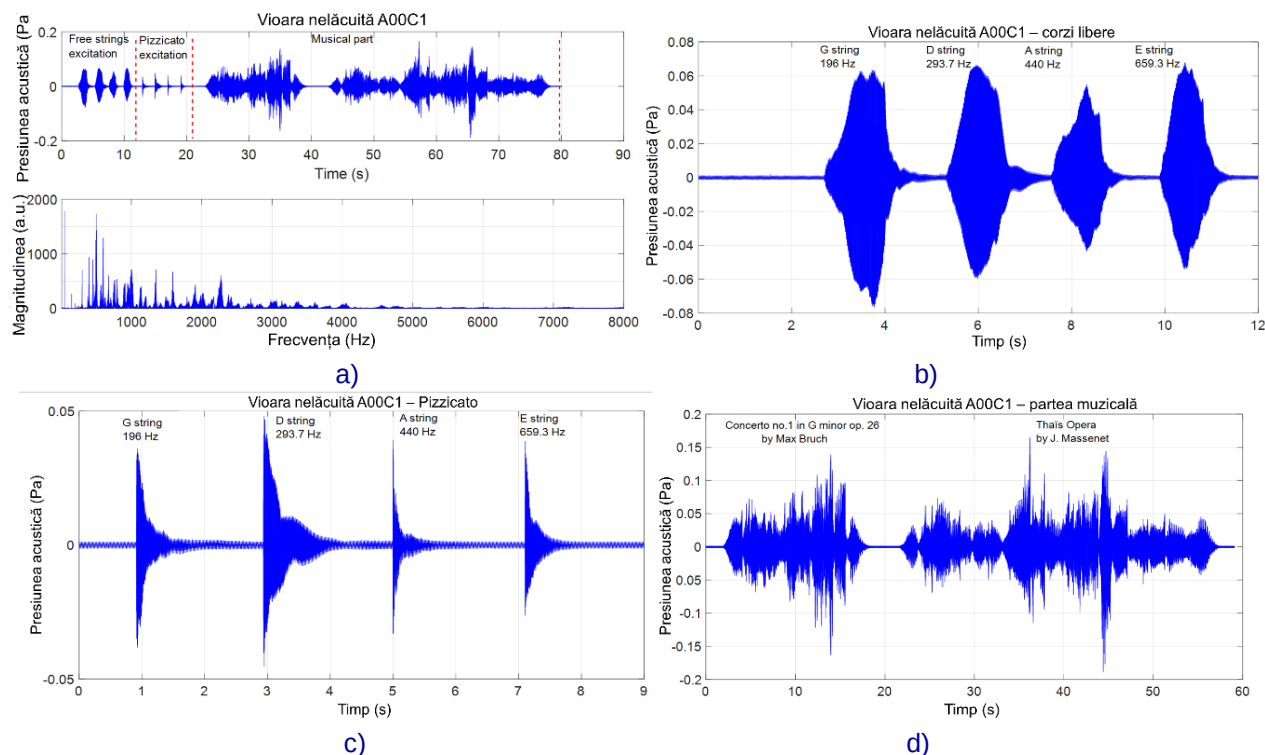


Fig. 7. Tipurile de semnale acustice înregistrate pe viorile studiate

Analiza frecvenței pentru semnalele emise de corzile libere este prezentată în Fig. 8a, unde a fost selectat intervalul 0 - 2000 Hz pentru analiza spectrului de frecvență pentru cele trei cazuri. Se poate observa că spectrul frecvenței de rezonanță este similar în toate cele trei etape de studiu ale viorii (Fig.8a). Există diferențe de 3 - 6 Hz între valorile modurilor specifice, dar conform [9–11] poate fi acceptată o toleranță de 4-5 Hz. Totuși, între cele trei etape se remarcă apariția sau dispariția unor moduri de vibrație, mai ales în domeniul de frecvență joasă (sub 700 Hz). Ca tendință, se observă că după o lună de la aplicarea lacului, majoritatea frecvențelor de rezonanță tind să scadă față de cele înregistrate cu vioara nelăcuită. După un an de la lăcuire se observă o ușoară creștere de 2 – 4 Hz față de semnalele înregistrate după o lună de la lăcuirea viorii, dar valorile acestor frecvențe sunt mai mici decât în cazul viorii în alb. În cazul semnalelor acustice generate de ciupirea corzilor în stil Pizzicato, acestea prezintă o anvelopă aspectului de frecvențe

similară pentru viorile nelacuite și lăcuite după o lună, comparativ cu semnalele înregistrate după un an de lăcuire (Fig. 8b). Vioara nelăcuită și lăcuită, înregistrate după un an (Fig. 8b), prezintă frecvențe de rezonanță bine definite, distincte, spre deosebire de semnalele înregistrate după o lună de lăcuire ceea ce dovedește faptul că tratamentul de suprafață aplicat necesită o perioadă de minim un an de stabilizare.

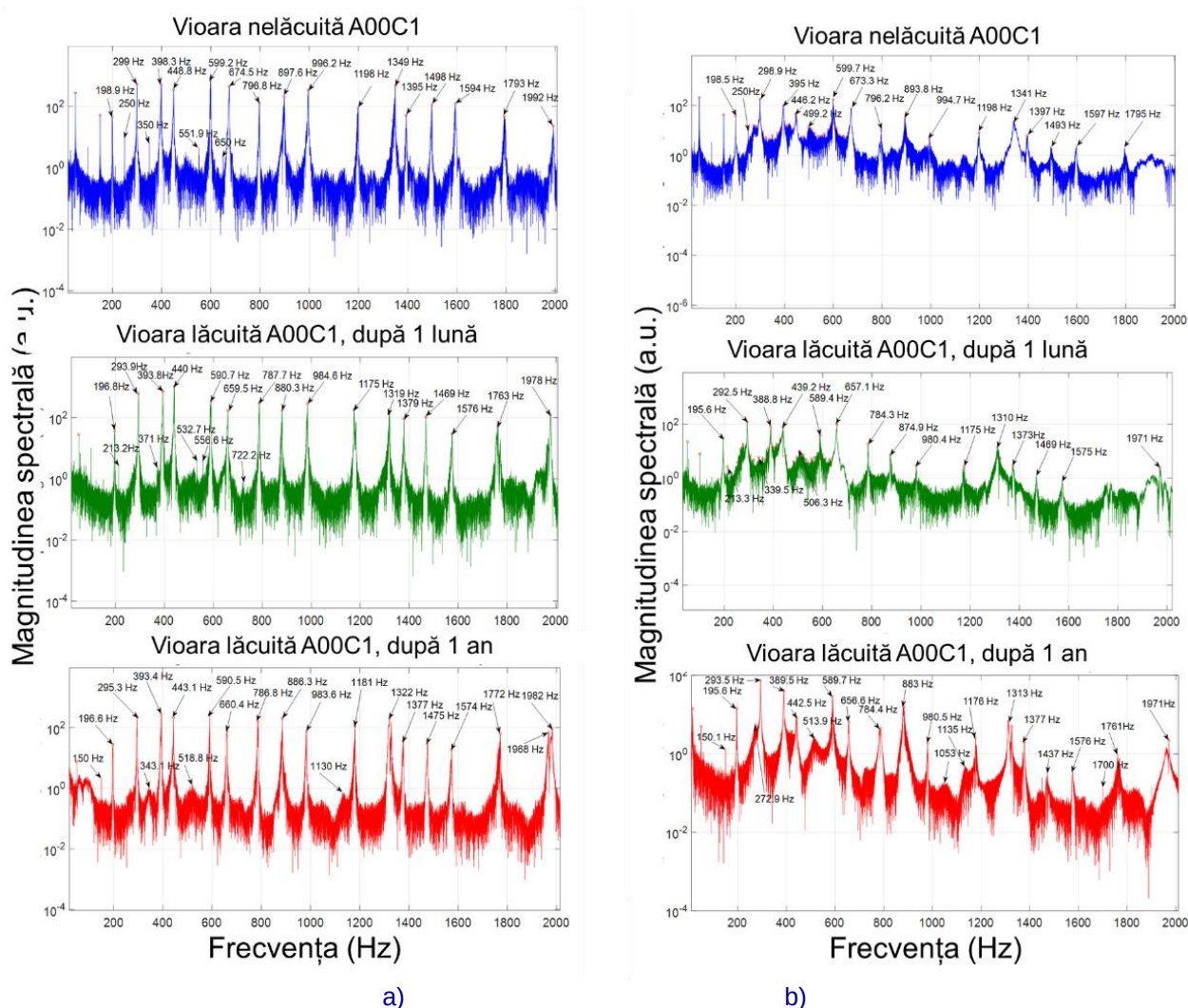


Fig. 8. Spectrele de frecvențe: a) în cazul corzilor libere; b) în cazul corzilor exitate Pizzicato

