



UNIVERSITATEA „ALEXANDRU IOAN CUZA” din IASI
Facultatea de Geografie și Geologie
Școala doctorală de Geoștiințe
Specializarea Știința Mediului



Rezumatul tezei de doctorat

*Aspecte moderne privind valorizarea
artefactelor muzeale*

**Conducător/coordonator:
Prof. univ. dr. Ion SANDU**

**Doctorandă:
Oana FLORESCU**

IAȘI – 2022

Mulțumiri

Aș dori să adresez mulțumiri domnului prof. univ. dr. Ion SANDU, conducătorul tezei de doctorat, care m-a inițiat în vastul domeniu al Științei și Ingineriei Mediului, respectiv al Științei Conservării, m-a însoțit, încurajat și îndrumat pe parcursul cercetării mele, pentru volumul de cunoștințe și sfaturi pe care mi le-a transmis și care mi-au îmbogățit cultura de specialitate permițându-mi să dobândesc noi competențe.

Mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare, d-nei cercetător științific dr. Lăcrămioara STRATULAT, d-nei cercetător științific dr. Viorica VASILACHE, d-nei conf. univ. dr. Roxana CURCĂ pentru cunoștințele transmise, sfaturile, sugestiile care au contribuit la îmbunătățirea tezei precum și pentru evaluarea proiectului de cercetare, a referatelor științifice și a tezei de doctorat prezentate în catedră.

Țin să mulțumesc doamnei dr. ing. Monica NĂNESCU pentru susținere morală, pentru prețioasele sfaturi și remarci care au contribuit la dezvoltarea cercetării.

Exprim mulțmirile mele, în egală măsură, membrilor comisiei de examinare a tezei de doctorat pentru interesul pe care l-au manifestat și pentru că au acceptat să îmi evalueze lucrarea.

Mulțumesc, în egală măsură, tuturor profesorilor de la Școala doctorală de Geoștiințe pentru informațiile transmise și care mi-au inspirat unele dintre cercetări.

Mulțumesc colaboratorilor care m-au ajutat în prelevarea, analiza și interpretarea probelor și a datelor folosite în elaborarea cercetării: lect. univ. dr. Ioana STĂNCULESCU, conf. univ. dr. Lucian SFÎCĂ, lect. univ. dr. Pavel ICHIM, asist. univ. dr. Corina CIOBANU, student-masterand Robert HRIȚAC.

Adresez mulțumiri colegilor mei de școală doctorală cu care am avut o colaborare frumoasă, în special Mariei BOUTIUC și lui Cristian Marius SANDU.

Mulțumesc familiei mele pentru înțelegere și sprijin moral. Lor le dedic această cercetare.

CUPRINS

Introducere	8
Capitolul I. ANALIZA ȘI SINTEZA BIBLIOGRAFICĂ ALE STADIULUI ACTUAL AL CUNOAȘTERII PRIVIND ROLUL ȘI FUNCȚIILE MUZEELOR, TIPURI DE BUNURI CULTURALE MUZEALE, CONSERVAREA ȘTIINȚIFICĂ INTEGRATIVĂ ȘI VALORIZAREA LOR	
Eroare! Marcaj în document nedefinit.	
1.1. Aspecte generale	Eroare! Marcaj în document nedefinit.
1.2. Tipuri de muzee.....	Eroare! Marcaj în document nedefinit.
1.3. Rolul și funcțiile muzeelor	21
1.3.1. Rolul muzeelor.....	21
1.3.2. Funcțiile muzeului.....	21
1.4. Tipuri de bunuri culturale muzeale.....	26
1.5. Demersul analizelor în expertiza științifică a hârtiei	27
1.6. Sisteme de evidență, clasificare și clasare a bunurilor culturale muzeale.....	28
1.7. Sisteme moderne de depozitare a bunurilor culturale	29
1.7.1. Climatul depozitelor și al spațiilor expoziționale.....	29
1.7.2. Tipuri de degradări și deteriorări ale bunurilor culturale.....	31
1.8. Sisteme moderne de expunere a bunurilor culturale.....	32
Capitolul II. METODE ȘI TEHNICI DE INVESTIGARE FOLOSITE PENTRU DETERMINAREA STĂRII DE CONSERVARE A BUNURILOR DE PATRIMONIU CU SUPTOR PAPETAR	33
2.1. Aspecte generale	33
2.2. Prelevarea și prelucrarea probelor materiale.....	35
2.3. Metode de analiză a structurilor de suprafață	35
2.3.1. Tehnica reflectografică în VIS, UV și IR	35
2.3.2. Macrofotografia și microfotografia	37
2.3.3. Analiza optică (vizuală).....	37
2.4. Metode de analiză la interior	39
2.4.1. Microscopia electronică de baleiaj cuplată cu difracția de raze X.....	39
2.4.2. Spectroscopia vibrațională	40
2.5. Analiza chemometrică a datelor obținute prin spectroscopia vibrațională.....	45
Capitolul III. STUDIUL SUPTURILOR CELULOZICE ALE UNOR DOCUMENTE VECHI DIN PATRIMONIUL MUZEULUI „PONI-CERNĂTESCU”	48
3.1. Aspecte generale	48
3.2. Materiale si metode	50
3.2.1. Materiale luate în studiu.....	50
3.2.2. Metode de analiză	52
3.3. Rezultate și discuții	53
3.3.1. Analiza vizuală cu ajutorul lupei.....	53
3.3.2. Analiza vizuală cu ajutorul microscopului optic	54
3.3.3. Analiza cu ajutorul microscopiei electronice de baleiaj, cuplat cu difracția de raze X (SEM-EDX)	54
3.3.4. Analiza documentelor prin spectroscopia FT-IR.....	56
3.3.5. Analiza documentelor prin spectroscopia Raman	60