Efectul aplicării lacului și timpul de întărire al acestuia asupra acusticii viorii este evidențiat în Fig. 9 unde sunt reprezentate valorile spectrului de frecvențe emise de vioara studiată în cele trei posturi diferite: astfel, în cazul corzilor libere, cel mai larg spectru de frecvențe este înregistrat pentru vioara lăcuită și înregistrată după un an (reprezentat în verde) (Fig. 9a). Aceeași tendință se observă și pentru semnalele acustice corespunzătoare părților muzicale (Fig. 9c). În cazul semnalelor obținute prin ciupirea coardelor, deși vioara lăcuită și înregistrată după un an prezintă un spectru de frecvențe mai redus, înălțimea acestora este mai mare decât în celelalte două cazuri. Vioara nelăcuită prezintă un spectru mai bogat de frecvențe decât vioara lăcuită și înregistrată după o luna, acest fapt evidențiind că aplicarea lacului duce la scăderea calității acustice a viorii, în etapa când apar fenomene tranzitorii ale îmbătrânirii lacului.

Fig. 10 prezintă secvențe din timpul înregistrărilor în sala de concerte a Filarmonicii Brasov

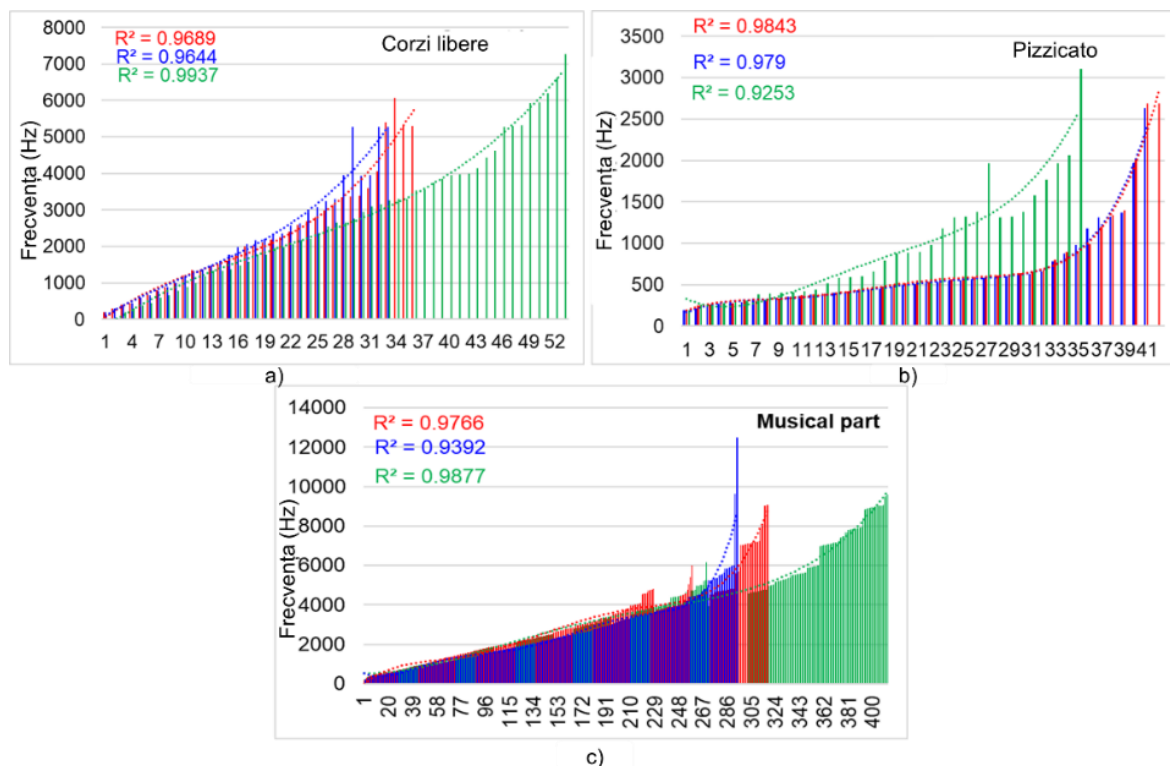


Fig. 9. Comparații privind spectrele de frecvență ale vioii în etape diferite ale lăcuiii: a) în cazul corzilor libere; b) în cazul corzilor excitate Pizzicato; c) în cazul secvenței muzicale

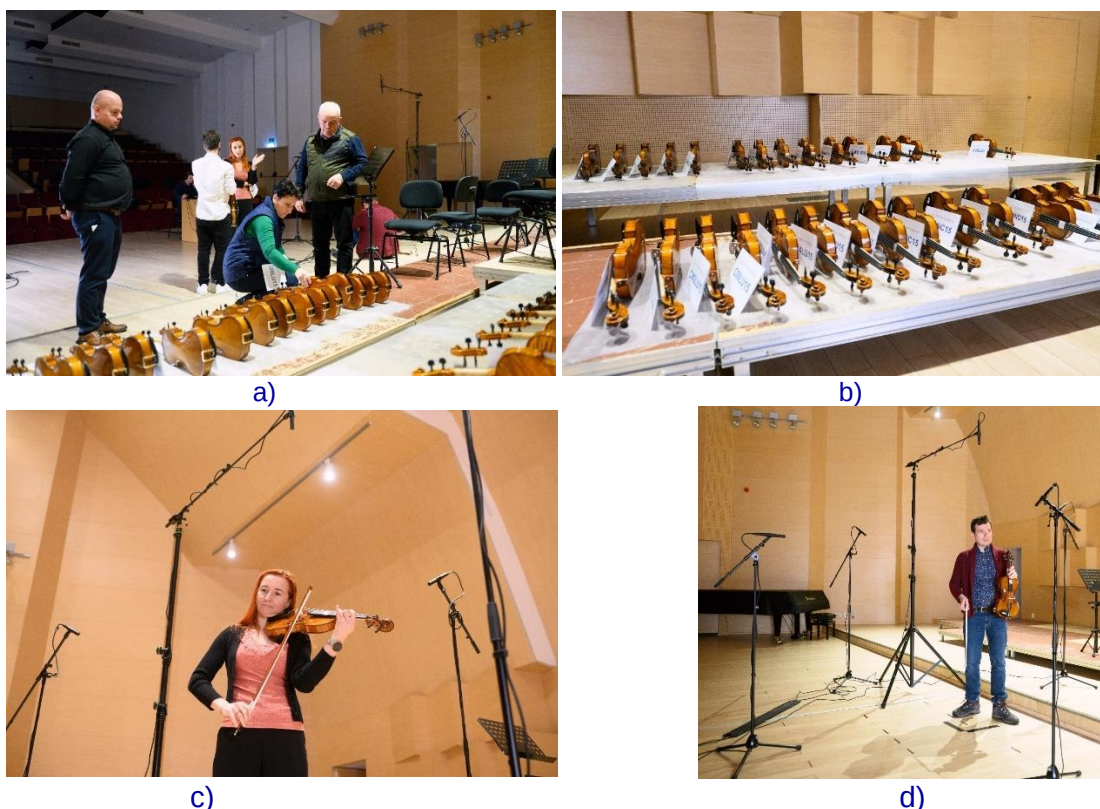


Fig. 10. Secvențe fotografice din timpul înregistrării acustice și video a violilor cu interfețe modificate

Rezultat obținut: Înregistrări/fișiere wav. pe (80 violi *5 microfoane, un total de 400 fișiere wav.)
Obiectiv atins 100%.

Act. 3.5. Analiza în timp și în frecvență a tuturor tipurilor de viori (control și tratate)

În cadrul acestei activități, au fost analizate spectrele acustice ale viorilor din proiect, semnalele fiind comparate cu cele dinainte de aplicarea lacului. Prelucrarea datelor experimentale (fișierele tip wav.) s-a realizat în două etape: în prima etapa s-au generat coduri de programe pentru prelucrarea acustică în timp și în frecvență a semnalelor (în MATLAB), păstrându-se ca bază cele din proiectul anterior, iar în a doua etapă, datele obținute au fost extrase în fișiere excel și analizate comparativ în funcție de variația diferiților parametri. În Fig. 11. este prezentată schema logică de prelucrare a semnalelor.

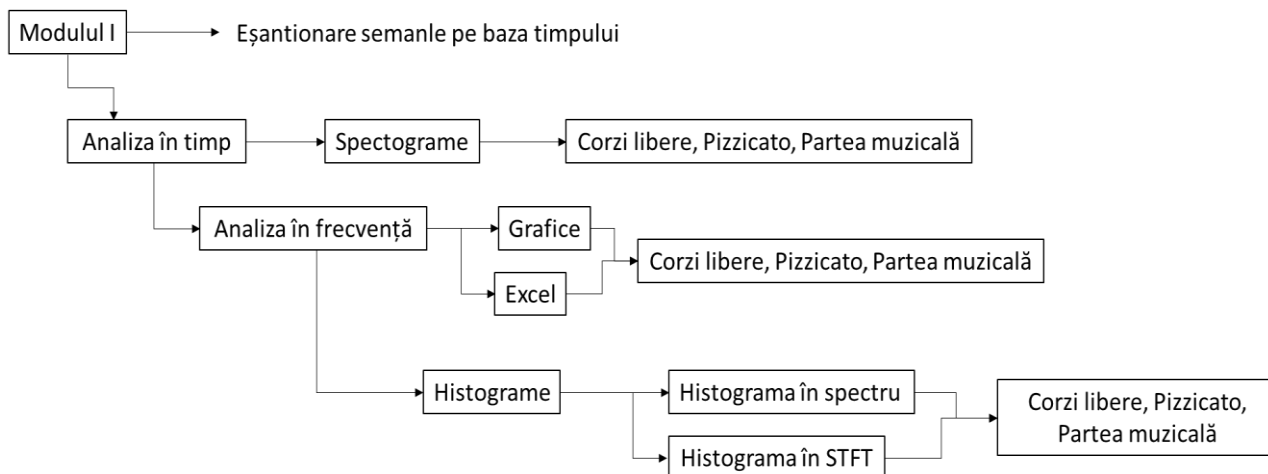
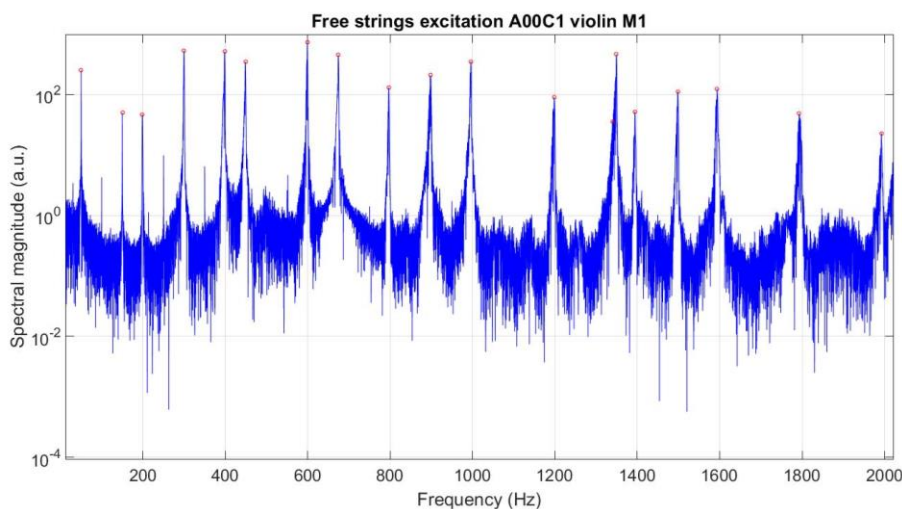
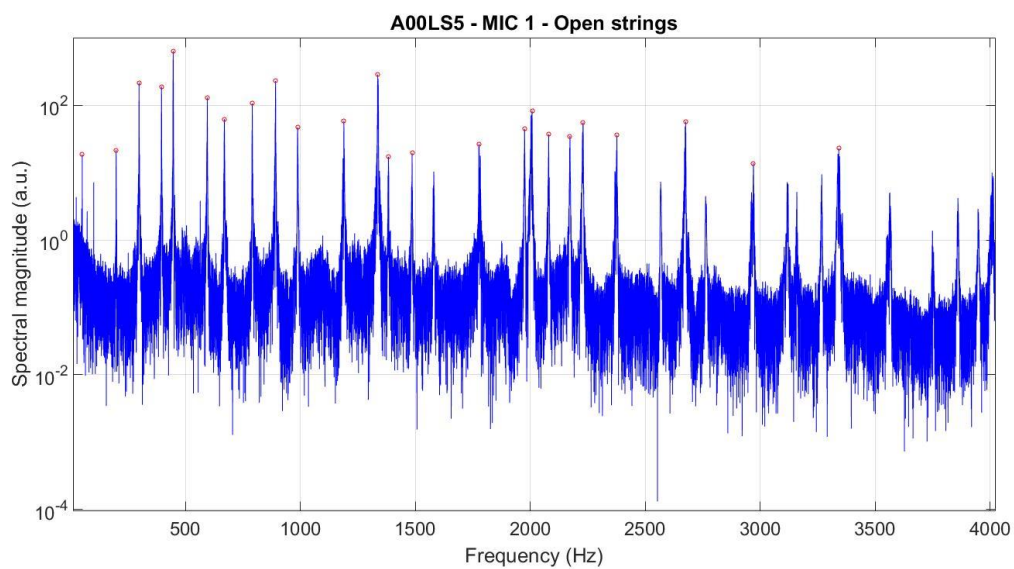


Fig. 11. Principiul de analiză a semnalelor acustice

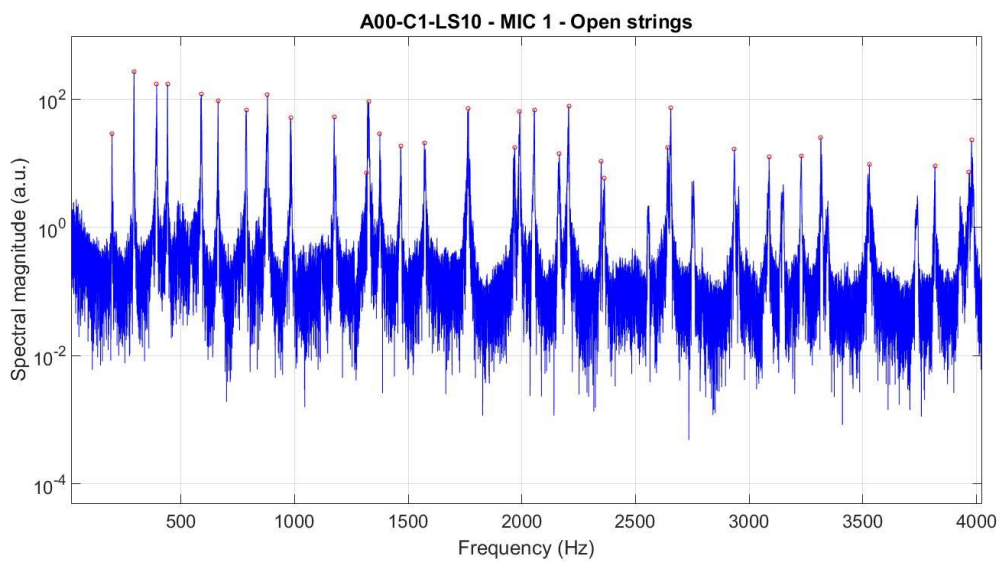
În Fig. 12. Sunt prezentate selectiv analizele FFT ale semnalelor acustice pentru viorile lăcuite cu lac cu solvent alcoolic, în 5, 10 și 15 straturi. În mod similar au fost obținute spectrele de frecvență pentru toate viorile înregistrate, extrăgându-se valorile frecvențelor de rezonanță și amplitudinile. Evoluția spectrală a frecvențelor și intensității acestora în timp, pentru viorile lăcuite cu lac pe bază de ulei, cu 5, 10, 15 straturi, clasa A, poate fi observată în Fig. 13, unde se poate remarca influența grosimii peliculei de lac asupra intensității acustice a sunetelor (vioara cu 15 straturi de lac prezintă intensități mai mari decât vioara nelăcuită sau cea lăcuită cu 5 straturi). În mod similar au fost obținute spectrogramele pentru toate viorile înregistrate.