3.3.6. Analiza documentelor prin spectroscopia DRIFTS (Diffuse Reflection Infrared Spectroscopy).....	64
3.3.7. Analiza chemometrică PCA a datelor obținute prin spectroscopia FT-IR.....	66
3.3.8. Recomandări pentru prezervarea documentelor studiate	69
3.4. Analiza unor documente cu stare de conservare precară – precolaps	69
3.4.1. Partea experimentală	70
3.4.2. Rezultate și discuții	71
Capitolul IV. CONDIȚII DE MICROCLIMAT LA DEPOZITAREA ȘI ETALAREA MUZEALĂ. MONITORIZAREA CLIMATULUI INTERN CA BAZĂ PENTRU EVALUAREA RISCULUI DE DEGRADARE ȘI DETERIORARE A ARTEFACTELOR MUZEALE	78
4.1. Aspecte generale	78
4.2. Materiale și metoda	82
4.2.1. Istoricul casei savantului Petru Poni (1841-1925) – Muzeul „Poni-Cernătescu” (1995).....	82
4.2.2. Monitorizarea climatului intern de-a lungul timpului.....	99
4.2.3. Analiza climatului intern în perioada ianuarie 2020 – martie 2021	25
4.3. Rezultate și discuții	27
4.3.1. Caracteristici termo-higrometrice externe ale Muzeului „Poni-Cernătescu”	27
4.3.2. Variații anuale ale temperaturii și umidității relative a aerului pentru climatul intern.....	28
4.3.3. Rezultate ale evaluării riscurilor specifice pentru climatul intern	30
4.3.4. Analiza comparativă a valorilor microclimatului muzeal corespunzător anului 2020 cu anul 2021.....	119
Capitolul V. CONSERVAREA PARTICIPATIV-INTEGRATIVĂ A ARTEFACTELOR MUZEALE. ASPECTE TEORETICE ȘI PRACTICE	
Eroare! Marcaj în document nedefinit.	
5.1. Aspecte generale	Eroare! Marcaj în document nedefinit.
5.2. Dezvoltarea conceptului de conservare științifică integrativ-participativă	Eroare! Marcaj în document nedefinit.
5.3. Participarea publicului prin contribuție. Jocul educațional	Eroare! Marcaj în document nedefinit.
5.4. Participarea publicului prin colaborare.....	Eroare! Marcaj în document nedefinit.
5.5. Participarea publicului prin co-creare.....	Eroare! Marcaj în document nedefinit.
5.6. Participarea publicului prin găzduire.....	Eroare! Marcaj în document nedefinit.
5.7. Studiu de caz	33
5.8. Analiza multivariabilă a datelor obținute prin aplicarea chestionarului.....	34
CONCLUZII GENERALE	36
BIBLIOGRAFIE	156
ANEXA I	
Eroare! Marcaj în document nedefinit.	
ANEXA II	
Eroare! Marcaj în document nedefinit.	
ANEXA III	200
ANEXA IV	205
ANEXA V	205

ABREVIERI

UNESCO - The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organizația Națiunilor Unite pentru Educație, Știință și Cultură):

<https://www.unesco.org/>

ICOM - International Council of Museums (Consiliul Internațional al Muzeelor):

<https://icom.museum/>

ICOM-CC - International Council of Museums – Committee for Conservation (Consiliul Internațional al Muzeelor – Comitetul pentru Conservare):

<https://www.icom-cc.org/>

ICOMOS - International Council of Monuments and Sites (Consiliul Internațional al Monumentelor și Siturilor): www.international.icomos.org

ICCROM - International Centre for Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property – Roma (Centrul Internațional pentru Studiul preservării și restaurării bunurilor culturale - Roma): www.iccrom.org

T (°C) – temperatura

Ua – umiditatea absolută a aerului

RH (%) – umiditatea relativă a aerului (componentă a microclimatului)

UV – domeniul radiațiilor ultraviolete din spectrul electromagnetic

VIS – domeniul vizibil al spectrului electromagnetic

CUVINTE CHEIE: artefacte culturale; conservare; hârtie; cerneală; OM; SEM-EDX; micro-FT-IR; FT-Raman; PCA; microclimat muzeal; indici de conservare; conservare preventivă; monitorizare internă; managementul riscurilor de conservare.

INTRODUCERE

Lucrarea de doctorat intitulată: *Aspecte moderne privind valorizarea artefactelor muzeale* a fost elaborată pe baza studiului aprofundat al literaturii de specialitate privind *valorizarea* bunurilor din Patrimoniul Cultural, al actelor normative și legislative naționale și internaționale din domeniul *Științei Conservării* bunurilor de Patrimoniu Cultural, cât și al rezultatelor practice obținute în cadrul colectivului *Laboratorului Interdisciplinar de Investigare Științifică și Conservare a Bunurilor de Patrimoniu Cultural*. Acestea au fost aprofundate în stagii de cercetare din țară și în urma participării la conferințe internaționale și naționale efectuate pe parcursul dezvoltării tezei de doctorat. De asemenea, au fost folosite datele obținute pe

teren, în cadrul Muzeului „Poni-Cernătescu” din Iași și din analiza unor chestionare privind relația public-muzeu, participarea publicului în sistemele cultural-patrimoniale locale (muzee), colectarea de informații despre marketingul muzeal, atragerea și menținerea vizitatorilor și voluntarilor, rolul și programele oferite publicului.

Pentru consolidarea acestor studii s-a realizat o sinteză a literaturii de specialitate a stadiului actual al cercetărilor privind valorizarea bunurilor culturale din sistemele muzeale. *Valorizarea* unui bun cultural mobil sau imobil, conform [Sandu, I., 2008a; Sandu, I., 2008b] este un demers complex care are în atenție etalarea optimă-atractivă pentru public, valorificarea prin diverse sisteme moderne de editare-multiplicare (filme, fotografii, albume, broșuri, pliante, cataloage, cărți poștale etc.) și teaurizarea acestuia prin noi cercetări de arhivă, cartografie și arheologie.

În concluzie, stabilirea proprietăților și a caracteristicilor aferente unui bun de patrimoniu cultural, cu scopul teaurizării și valorificării lui, se obține prin cercetări specifice *Științei Conservării* ce implică investigații tehnico-științifice (fizice, chimice, biologice, arheologice, geologice, antropologice, de istoria artei, sociologice, filosofice, statistico-matematice), precum și cercetări artistice și sociologice [Sandu, I. *et al.*, 2010].

Punerea în valoare și teaurizarea unui bun de patrimoniu cultural semnifică neapărat evidențierea și folosirea completă a elementelor (caracteristicilor) obținute la punerea în operă și a funcțiilor patrimoniale rezultate în timp.

Valorificarea bunurilor culturale are în atenție creșterea cotei de bursă sau catalog în orice stadiu s-ar afla: epuizarea siturilor arheologice, formarea de colecții particulare și de stat, integrarea lor în sisteme complexe muzeale, transferuri, itinerate etc. prin implicarea *elementelor patrimoniale* (autenticitatea; paternitatea; cota valorică; nivelul de clasare (teaur, fond mondial, fond național, fond local)/grupa de clasificare (natura materialelor, starea de conservare, tehnica artistică, tehnologia de punere în operă, vechimea/datarea, autorul/arealul geografic, patina timpului etc.) și a celor *cinci funcții patrimoniale* (estetico-artistice, istorico-documentare, tehnico-științifice, administrativ-edilitare și spirituale) [Sandu, I., 2008a].

Teaurizarea unui bun cultural reprezintă activitatea prin care i se sporește cota valorică prin caracteristici arheometrice și chemometrice, cu valoare arheometrică, recent identificate, noi date tehnico-științifice și istorico-documentare, precum și o serie de descoperiri/efecte/fenomene (ca informații cu grad absolut de noutate, modificări structural-funcționale, evoluții temporale și spațiale, donații sau transferuri necunoscute, alte documente, fotografii, hărți și date inedite, nepublicate), prin editarea de pagină web, albume, organizarea de mese rotunde, conferințe, simpozioane, realizarea de activități didactice itinerate (de exemplu, lecții deschise), prin implicarea de noi sisteme moderne de etalare și aranjare în muzeu, expoziții etc. [Sandu, I., 2008b].

Știința Conservării Bunurilor Culturale și a Mediului, alături de Conservarea Biodiversității sunt ramuri lucrative (practice) ale Științei și Ingineriei Mediului, cuprinzând atât norme și măsuri pentru păstrarea nealterată a moștenirii tangibile, cât și procese și operații de preservare, restaurare, etalare și protecție, implicând sisteme

fizico-chimice actuale (materiale și tehnologii moderne), compatibile cu cele vechi-tradiționale, aplicate pe bunuri de patrimoniu cultural, monumente ale naturii și elemente ale biodiversității.

Scopul tezei are în vedere cercetarea fundamentală și aplicativă a aspectelor inovative privind valorizarea artefactelor muzeale analizând drumul parcurs de acestea de la punerea în operă și până la etalarea și valorificarea muzeală. Aceasta își propune identificarea de noi abordări experimentale interdisciplinare, participativ-colaborative ce vor fi utilizate în practica curentă prin investigare științifică (autentificare/date/paternitate, stabilirea cotei de bursă sau de catalog, determinarea naturii materialelor și a stării lor de conservare, compatibilizarea intervențiilor de prezervare-restaurare, monitorizarea comportării intervențiilor și a evoluției artefactului pe perioada etalării și la depozitare) prezervarea preventivă și profilactică, curățarea, restaurarea prin reintegrare structurală (completări/adăugiri, chituiuri etc.), cromatică și ambientală, valorificarea muzeală și, nu în cele din urmă, întreținere și protecție.

În acest sens, sunt abordate o serie de aspecte actuale ale protecției bunurilor culturale în muzee, în corelație cu factorii de risc și cei de mediu, cu rolul și funcțiile muzeului, cu complexitatea, densitatea și dispunerea artefactelor în spațiul muzeal, cu contribuția specialiștilor din muzeu și a publicului prin utilizarea de sisteme atractive inovative.

Tema tezei de doctorat, prin rezultatele obținute, se încadrează în domeniul *Științei Mediului* implicând cunoștințe de chimie, fizică, biologie, ingineria materialelor, climatologia, investigarea, prezervarea și restaurarea integrată a bunurilor de patrimoniu cultural, existente în colecții și sisteme muzeale.

Motivația alegerii temei constă în evidențierea bunurilor culturale de excepție din patrimoniul Muzeului „Poni-Cernătescu”, unele cu stări de conservare precare, care impun intervenții de prezervare-restaurare urgente, respectiv schimbarea nivelului de clasare și ameliorarea condițiilor optime de păstrare, în corelație cu factorii de mediu și cei de risc, cu fluxul publicului vizitator și limitarea lui sub control continuu, în funcție de perisabilitatea unor elemente structurale ale artefactelor și complexitatea distribuției în etalare, în cadrul muzeului.

Obiectivele temei cu activitățile lor specifice au fost următoarele:

- (1) *investigarea științifică a unor artefacte muzeale* prin realizarea de expertize de autentificare și evaluare patrimonială, determinarea stării de conservare, cunoașterea materialității structurale normale, a aspectelor legate de îmbătrânirea suporturilor celulozice și a altor componente din structura documentelor (lianți, tușuri și cerneluri);
- (2) *conservarea participativ-integrativă* prin analiza etiopatogeniei artefactelor muzeale luate în studiu, cu evidențierea evoluției stării lor de conservare, realizarea metodologiei de lucru pe tipuri de colecții sau restrictiv pe un singur artefact, folosind principiile conservării integrativ-participative prin implicarea publicului, sub îndrumarea specialiștilor din muzeu;

(3) *studiul impactului mediului asupra sistemelor patrimoniale* prin identificarea și analiza riscurilor la care sunt supuse bunurile de patrimoniu cultural din muzeu.

Acestor obiective principale le sunt subordonate o serie de **obiective secundare** pe care le enumerăm în continuare:

- analiza și sinteza bibliografică ale stadiului actual al cunoașterii privind tipurile de muzee, rolul și funcțiile lor, categorii de artefacte grupate pe grade de conservabilitate, condițiile de păstrare și etalare în colecții și muzee, influența factorilor endogeni și exogeni, care duc la deteriorarea fizică a elementelor structural-funcționale și la degradarea chimică a naturii materialelor componente;
- alegerea documentelor cu valoare științifică și memorială, cărora li s-a evaluat starea lor de conservare;
- elaborarea unui protocol experimental inovativ de investigare științifică folosind metode moderne în sistem de coasistare și coroborare între tehnici interdisciplinare pentru determinarea naturii materialelor componente și a stării lor de conservare, respectiv identificarea unor caracteristici arheometrice și morfo-structurale implicate în autentificare, evaluarea stării de conservare și stabilirea de noi soluții de preservare și restaurare, inclusiv la sistemele de mediere și etalare virtuală pentru artefactele în stare de precolaps;
- identificarea și analiza materialelor constitutive ale documentelor în vederea compatibilizării intervențiilor de preservare-restaurare;
- utilizarea caracteristicilor chemometrice, cu valoare arheometrică, identificate din analiza și prelucrarea datelor spectrale și a celor structural-morfologice pentru autentificare și stabilire a contextelor istorice în evoluția lor de la punerea în operă până la muzeu;
- prelucrarea datelor obținute din chestionare și corelarea lor cu alte caracteristici morfo-structurale în vederea conservării integrativ-participativă a artefactelor cu stare bună de conservare;
- redactarea de articole științifice, diseminarea lor (prin prezentări orale la sesiuni științifice, colocvii și conferințe, publicarea în reviste de specialitate și în volumele unor congrese, workshopuri, conferințe și simpozioane).
- evidențierea unor modalități inovative de valorificare a bunurilor de patrimoniu cultural care includ participarea publicului și realizarea de studii de caz.

În dezvoltarea tezei au fost abordate câteva *direcții de cercetare*.

Prima direcție este legată de interdisciplinaritatea domeniului. Conservarea integrată, prin metodele științifice, reprezintă o cooperare interdisciplinară care oferă o cunoaștere aprofundată a domeniului. Sunt implicate istoria socială și arhitectura, antropologia și sociologia, geografia umană, știința mediului/climatologie și factori de mediu, știința materialelor, chimia, microbiologia, geologia etc.

A doua direcție are în atenție urmărirea etapelor care fac parte din traseul urmat de un artefact de la punerea în operă și până la muzealizarea acestuia, identificând ciclul de viață al unui bun patrimonial istoric sau artistic.

A treia direcție de cercetare se referă la conservarea integrativ-participativă a artefactelor muzeale, prin implicarea publicului în activități de voluntariat muzeal.

Muzeul „Poni-Cernătescu” este un obiectiv de referință în peisajul cultural ieșean și reunește donații oferite statului român de către Margareta Poni, fiica lui Petru Poni, și Florica Mageru, nepoata savantului, precum și cele ale unor renumiți profesori de la Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” și de la Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași. În anul 2012, muzeul a fost recompensat cu premiul ICOM (International Council of Museums) pentru amenajarea expoziției permanente.