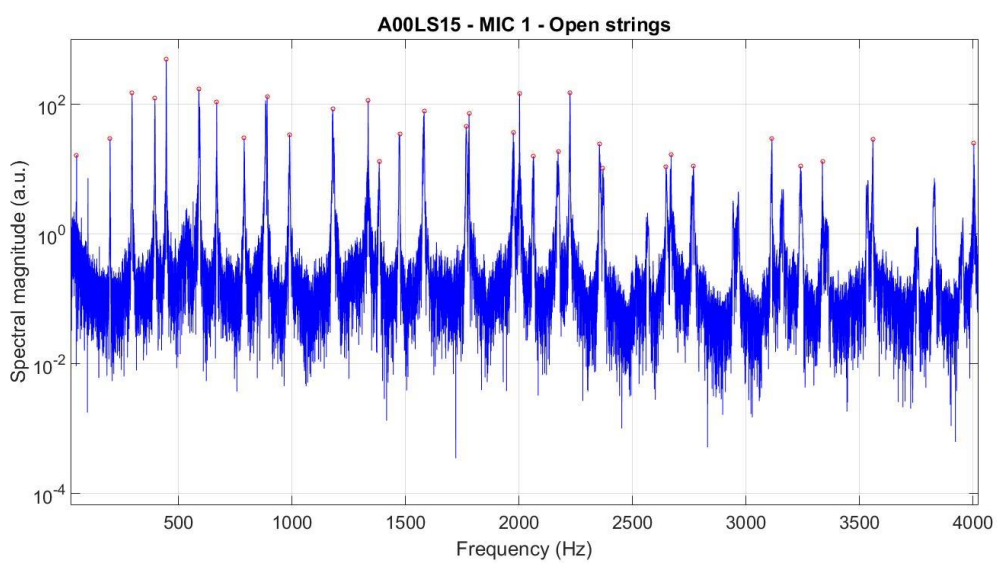
a)



b)



c)



d)

Fig. 12. Spectrul de frecvențe în cazul excitării corzilor libere cu arcușul, viorile lacuite cu lac cu solvent alcoolic: a) nelăcuirea; b) lăcuirea cu 5 straturi; c) lăcuirea cu 10 straturi; lăcuirea cu 15 straturi

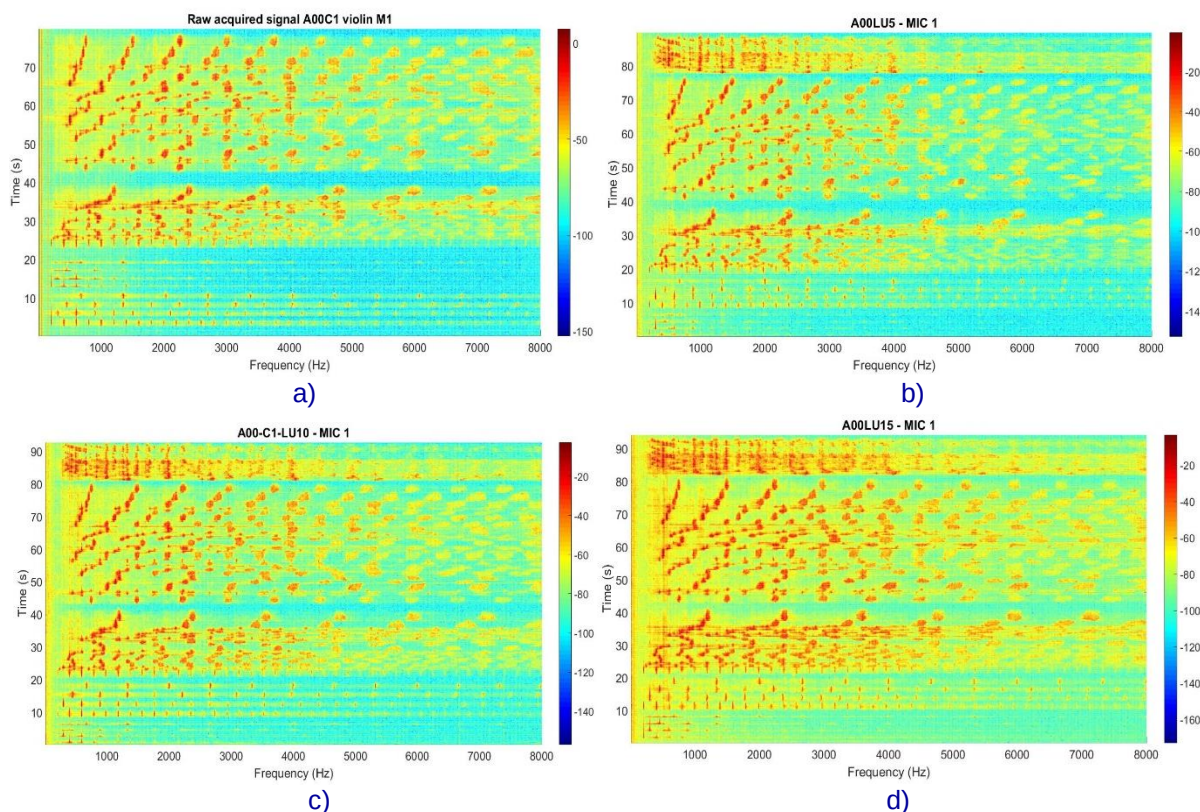


Fig. 13. Spectrogramele semnalelor acustice înregistrate pentru viorile lăcuite cu lac pe bază de ulei

Metoda ciocanului de impact pentru detectarea modurilor specifice

Au fost derulate suplimentar și studii de analiză modală prin metoda ciocanului de impact pentru detectarea modurilor specifice ale viorilor cu interfețe modificate, utilizând ca echipament pentru achiziția răspunsului modal, atât a vibrometrului laser (Fig. 14 a) cât și a microfonului aplicat în zona orificiilor acustice (Fig. 14 b).



a)