Misiunea Muzeului „Poni-Cernătescu” constă în „cunoașterea, conservarea și valorificarea patrimoniului său cultural, mobil și imobil, în scopul păstrării și promovării creației științifice a savanților Petru Poni și Radu Cernătescu”. Muzeul „Poni-Cernătescu”, prin colecțiile valorificate și programele sale educative, este un partener important în viața culturală locală și națională. Patrimoniul Muzeului „Poni-Cernătescu” este compus din bunuri culturale, în mare parte de natură organică, hârtia fiind cea care predomină (de aici pornind motivația alegerii bunurilor culturale pe suport papetar pentru efectuarea investigațiilor), urmând lemnul apoi materialul textil. Obiectele de natură anorganică sunt reprezentate de aparatura de laborator, obiecte decorative, minerale.

Problema pe care o rezolvă partea experimentală constă în evaluarea stării de conservare a unor bunuri culturale mai puțin studiate sau nou descoperite, cu valoare memorială și științifică deosebită, determinarea unor caracteristici arheometrice și morfo-funcționale ale documentelor studiate și studiul chemometric al datelor obținute prin spectroscopia vibrațională, identificarea și analiza riscurilor de deteriorare și degradare la etalare și depozitare în diverse tipuri de microclimat, specifice Muzeului „Poni-Cernătescu”, folosind indici de conservare a bunurilor culturale, analiza multivariată a datelor obținute prin chestionarea publicului vizitator cu privire la conservarea participativă a bunurilor culturale.

Importanța științifică și practică a domeniului abordat rezultă din elementele cu grad de noutate descrise în continuare:

- alegerea unor documente inedite, pe suport papetar, cu valoare științifică și memorială ridicată și analiza ciclului lor de viață, pornind de la punerea lor în operă și până la valorizarea lor muzeală;
- elaborarea unei metodologii complexe de investigare științifică folosind instrumente optice de mărit, metode de spectroscopie vibrațională, Raman, DRIFT și FT-IR, asistate de softuri de prelucrare a datelor, metode statistice de prelucrare a datelor multivariabile, metode de analiză la suprafață și în profunzimea materialelor pentru a identifica anumite caracteristici arheometrice și chemometrice morfo-structurale, care permit stabilirea unor anumite contexte istorice, precum și pentru a evalua starea de conservare a bunurilor culturale selectate;

- identificarea și analiza riscurilor de degradare și deteriorare a bunurilor culturale etalate în condiții diferite de microclimat muzeal;
- analiza multivariabilă a datelor obținute din chestionarea publicului tânăr privind conservarea integrativ-participativă a bunurilor culturale muzeale.

Metodologia cercetării și modul în care a fost dezvoltată teza de doctorat au în atenție următoarele aspecte:

- în privința îndeplinirii obiectivelor tezei, s-au ales, din literatura de specialitate, lucrări științifice care se referă la valorizarea și conservarea bunurilor culturale de patrimoniu din colecții și muzee;
- ca urmare a etapei de documentare, în vederea analizei și alegerii protocolului de lucru necesare stabilirii stării de conservare a unui grup de bunuri culturale pe suport papetar, puțin studiate sau nou descoperite, cu o mare valoare memorială și documentară, s-au selectat o serie de artefacte din care s-au prelevat și prelucrat probe materiale și care au fost studiate prin metode nedestructive și non-invazive, cum ar fi: reflectografia IR, VIS și UV, microscopia optică, microscopia electronică de baleiaj, cuplată cu spectrometria de raze X (SEM-EDX), spectrometria micro-FT-IR, FT-Raman și DRIFT, toate cu implicații în studiul *structurii fizice, naturii chimice*, precum și în identificarea unor *caracteristici* ale suporturilor papetare și materialelor componente, toate aceste demersuri fiind necesare **punerii în valoare** a artefactelor prin stabilirea unor *elemente patrimoniale* (autenticitatea; paternitatea; cota valorică; nivelul de clasare și grupa de clasificare, vechimea/patina timpului) și a celor *cinci funcții patrimoniale* (estetico-artistice, istorico-documentare, tehnico-științifice, administrativ-edilitare și spirituale);
- aplicarea diverselor materiale și procedee de prezervare a artefactelor, care au făcut obiectul cercetării, au fost analizate prin studiul riscurilor de degradare și deteriorare a materialelor din componența unor suporturi papetare, provocate sau nu de condițiile diferitelor tipuri de microclimat, specific monumentului istoric luat în studiu;
- în vederea **tezaurizării** artefactelor muzeale au fost identificate și studiate o serie de metode de implicare voluntară și activă a publicului în activitățile specifice muzeului ca, de exemplu, prezervarea, restaurarea, etalarea și valorizarea bunurilor de patrimoniu cultural, finalizându-se prin coroborarea tipurilor de conservare integrativ-participativă utilizând studii de caz.
- procesarea datelor experimentale și prelucrarea lor prin metode statistico-matematice multivariabile și punerea lor în evidență prin prezentări grafice și tabulare.

Teza este structurată în cinci capitole grupate în **partea teoretică** (analiza critică și sinteza bibliografică a studiului actual al cunoașterii) reprezentată de Capitolul I și **partea experimentală (partea originală)**, cu contribuțiile privind alegerea cazuisticilor, protocolul analitic și cercetarea experimentală, cuprinde patru capitole.

Capitolul 1. Analiza și sinteza bibliografică ale stadiului actual al cunoașterii privind rolul și funcțiile muzeelor, tipologia bunurilor culturale muzeale, conservarea științifică integrativă și valorizarea lor

Capitolul 1 tratează stadiul actual al cunoașterii valorizării artefactelor muzeale, tipurile de muzee, rolul și funcțiile muzeelor, ciclul de viață al artefactelor muzeale, tipologia și clasarea lor, caracteristicile climatului muzeal în care se păstrează bunurile culturale, tipurile de degradări și deteriorări care afectează starea de conservare a bunurilor culturale mobile.

Capitolul 2. Metode și tehnici de investigare implicate în determinarea stării de conservare a bunurilor de patrimoniu pe suport papetar

Capitolul 2 prezintă informații relevante pentru investigarea științifică a artefactelor muzeale prin implicarea unor metode moderne de analiză: microscopia optică cu lumină polarizată prin reflexie, microscopia electronică de scanare, cuplată cu difracția de raze X, spectroscopia în infraroșu, spectroscopia Raman, completate cu metode statistico-matematice pentru a extrage mai multe informații din datele obținute din măsurători chimice și fizice.

Capitolul 3. Studiul suporturilor celulozice ale unor documente vechi din patrimoniul muzeului „Poni-Cernătescu”

Capitolul 3 prezintă natura materialelor constitutive ale suporturilor celulozice utilizate la elaborarea industrială a unor documente din perioada 1850-1900, când s-a început folosirea unor substanțe care influențează negativ caracteristicile fizico-chimice și mecanice ale suportului grafic. În acest capitol se face o evaluare a stării de conservare a documentelor și se identifică o serie de caracteristici arheometrice și chemometrice. Obiectivele au fost atinse prin cercetări tehnico-științifice pentru care s-au utilizat microscopia optică cu lumină polarizată prin reflexie, microscopia optică de scanare asociată cu difracția de raze X, spectroscopia în infraroșu, spectroscopia Raman, completate cu metode statistico-matematice multivariabile. Rezultatele obținute au scos în evidență compoziția chimică a materialelor constitutive, starea de conservare a probelor luate în lucru și caracteristicile arheometrice și chemometrice.

Pornind de la o serie de studii realizate pe documente cu suport papetar din perioada 1870-1890 [Kolar, J. *et al.*, 2008; Gorassini, A., *et al.*, 2008; Doncea, S.M *et al.*, 2010], s-a intenționat analizarea a trei documente vechi de la Muzeul „Poni - Cernătescu” care au fost descoperite într-o carte din colecția profesorului Petru Poni (1841-1925) având o vechime de 150-200 ani. Documentele sunt inedite prin conținut și au o relevanță deosebită pentru învățământul românesc în domeniul chimiei. Ele reprezintă tezele la chimie și fizică ale unor elevi ai savantului Petru Poni [Florescu, O. *et al.*, 2021].

Prin acest studiu s-a urmărit determinarea naturii materialelor (componentelor organice și anorganice adăugate în timpul manufacturării suportului papetar, respectiv al celor de punere în operă), determinarea stării de conservare, identificarea unor caracteristici arheometrice și chemometrice în vederea stabilirii evoluției, în timp, a structurii suportului papetar.

Probele au fost denumite astfel: primul document, notat S1, reprezintă un test la chimie al elevului M. Loebell și are următoarele dimensiuni: lungimea de 20 cm și lățimea de 16,9 cm (Fig. 3.1). Al doilea, notat S2, reprezintă un test la fizică al elevului Gherman, este datat ianuarie 1872, cu dimensiunile: lungimea de 34,2 cm și lățimea de 21 cm (Fig. 3.2), iar al treilea, notat S3, testul la fizică a lui V. Istrati, cu lungimea de 33,7 cm și lățimea de 21,1 cm (Fig. 3.3).

La documentul S1 s-au realizat trei indexări pentru zonele luate în analiză: L1 pentru cerneală, L2 pentru suportul papetar și L3 pentru zona degradată.

La cel de-al doilea document S2 au fost marcate trei indexări pentru zonele luate în analiză: G1 pentru suportul papetar, G2 pentru cerneală și G3 pentru zona degradată.

La cel de al treilea document S3 s-au luat în studiu și s-au notat patru indexări pentru zonele luate în analiză: I1 pentru suportul papetar, I2 pentru primul tip de cerneală, I3 pentru zona degradată și I4 pentru cel de al doilea tip de cerneală.

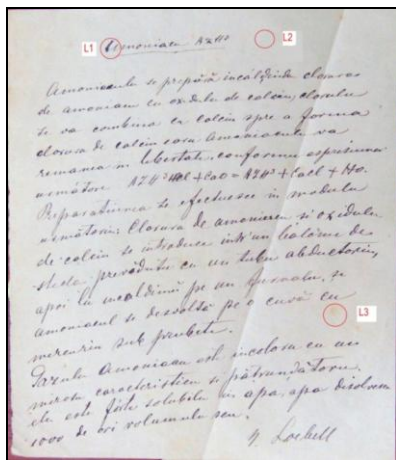


Fig. 3.1. Testul la chimie al elevului Loebell - S1 - și zonele analizate (L1, L2 și L3 - s-a ales litera L de la inițiala numelui Loebell)

3.1. Metode de analiză

Investigația științifică a documentelor vechi din patrimoniul muzeelor și colecțiilor cuprinde metode și tehnici de analiză dintre care enumerăm următoarele: microscopia optică (MO), microscopia electronică de baleiaj în combinație cu difracția de raze X (SEM-EDX), spectroscopia în infraroșu (micro-FTIR și DRIFTS), spectroscopia Raman. Aceste metode au rolul de a stabili compoziția chimică a materialelor din care sunt alcătuite suporturile papetare ale celor trei documente luate în studiu precum și a cernelurilor cu care sunt scrise, de a determina starea de conservare a artefactelor, iar folosirea lor ne oferă cele mai multe informații despre materialele analizate cum ar fi textura, structura internă și externă, compoziția elementală structura moleculară [Kłos, A., 2014].

Microscopia optică a fost utilizată pentru *analiza texturii suportului celulozic* al celor trei probe luate în studiu, obținând informații despre culoarea, porozitatea, rugozitatea, granulația și morfologia componentelor microstructurale, până la nivel apropiat celui coloidal.

Utilizarea microscopiei electronice de baleiaj combinată cu difracția de raze X oferă imagini mărite, tridimensionale care oferă detalii despre textură, topografia suprafețelor, morfologia fibrelor de celuloză din structura hârtiei precum și identificarea elementelor chimice ale substanțelor din componența suportului papetar sau al cernelurilor [Sandu, I., 1998; Genestar și Pons, 2005].

Metodele spectroscopice au fost realizate *in situ*, fără prelevare de probe. Analiza FT-IR oferă date despre legăturile chimice și structura moleculară. Spectroscopia Raman oferă informații despre structura chimică, fază și polimorfie, cristalinitate și interacțiunile moleculare.

Analiza Componentelor Principale (PCA) a fost folosită pentru spectrele FT-IR cu scopul de a determina amploarea degradării documentelor prin coroborarea tuturor datelor obținute.

3.2. Rezultate și discuții

3.2.1. Analiza vizuală cu ajutorul lupei

În funcție de modul de distribuție a fibrelor s-a observat că hârtia este de tip industrial. În ceea ce privește scrierea, au fost evidențiate deteriorările și degradările suferite de cerneluri. Deteriorările sunt surprinse în figura 3.4 a și b. Gradul de penetrare al hârtiei a pus în evidență faptul că cerneala este de tip fero-galic [Ferrer și Sistach, 2005]. Anionul sulfat format a migrat în zonele apropiate (în vecinătatea scrisului, pe versoul paginii și pe filele următoare), transferând o scriere inversă, de culoare maro [Giorgi *et al.*, 2011]. Efectul acestei grupări este de depolimerizare a celulozei care induce automat scăderea rezistenței mecanice, fragilizarea suportului, modificări cromatice în structură, ș.a.

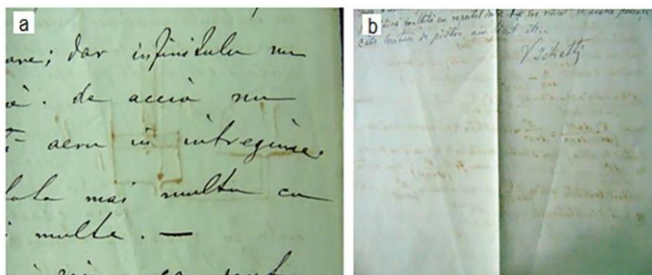


Fig. 3.4. Migrarea anionului sulfat cu hidroliză acidă pe verso-ul paginii documentului S3 (a) și S2 (b)

3.2.2. Analiza cu ajutorul microscopului optic

Cu ajutorul microscopiei optice, în lumină albă și fond întunecat, au fost analizate direct o serie de zone reprezentative obținându-se microfotografii care au oferit informații cu privire la morfologia suportului papetar (textura, culoarea, porozitatea), cât și cea a componentelor microstructurale (Fig. 3.5).