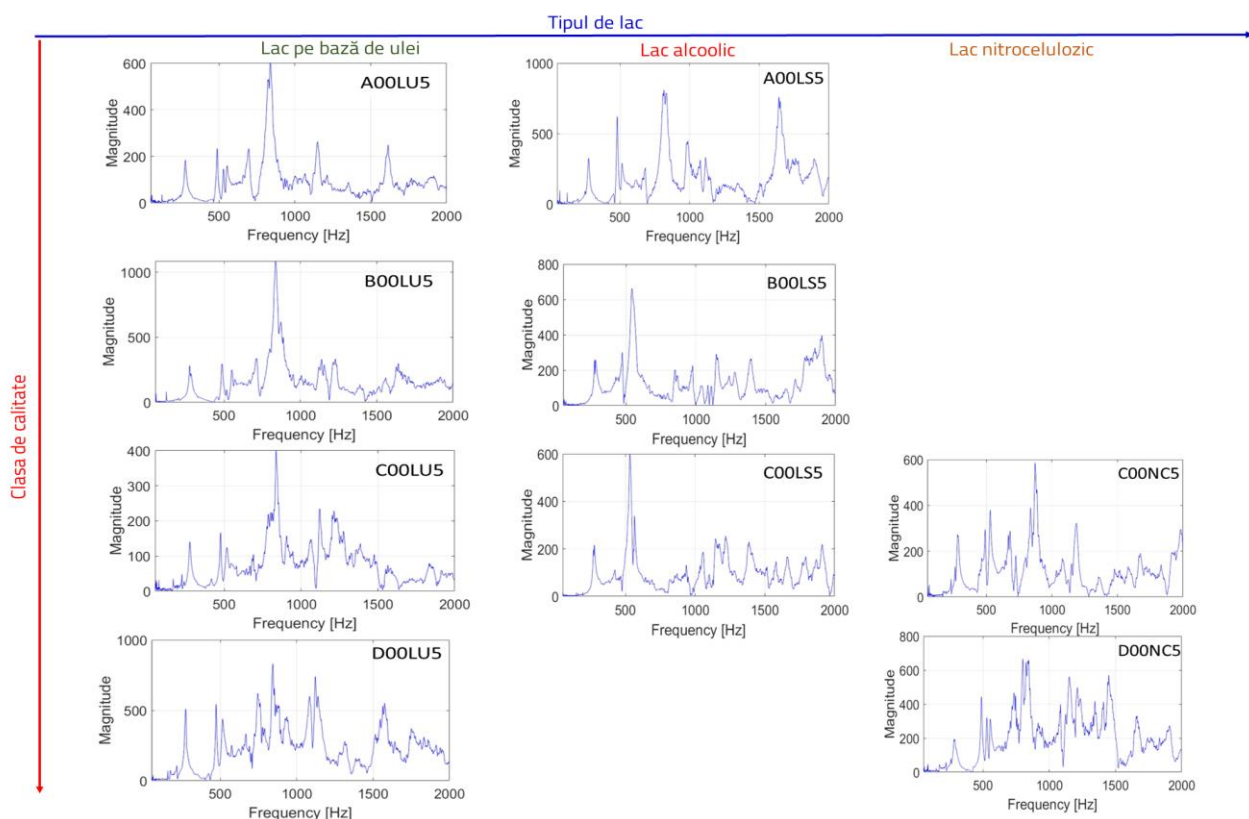


b)

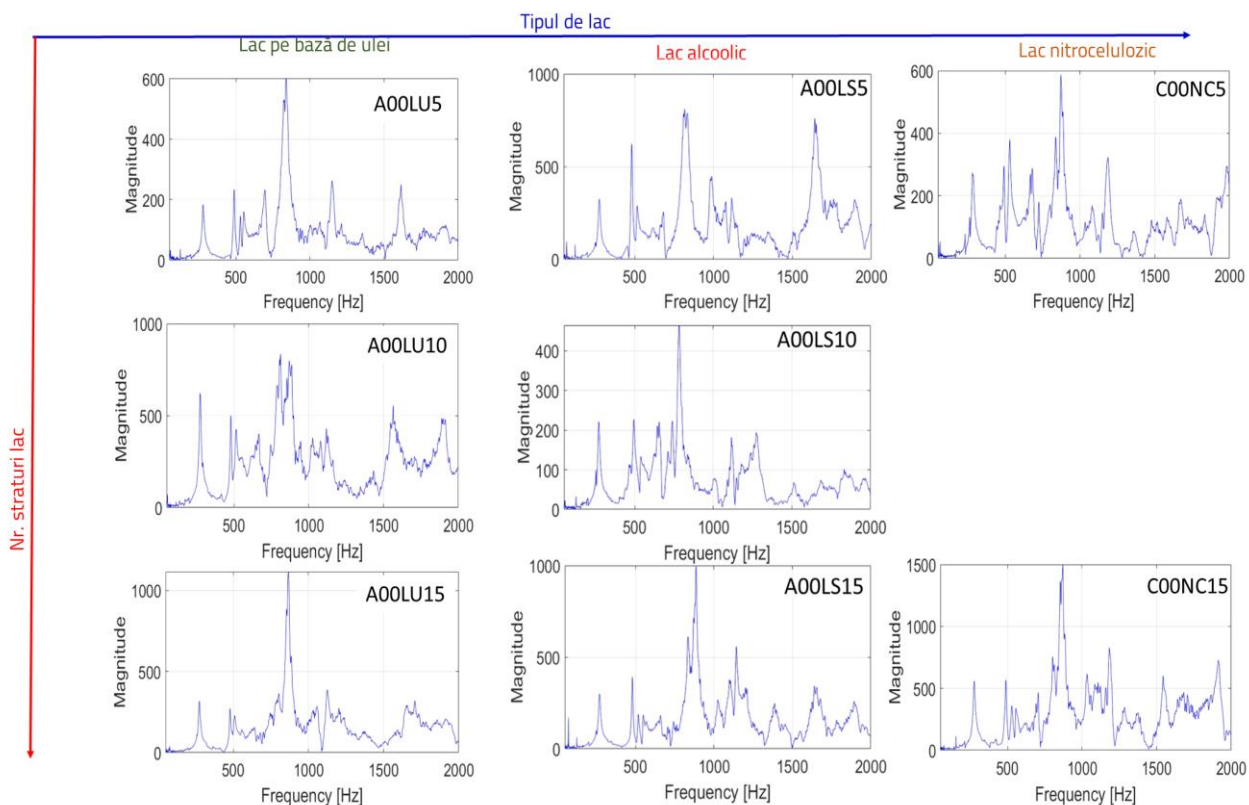
Fig. 14. Secvențe din timpul testelor de analiză modală pentru determinarea modurilor specifice

Rezultatele obținute după prelucrarea semnalelor au evidențiat numeroase diferențe privind influența tipului de lac, a clasei de calitate anatomică a lemnului, a grosimii peliculei de lac, așa cum se poate observa în Fig. 15 a și b. Pentru analiza comparativă a modurilor specifice, analiza FFT a fost aplicată pentru domeniul de frecvență 0 – 2000 Hz. Se poate observa că viorile acoperite cu lac pe bază de ulei prezintă o frecvență dominantă, cu amplitudinea cea mai mare (A_{max}), celelalte frecvențe de rezonanță având amplitudini reduce (la jumătate din A_{max}). La viorile lăcuite

cu lac alcholic și lac nitrocelulozic, se disting frecvențe de rezonanță cu amplitudini apropiate de cele ale frecvenței dominante. Cu creșterea numărului de straturi, frecvența dominantă este maim ult evidențiată în spectrul de frecvențe, iar celelalte frecvențe de rezonanță se estompează (Fig. 15b).



a)



b)

Fig. 15. Matricea spectrelor de frecvență: a) tipul de lac versus clasa de calitate; b) tipul de lac versus grosimea peliculei de lac

Între tipurile de lac, se constată diferențe majore privind anvelopa spectrului de frecvențe – lacul de bază de ulei amortizează într-o măsură mai mare frecvențele de rezonanță, comparativ cu lacul alcoolic și cel nitrocelulozic, unde se obțin numeroase vârfuri de frecvență, unele dintre acestea putând da sunetului un timbru ascuțit și neclar (Fig. 15a și b). În Fig. 16 sunt prezentate categoriile de viori în funcție de valoarea frecvenței dominante, în cele șase intervale de frecvențe: 8 viori în intervalul 450 – 600 Hz, majoritatea fiind lăcuite cu lac nitrocelulozic sau pe bază de ulei, cu 15 straturi, cu grosimi majorate ale plăcilor (Fig. 16a); în intervalul 700 – 800 Hz, se încadrează 14 viori din toate clasele de calitate, preponderant cele cu lac pe bază de ulei și 3 cu lac nitrocelulozic, una cu lac alcoolic, cu grosimi ale plăcilor micșorate (Fig. 16b); în intervalul 800 – 825 Hz, se încadrează 10 viori, cu grosimile nominale, din clasele A, B, C și S, remarcându-se viori lăcuite cu lac alcoolic și lac pe bază de ulei (Fig. 16c); în intervalul 830 – 850 Hz, sunt 19 viori cu frecvența dominantă în acest interval, majoritatea lăcuite cu lac pe bază de ulei, cu grosimi nominale și micșorate ale plăcilor (Fig. 16d); în intervalul 850 – 875 Hz, se disting cele mai multe viori (21) din toate clasele de calitate, cu preponderență, lăcuite cu lac pe bază de ulei (Fig. 16 e); în intervalul 875 – 900 Hz, se disting 17 viori, cu preponderență viori lăcuite cu lac alcoolic, din clasele A, B, S (Fig. 16 f).