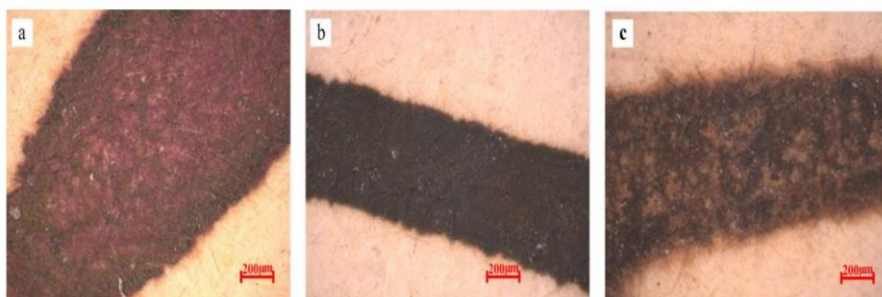


Fig. 3.5. Imagini MO ale documentelor scrise: a - S1; b - S2; c - S3

3.2.3. Analiza cu ajutorul microscopiei electronice de baleiaj cuplat cu difracția de raze X (SEM-EDX)

Folosind **microscopia SEM** s-au obținut imagini microtopografice ale materialului analizat, iar prin EDX, analiza chimică elementală (*identificarea elementelor chimice*) [Sandu, I., 1998; Donnelly *et al.* 2010].

Din microfotografiile SEM se observă filamentele specifice fibrelor de celuloză (Fig. 3.6 a, b și c). Ele formează o rețea tridimensională care conferă flexibilitate hârtiei din care este confecționat documentul

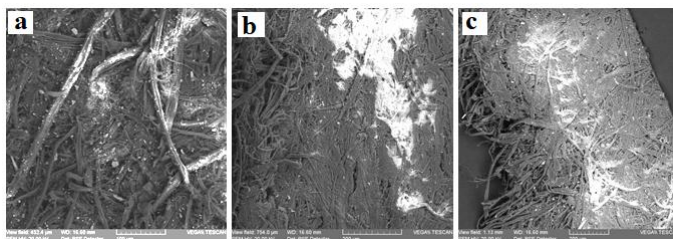


Fig. 3.6. Microfotografiile SEM ale documentelor analizate:
a - S1 (500xBSE), b - S2 (300xBSE), c - S3 (200xBSE)

Microscopul optic, fiind dotat și cu un dispozitiv de raze X (cu electroni retrodifuzați) permite obținerea unui spectru EDX în baza căruia se evaluează compoziția elementală a celor trei documente, care sunt prezentate în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1. Compoziția elementală, în procente gravimetrice, a celor trei documente luate în lucru.

Proba	Compoziția elementală în procente gravimetrice									
	C	Si	Al	S	Ca	Cl	P	Mg	Na	O
S1	36,50	0,42	0,77	0,67	1,02	-	-	-	-	60,50
S2	29,20	0,79	1,59	0,42	0,33	0,58	0,42	0,93	1,39	64,32
S3	30,92	1,08	1,84	0,38	0,72	0,32	0,27	0,70	1,25	61,50

Din analiza EDX a celor trei documente s-au pus în evidență elementele: C, Si, Al, Ca, S și O caracteristice compoziției chimice a hârtiei (Tabelul 3.1). Aceste elemente corespund materiilor prime folosite pentru fabricarea hârtiei.

Pe baza compoziției elementale se poate stabili o serie de date după cum urmează:

Proba S1 nu conține magneziu, deci nu conține talc (silicat de magneziu hidratat), material de umplere folosit pentru obținerea unei suprafețe a hârtiei mai opacă și netedă [Doncea *et al.*, 2010]. Si și Al explică prezența caolinului (silicat de aluminiu hidratat) (pick-ul FT-IR 1025 cm^{-1}), compus care crește opacitatea și gradul de alb al hârtiei. Proba S1 conține cantitatea cea mai mică de caolin.

Ca agent de înclieiere, este posibil ca să se fi folosit *cleiul de colofoniu saponificat*, deoarece acesta a fost utilizat începând cu anul 1807 până în 1880 [Giorgi *et al.*, 2011]. Acest sistem de înclieiere oferă condiții alcaline. După anul 1876 s-a utilizat sulfatul de aluminiu care ar putea constitui principala sursă de aciditate în hârtie (se obține un $\text{pH} = 3,8 - 4,5$). Sulfatul de aluminiu hidrolizează, iar rezultatul acestui proces de hidroliză este complexul acid hexahidro-aluminiu [Baglioni *et al.*, 2015] și acidul sulfuric care are un puternic caracter distructiv a fibrei de celuloză [Barrow, 1959; Gess, 1996]. Aciditatea apare și în timpul tratamentelor de înălbire a hârtiei, prin apariția produșilor de oxidare din lignină etc.

Alaunul este demonstrat de prezența Al și S. Utilizarea Al în fabricarea hârtiei constituie una dintre cauzele degradării hârtiei. Compușii cu Al au fost folosiți pentru a reduce caracterul hidrofil al hârtiei. În concentrații mai mari de 610 ppm [Maluțan, T. *et al.*, 2002; Stephens, C.H. *et al.*, 2008] hidrolizează și contribuie la acidifierea hârtiei ceea ce provoacă depolimerizarea. Pe de altă parte, Ca și Mg au efecte pozitive asupra stabilității celulozei.

Ca material de umplere s-a utilizat carbonatul de calciu, lucru confirmat de banda caracteristică de absorbție ($1400\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$) a acestuia din analiza FT-IR (Figura 3.7). Carbonatul de calciu stabilizează grupările carboxilice ale celulozei și face posibilă mărirea stabilității la îmbătrânire a hârtiei.

Ca mordant s-a utilizat caolinul ($\text{Al}_4[(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10}]$) explicat prin prezența Al, Si și de pick-ul de la 1029 cm^{-1} . Acest compus a fost utilizat cu scopul de a crește opacitatea și gradul de alb al hârtiei. Proba S1 are cea mai scăzută cantitate de caolin.

Documentele S2 și S3 au fost tratate cu hidroxid de calciu și sodă caustică (NaOH) fenomen concretizat prin prezența Ca și Na.

Pe lângă materialele de umplere și agenții de încheiere, în compoziția hârtiei se găsesc și aditivii introduși pentru a îmbunătăți caracteristicile suportului celulozic al documentelor. În cazul nostru s-a utilizat amidonul introdus în procesul de fabricație a hârtiei pentru îmbunătățirea acesteia în stare uscată. Amidonul se poate adăuga în masă sau la suprafață. Cel de suprafață prezintă dezavantajul că poate fi descompus ușor atât pe cale termochimică cât și pe cale enzimatică, fiind ușor de hidrolizat [Pasquarella *et al.*, 2011; I. Sandu, 2007].

Înălbitorii optici sunt pe bază de clor (Cl) și se introduc în vederea eliminării reflectanței galbene a celulozei [Sandu, I.C.A. *et al.*, 2001].

3.2.4. Analiza documentelor prin spectroscopia FT-IR

În studiul de spectroscopie vibrațională s-au pus în evidență degradările de la nivel molecular a componentelor structurale ale celor trei documente datorate proceselor de oxidare și hidroliză a suportului papetar. Această metodă a fost folosită pentru confirmarea prezenței sau lipsei unor substanțe chimice utilizate ca aditivi sau mordanți în procesul de fabricare a hârtiei.

Spectrele FT-IR au fost înregistrate în domeniul $4000 - 600\text{ cm}^{-1}$, cu o rezoluție de 4 cm^{-1} .

Interpretarea spectrelor FT-IR se realizează prin identificarea grupărilor din zona vibrațiilor de valență și confirmarea vârfurilor specifice fiecărei grupări funcționale în regiunea vibrațiilor de deformare. În figura 3.7 sunt comparate spectrele FT-IR pentru suportul papetar al celor trei documente.

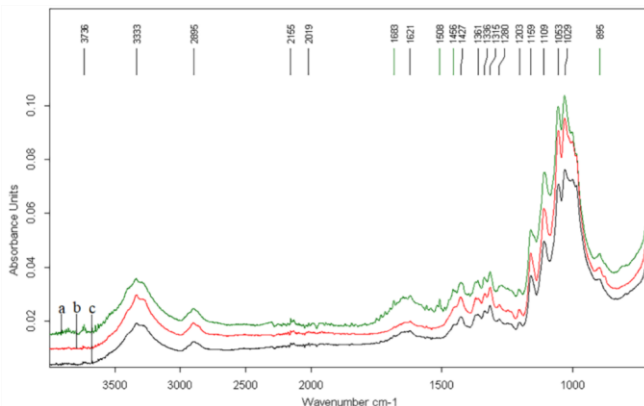


Fig. 3.7. Spectrul FT-IR pentru suportul papetar al celor trei documente: a - S1; b - S2; c - S3

Prin compararea aspectului celor trei spectre observăm că acestea sunt asemănătoare. Diferențe sunt la pick-urile 3736 cm^{-1} , 2360 cm^{-1} , 1621 cm^{-1} , 1500 cm^{-1} , 1428 cm^{-1} .

Vârfurile cu frecvențele de la 1428 cm^{-1} , 1315 cm^{-1} , și cele de la 1335 cm^{-1} și 1370 cm^{-1} sunt foarte sensibile la procesul de degradare a hârtiei [Librando *et al.*, 2011]. Banda de la 1425 cm^{-1} , care se datorează în principal vibrațiilor de îndoire plane ale grupurilor H-C-H și O-H-C, crește în intensitate odată cu îmbătrânirea accelerată a celulozei, în timp ce banda de la 1316 cm^{-1} scade în intensitate din cauza vibrațiilor de îndoire C-O-H și H-C-C [Librando *et al.*, 2011]. În cazul nostru se observă că intensitatea benzii de la 1316 cm^{-1} este mai ridicată decât cea de la 1425 cm^{-1} , dovadă că celuloza nu se degradează în ritm accelerat.

Pentru cele trei documente studiate au fost calculate următoarele elemente: **indicele de cristalinitate** (I_c), **indicele de ordonare laterală** (G_{OL}) și **intensitatea legăturilor de hidrogen** (I_{legH}) cu scopul de a realiza o evaluare a caracteristicilor suporturilor papetare ale documentelor analizate având în vedere faptul că durabilitatea fibrelor de celuloză depinde de valorile acestor indici.

Dintre aceste caracteristici indicele de cristalinitate a celulozei din probele analizate se poate determina prin calcularea raportului dintre absorbanțele corespunzătoare benzilor caracteristice domeniilor cristaline și amorfie ale celulozei (1372 cm^{-1} (banda C-H), 1429 cm^{-1} și 893 cm^{-1} , 2900 cm^{-1}). Astfel, raportul dintre absorbanta benzii de la 1372 cm^{-1} și absorbanta benzii de la 2900 cm^{-1} corespunde indicelui de cristalinitate, iar raportul dintre absorbanta benzii de la 1429 cm^{-1} și cea de la 893 cm^{-1} , poate fi atribuită tăriei legăturilor de hidrogen [Baccaro *et al.*, 2010; Poletto *et al.*, 2014].

Rezistența mecanică a fibrelor de celuloză este dată de indicele de cristalinitate [Popa *et al.*, 2001; Maluțan și Popa, 2008]. Durabilitatea fibrelor de celuloză din hârtie depinde de indicele de cristalinitate, de cel de ordonare laterală, de intensitatea legăturilor de hidrogen (I_{legH}) [Fengel, 1992].

Indicele de cristalinitate a celulozei, în spectrele IR, se calculează după relația [Maluțan *et al.*, 2002]:

$$\chi = A_{1372} / A_{2900},$$

unde: χ indicele de cristalinitate a celulozei, %, iar A_{1372} și A_{2900} sunt absorbanțele caracteristice benzilor de la 1372 cm^{-1} și 2900 cm^{-1} .

În tabelul 3.2 sunt prezentate valorile indicelui de cristalinitate, a gradului de ordonare laterală, a intensității legăturilor de hidrogen, precum și a energiei legăturilor acestora.

Valorile mai mari ale indicilor sunt corelate cu prezența în cantitate mai mare a celulozei de tip I. Datele obținute pot fi corelate cu unele procese de degradare: în condițiile microclimatului, evoluția parametrilor IR evidențiază oxidarea regiunilor amorf.

Tabelul 3.2. Indici de cristalinitate, gradul de ordonare laterală, intensitatea legăturilor de hidrogen, energia legăturilor de hidrogen calculați pentru spectrele IR

Document	Indicele de cristalinitate (I_c)	Gradul de ordonare laterală (G_{OL})	Intensitatea legăturilor de hidrogen (I_{legH})
S1	$A_{1363}/A_{2905}=1,82$	$A_{1424}/A_{896}=0,67$	$A_{3337}/A_{1315}=0,95$
S2	$A_{1370}/A_{2904}=1,53$	$A_{1429}/A_{896}=0,34$	$A_{3334}/A_{1316}=1,03$
S3	$A_{1363}/A_{2899}=1,66$	$A_{1429}/A_{893}=0,55$	$A_{3335}/A_{1317}=1$

(I_c – raport de cristalinitate $A_{1372 \text{ cm}^{-1}}/A_{2900 \text{ cm}^{-1}}$; G_{OL} – grad de ordonare laterală $A_{1430 \text{ cm}^{-1}}/A_{893 \text{ cm}^{-1}}$; I_{legH} – intensitatea legăturilor de hidrogen $A_{3400 \text{ cm}^{-1}}/A_{1320 \text{ cm}^{-1}}$)

Comparând cele trei spectre ale cernelurilor (Fig. 3.8) cu cele trei spectre ale suportului papetar s-a observat că primele se aseamănă cu cele din urmă, dar sunt ușor aplatizate și deplasate. În plus, pick-urile de la 1582 cm^{-1} de la documentul S1, 853 cm^{-1} de la documentul S2 și 786 cm^{-1} , 756 cm^{-1} și 733 cm^{-1} de la S3 sunt atribuite cernelii ferogalice.