Fig. 16. Gruparea viorilor testate în funcție de valoarea frecvenței dominante: a) între 450 – 600 Hz; b) 700 – 800 Hz; c) 800 – 825 Hz; d) 830 – 850 Hz; e) 850 – 875 Hz; f) 875 – 900 Hz

Rezultat obținut: Set de date și grafice FFT; Analiza cantitativă și calitativă a semnalelor
Obiectiv atins 100%.

Act. 3.6. Testarea prototipurilor de viori de catre violonisti pentru a stabili calitatea acustica. Analiza critică a rezultatelor - elaborarea raportului științific final

Chestionarele au fost elaborate pe o platformă tip <https://docs.google.com/forms/u/0/>, fiind structurate pe mai multe părți ca urmare a numărului mare de eșantioane înregistrate. S-au utilizat aceleași criterii de apreciere stabilite în proiectul anterior PED 568/2020 cu scopul de a compara scorurile obținute pentru viorile nelăcuite și lăcuite. Astfel, cele 5 criterii de evaluare au fost: claritatea sunetului, sunetul cald, ton strălucitor, amplitudinea sunetelor și sonoritate egală pe toate corzile, pentru care respondenții au acordat puncte de la 1 – 5, unde 1 reprezintă cel mai slab, iar 5 excelent. S-au calculat scorul mediu pentru fiecare eșantion muzical audiat din fiecare etapă. La momentul elaborării raportului, situația numărului de respondenți este prezentată mai jos, respectându-se egalitatea de șansă și gen, vârsta și experiența respondenților.

Chestionar Analiza acustică a viorilor nelăcuite/lăcuite (partea I) 27 respondenți (la data de 31.10.2024)

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeKxwl_TkOvwnLsJnpQtWQj_1_wmtali8x6rahjdyHN9evHWQ/viewform?usp=sf_link

Chestionar Analiza acustică a viorilor nelăcuite/lăcuite (partea a II a) 18 respondenți (la data de 31.10.2024)

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfYCNjKC477kcB8tQ6xQ09GjHvQBybN94suEVcl_aYRU-78EQ/viewform?usp=sf_link

Chestionar Analiza acustică a viorilor nelăcuite/lăcuite (partea a III a) 14 respondenți (la data de 31.10.2024)

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfzaSoQIoMcYL_9ow2zMIkVvwig9tRiVmXLJoALxaUcO8neMQ/viewform?usp=sf_link

Chestionar Analiza acustică a viorilor nelăcuite/lăcuite (partea a IV a) 7 respondenți (la data de 31.10.2024)

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScCCyx_ORvGhH2NE1CKOAxddxBn_DBMrL0JRP-DgXpCYdGLQ/viewform?usp=sf_link

Rezultatele sunt prezentate sub formă de grafice comparative conform Fig. 17, unde în partea stângă este prezentat clasamentul total al eșantioanelor evaluate, iar în partea dreaptă sunt reprezentate clasamentele cu scorul mediu peste mai mare de 3.5 puncte. Astfel, s-a constatat că:

- Cele mai mari scoruri sunt obținute de viorile lăcuite cu lac pe bază de ulei cu 5 sau 10 straturi;
- Scorurile cele mai mari pentru *claritatea sunetelor* le-au obținut viorile: A00LU10, C00LU5, B00LU5;
- Scorurile cele mai mari pentru *sunetul cald* le-au obținut viorile: A00LU10, C00LU5, B00LU5;
- Scorurile cele mai mari pentru *ton strălucitor și puternic* le-au obținut viorile: D00LU5, B00LU5; A00LU5;
- Scorurile cele mai mari pentru *amplitudinea sunetelor* le-au obținut viorile: B00LU5; D00LU5; A00LU5;
- Scorurile cele mai mari pentru *sonoritate egală pe toate corzile* le-au obținut viorile: D00LU5; B00LU5; A00LU10;
- Vioara nelăcuită din clasa A a fost introdusă în fiecare parte a chestionarului, observându-se că factorul subiectiv influențează aprecierea acestora (s-au obținut scoruri medii diferite pentru etape diferite, când a variat numărul de respondenți dar și poziția eșantionului în chestionar) (Fig. 18).

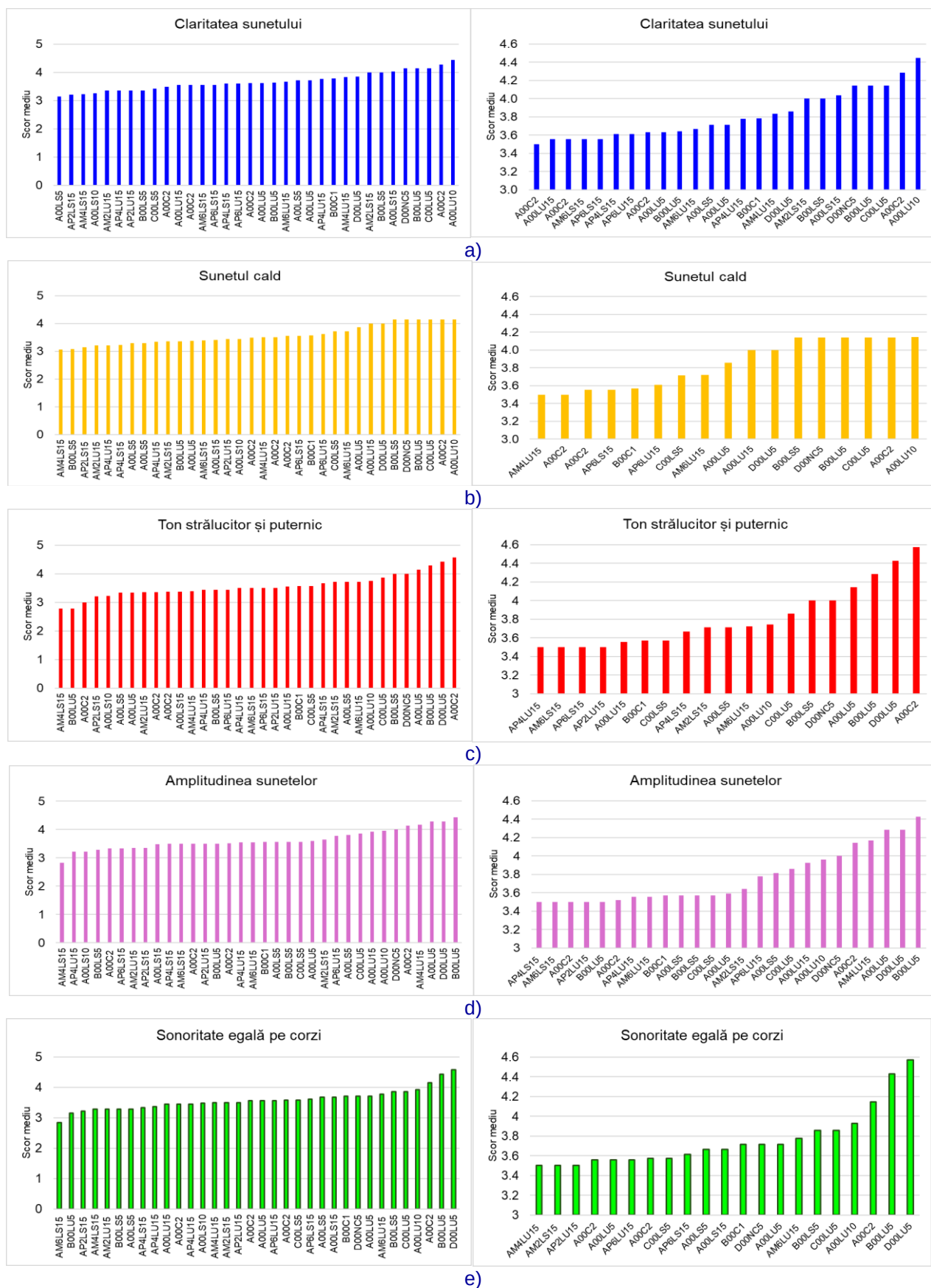


Fig. 17. Clasamentul violoncelor analizate psiho-acustic în funcție de criteriile de evaluare: a) claritatea sunetului; b) sunetul cald; c) ton strălucitor; d) amplitudinea sunetelor; e) sonoritate egală pe toate corzile

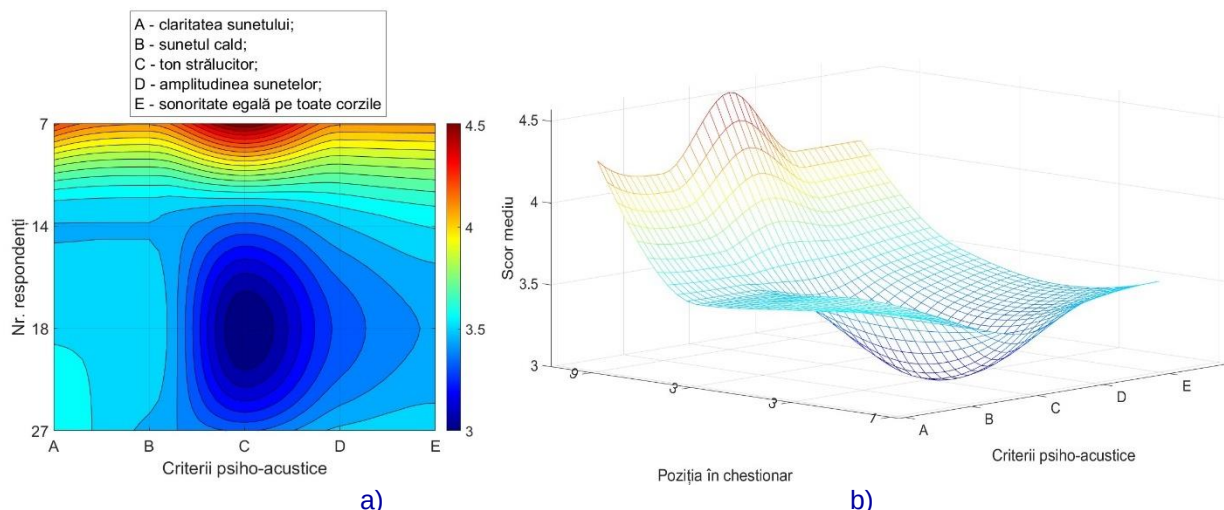


Fig. 18. Variația scorului mediu obținut de vioara A00C2 prezentă în toate chestionarele, în diferite poziții în ordinea eșantioanelor: a) în funcție de nr de respondenți; b) în funcție de poziția în chestionar

Se poate aprecia faptul că există un grad mare de subiectivism în evaluarea calității acustice a viorilor, în urma implementării acestei etape și pe baza sugestiilor oferite de unii respondenți, în etapele viitoare se va ține cont de:

- Crearea unui cadru adecvat pentru audierea eșantioanelor muzicale (fie în mediu online, fie fizic);
- Recomandarea utilizării de către respondenți a unor difuzoare sau căști performante capabile să poată reda sunetul în intervalul de frecvențe de 10-20.000 Hz;
- Verificarea capacității și acuității acustice a respondenților prin introducerea unor asemenea teste preliminare;
- Exemplificarea criteriilor de evaluare prin propunerea unor link-uri cu scurte teme muzicale unde se regăsesc: Claritatea sunetelor, Sunetul cald, Ton strălucitor și puternic, Amplitudinea sunetelor, Sonoritate egală pe corzi
- Organizarea chestionarului pe nivele de expertiză și experiență
- Recompensarea voluntarilor cu cadouri muzicale sau alte informații de interes.

Rezultatele proiectului atestă faptul că biomaterialele utilizate cu structuri anatomice diferite, clasificate riguros după criterii anatomice ale lemnului în corelație cu interfața peliculogenă aplicată cu diferite tipuri de lacuri, în tipo-grosimi ale peliculei, produce o stratificare acustică și dinamică a viorilor în care cele mai apreciate sunete sunt cele emise de viorile acoperite cu lac pe bază de ulei. În același timp, acoperirile ar trebui adecvate calității anatomice și proprietăților fizice ale lemnului, precum și preferințelor acustice ale utilizatorilor, astfel încât putem aprecia că vioara ca sistem multicorm cu interfețe modificate are personalitatea ei muzicală.

Rezultat obținut: 66 chestionare de impresii psiho-acustice completate până la 30 oct 2024.
Analiza cantitativă și calitativă a rezultatelor
Obiectiv atins 100%.

Act. 3.7. Diseminarea și vizibilitatea rezultatelor

În cadrul activității de diseminare și vizibilitatea a rezultatelor, s-au desfășurat următoarele acțiuni soldate cu indicatori cuantificabili:

1. Actualizarea site-ului proiectului: <https://acadia.unitbv.ro/> și fotografierea/filmarea documentară a unor secvențe din activitățile de cercetare din cadrul proiectului
- 2) Diseminarea rezultatelor fazei III/2024 a proiectului la conferințe internaționale, participându-se la 5 conferințe/simpozioane internaționale:

- 5 participări la conferințe internaționale (Ungaria – Sopron (2 lucrări prezentate), Romania – Brasov (1 lucrare tip prelegere workshop international), Romania – Iasi (1 lucrare tip poster) Estonia – Tallin (1 lucrare prezentată); România – Tg Mureș (2 lucrări prezentate); România – Brașov (2 lucrări prezentate):

Stanciu M.D., Gurău L., Dinulica F., Roibu C.C., Hiciu C., Mursa A., Stirbu M. *The surface morphology of sanded curly maple in comparison with straight grain maple selected for musical instruments* 11th Hardwood conference, Sopron, Hungary, 30-31 May 2024, <http://www.hardwood.uni-sopron.hu/>

Gall R., Savin A., Stanciu M.D., Campean M., Gliga V.Gh. *The influence of the type of varnish on the viscous-elastic properties of maple wood used for musical instruments*, 11th Hardwood conference, Sopron, Hungary, 30-31 May 2024, <http://www.hardwood.uni-sopron.hu/>

Stanciu M.D., Dinulica F., (workshop) *Diagnosing the Technological Quality of Wood by Means of Tree Rings*, TRACE 2024 Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, BRAȘOV, ROMANIA, 3-8 JUNE 2024, <https://silvic.unitbv.ro/ro/646-trace2024.html>

Stanciu M.D., Nastac S.M., Dinulica F., Savin A., Gliga V.Gh., Timar C., et al. *Qualitative, dynamic and acoustic analysis of anisotropic systems with modified interfaces (ACADIA)* The 28th International Exhibition of Inventions "INVENTICA 2024" Iasi, Romania

Stanciu M.D., Nauncef A.M., Nastac S.M., Amariei N. *Analysis of signal amplitude of violins with modified physical parameters*, The 27th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL2024), Volume 4, Estonia, Tallin, 24–27 September 2024, <https://icl-conference.org/current/>

Stanciu M.D. (Invited Speaker) *Multiscale Assessment of Strings Musical Instruments*, The 18th International Conference INTER-ENG 2024 Interdisciplinarity in Engineering, 3 - 4 October 2024, Târgu Mureș, Romania, <https://inter-eng.umfst.ro/2024/>

Stanciu M.D., Chi-Wen Chen, Yo-Wei Wang, Guan-Ting Zheng, Yu-Kang Lin, Long Way, Emilia Salca, Roxana Gall, *Analysis Of The Physical And Acoustic Properties Of Tropical Wood Species From Taiwan For Stringed Musical Instruments*, The 18th International Conference INTER-ENG 2024 Interdisciplinarity in Engineering, 3 - 4 October 2024, Târgu Mureș, Romania, <https://inter-eng.umfst.ro/2024/>

Gall R, Stanciu M. D., Savin A. *Viscous–elastic properties of varnished wood*, The 10th International Conference on ADVANCED COMPOSITE MATERIALS ENGINEERING, 22-23 October 2024, Transilvania University of Brașov, Romania

Nastac S.M., Guiman V., Stanciu MD *Assessment on operational dynamic response changes of tonewood due to ageing* The 10th International Conference on ADVANCED COMPOSITE MATERIALS ENGINEERING, 22-23 October 2024, Transilvania University of Brașov, Romania

- 3 articole în reviste Q1, cu FI>1.5 și SRI>1

✚ Stanciu, M.D.; Cosnita, M.; Gliga, G.V.; Gurau, L.; Timar, C.M.; Guiman, M.V.; Năstac, S.M.; Roșca, I.C.; Bucur, V.; Dinulică, F. *Tunable Acoustic Properties Using Different Coating Systems on Resonance Spruce Wood*. Adv. Mat. Interfaces 2024, 1, 2300781, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/admi.202300781> (FI₂₀₂₄=4.3, SRI₂₀₂₂=2.121)

✚ Faktorová, D.; Stanciu, M.D.; Krbata, M.; Savin, A.; Kohutiar, M.; Chlada, M.; Năstac, S.M. *Analysis of the Anisotropy of Sound Propagation Velocity in Thin Wooden Plates Using Lamb Waves*. Polymers 2024, 16, 753. <https://doi.org/10.3390/polym16060753> (FI₂₀₂₄=4.7, SRI₂₀₂₂ = 1.961)

✚ Stanciu M.D., Teodorescu HD., Vlase S., Mihalcica M., Cosnită M., Savin A, Multiscale assessment of artificial aging treatment of polysaccharides from tonewood species, Int. J. Biol. Macromol., Volume 274, Part 1, 2024, 133310, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.133310>. (FI=7.7, SRI₂₀₂₂ = 2.754) (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813024041151>)

- Set de date (spectru de frecvențe, factori de amortizare) pentru modele inovatoare de vioară de control și tratate;
- 2 ateliere cu echipa de proiect (organizate în data de: 10.05.2024; 15.11.2024)



Fig. 19 Instantanee din timpul workshop-urilor: a) Workshop nr. 1; b) Workshop nr. 2

- 1 raport științific despre studiul comparativ între viori de control și viori inovatoare
- 1 raport științific de fază;
- 1 raport final al proiectului.
- organizarea conferinței internaționale **"Interdisciplinary approach of musical instruments – from design and testing, to audience"** <https://acadia.unitbv.ro/index.php/conferinta-internationala>, în perioada de 18 - 20 iulie 2024, la Brașov, în Aula Magna a Universității Transilvania din Brașov.



Fig. 20 Fotografie de grup la conferința ACADIA 2024

- În cadrul Act. 3.8. Elaborarea unei monografii publicate într-o editură internațională (Elsevier/Springer)

Contract de publicare (Publish Agreement) și manuscris înscris la editura Springer Nature: ***Interdisciplinary Approach to the Violin From the Forest Ecosystem, Manufacturing Technology, Quality Control, to The Design of New Instruments*** (452 pagini), iar în cadrul

- Act. 3.9. Elaborarea unei propuneri de brevet a fost depusă la OSIM cererea de brevet nr. ***A00638/28.10.2024, Stand și metoda de îmbătrânire acustică a instrumentelor muzicale noi.***

Act. 3.8. Elaborarea unei monografii publicate într-o editura internațională

S-a depus manuscrisul cărții: ***Interdisciplinary Approach to the Violin. From the Forest Ecosystem, Manufacturing Technology, Quality Control, to The Design of New Instruments*** (452 pagini), Editori: Stanciu MD, Bucur V., Editura Springer Nature

SPRINGER NATURE

Cuprins

Part I WOOD

Chapter 1. Tonewood as a resource of Romanian Carpathians forests

Chapter 1. Tonewood as a resource of Romanian Carpathians forests

Chapter 3. Mechanical characterization of spruce resonance wood and curly maple for violins

Part II VARNISH

Chapter 4. From the chemistry of the Renaissance to the renaissance of violin making

Chapter 5. Effect of varnishing on the surface morphology of tonewood for violins

Chapter 6. Effects of violin varnish on some physical, mechanical and acoustical properties of resonance spruce and curly maple samples

Part III VIOLIN MANUFACTURING AND QUALITY CONTROL

Chapter 7. Violin manufacturing technology

Chapter 7. Violin manufacturing technology

Part IV VIOLIN IN ORGANOLOGIC CONTEXT

Chapter 9. The Epic of the Violin

Chapter 10. The Violin in Romanian Folk Music

Chapter 11. Vioda family of bowed string instruments invented by Professor Ion Delu

Act. 3.9. Elaborarea unei propuneri de brevet

Propunere brevet de invenție : A00638/28.10.2024, ***Stand și metoda de îmbătrânire acustică a instrumentelor muzicale noi***

Rezultate obținute: Obiectiv atins 100%.

3. SUMAR AL PROGRESULUI PROIECTULUI (Etapa III/2024)

Livrabile propuse	Livrabile realizate	Diferențe
Min. 35 plăci de vioară din molid, respectiv din lemn de paltin pentru diferite tratamente (min 5 plăci/tratament)	80 viori (160 plăci; 2 plăci/vioară) tratate cu tratamente de suprafață (lac pe bază de ulei, lac alcoolic, lac nitrocelulozic, lemn îmbătrânit 100 de ani; plăci de spate din alte specii)	Depășit cu 128%
Set de date (spectru de frecvențe, factori de amortizare) pentru modele inovatoare de vioară de control și tratate;	1) Set de date spectre de frecvențe de rezonanță (metoda ciocanului de impact, metoda dinamică întreținută) 2) set de fișiere wav. (câte 5/vioară înregistrată)	Depășit cu 128%
2 ateliere cu echipa de proiect	2 ateliere de lucru 10.05.2024; 15.11.2024 și două ședințe tehnice (una pentru organizarea conferinței, una pentru organizarea manuscrisului)	Depășit cu 100%
1 raport științific despre studiul comparativ între viori de control și viori inovatoare,	1 raport științific despre studiul comparativ între viori de control și viori inovatoare	Nu este cazul
Minim 2 articole științifice în revista cu FI>1.5 și SRI>1;	3 articole publicate și 1 articol în curs de evaluare	Nu este cazul
1 raport științific al etapei WP3	1 raport științific WP3	Nu este cazul
participare minim 2 la conferința internațională	5 participări conferințe internaționale	Depășit cu 150%
organizarea unei conferințe internaționale	"Interdisciplinary approach of musical instruments – from design and testing, to audience" https://acadia.unitbv.ro/index.php/conferinta-internationala , în perioada de 18 - 20 iulie 2024, la Brașov, în Aula Magna a Universității Transilvania din Brașov	Nu este cazul
Elaborarea unei monografii publicate într-o editură internațională (Elsevier/Springer)	Interdisciplinary Approach to the Violin. From the Forest Ecosystem, Manufacturing Technology, Quality Control, to The Design of New Instruments (452 pagini), Editori: Stanciu MD, Bucur V., Editura Springer Nature	Nu este cazul
Elaborarea unei propuneri de brevet	A00638/28.10.2024, Stand și metoda de îmbătrânire acustică a instrumentelor muzicale noi	Nu este cazul
Site-ul web al proiectului	Site-ul web al proiectului actualizat https://acadia.unitbv.ro/	Nu este cazul

Director de proiect

Prof. univ. dr. ing. Mariana Domnica STANCIU