3.2.5. Analiza documentelor prin spectroscopia Raman

Spectrele FT-Raman și FT-IR ale materialelor naturale organice prezintă benzi vibraționale în două regiuni importante: regiunea dintre 2600 cm^{-1} și 3500 cm^{-1} , unde sunt prezente benzile care se referă la vibrațiile de elongație a legăturilor CH, și regiunea dintre 200 cm^{-1} și 1800 cm^{-1} , unde sunt prezente benzile de vibrație specifice fiecărui material: legături C-H, C=O, C-O etc. [Castro *et al.*, 2007].

Celuloza are următoarele benzi specifice: 2897, 1378, 1183, 434 [Udriștioiu *et al.*, 2012] care sunt evidențiate în spectrele Raman, acest fapt demonstrând prezența celulozei în probele analizate.

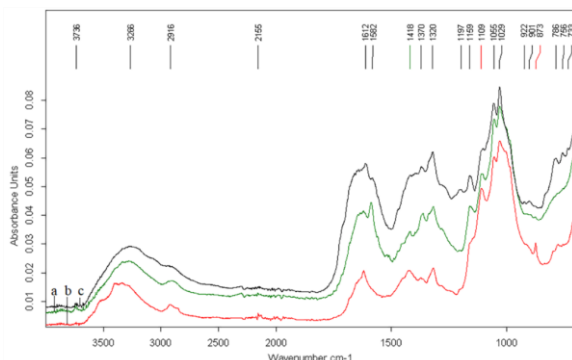


Fig. 3.8. Spectrul FT-IR pentru cerneala celor trei documente:
a - S1; b - S2; c - S3 (original)

În figura 3.9 se prezintă spectrul Raman pentru suportul papetar al celor trei documente. Se observă că benzile de absorbție Raman din intervalul $1350\text{--}1380\text{ cm}^{-1}$ sunt specifice carbonului amorf (negru de fum). Banda de la 1474 cm^{-1} este specifică cernelii ferogalice [Chiriu *et al.*, 2017]. Constatăm că cerneala folosită în scriere este ferogalică, cu un adaos de carbon amorf (negru de fum). Alte pick-uri reprezentative pentru cerneala ferogalică, prezente în spectru sunt: 1095 cm^{-1} (semnal slab), 518 cm^{-1} , 418 cm^{-1} (semnal mediu). Semnalele de la 1095 cm^{-1} și 1470 cm^{-1} corespund și documentului S1, demonstrând prezența cernelii ferogalice. Lipsa pick-ului de la 1600 cm^{-1} arată că suportul papetar nu conține lignină.

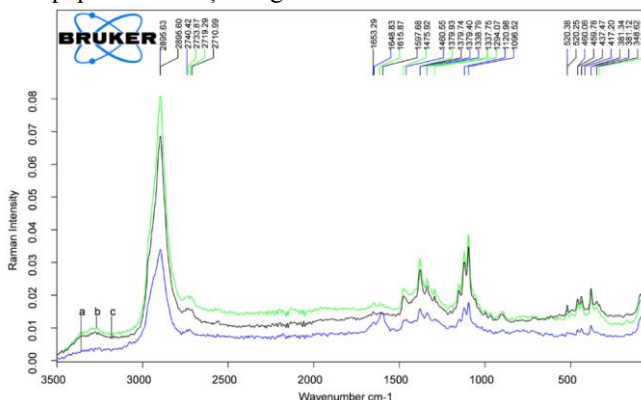


Fig. 3.9. Spectrul FT-Raman pentru suportul papetar al celor trei documente:
a - S1; b - S2; c - S3 (original)

Documentele S1 și S3 (Fig. 3.10) au în componența suportului papetar un conținut de lignină, fapt dovedit de prezența pick-urilor de la 1600 cm^{-1} și 900 cm^{-1} [Chiriu *et al.*, 2017]. În figura 3.10 se prezintă spectrul Raman pentru cerneala celor

trei documente. Cerneala din documentul S3 este ferogalică conform picului cu semnal slab de la 1094 cm^{-1} .

Benzile de absorbție înregistrate la 1478 cm^{-1} și 1378 cm^{-1} corespund vibrațiilor de deformare ale radicalilor C-O și C-H.

Benzile de absorbție înregistrate la 1338 cm^{-1} și 1124 cm^{-1} corespund vibrațiilor cu participarea legăturii eterice (C-O-C) în compusul analizat [Zieba *et al.*, 2017].

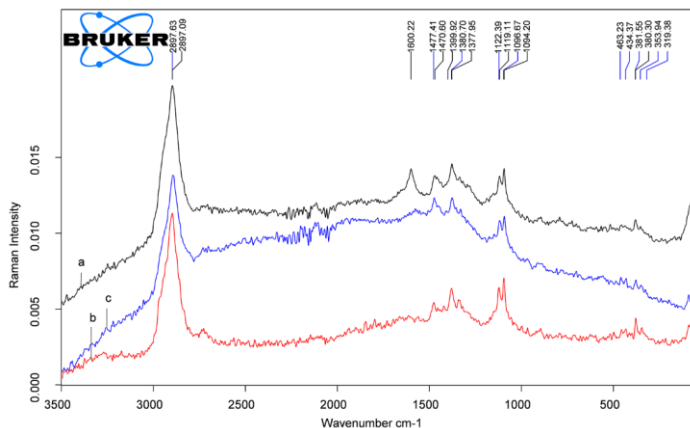


Fig. 3.10. Spectrul FT-Raman pentru cerneala celor trei documente:
a - S1; b - S2; c - S3 (original)

Pentru cele trei probe, lipsa benzilor de la 2944 cm^{-1} și de la 2969 cm^{-1} (prezente la hârtia hidratată) și prezența benzii de la 2890 cm^{-1} indică faptul că hârtia suportului papetar este deshidratată [Agarwal, 2014].

Pentru documentul S1, pick-ul de la 1600 cm^{-1} (semnal foarte puternic precum și cel de la 1290 cm^{-1} demonstrează prezența ligninei [Librando *et al.*, 2011; Chiriu *et al.*, 2017, Agarwal, 2014]. Odată cu introducerea lemnului în fabricarea hârtiei, la începutul secolului al XIX-lea, a fost introdusă și o cantitate mai mare de lignină. Documentul S2 prezintă lignină conform pick-ului de la 1294 cm^{-1} (semnal mediu) [Chiriu *et al.*, 2017]. Pick-ul de la 1120 cm^{-1} scade o dată cu îmbătrânirea suportului papetar [Zieba-Palus *et al.*, 2017] indicând faptul că documentele sunt degradate.

Pick-ul de la 900 cm^{-1} este sensibil la cantitatea de celuloză cristalină față de cea amorfă [Chiriu *et al.*, 2017].

Pick-ul de la 380 cm^{-1} este caracteristic pentru celuloza amorfă cu care se poate determina cristalinitatea celulozei folosind formula:

$$Cr_{\text{Raman}} = [(I_{380}/I_{1096}) - 0.0286]/0.0065 \text{ [Agarwal, 2014]}.$$

În tabelul 3.3 se prezintă indicii de cristalinitate ale suportului papetar celulozic al celor trei documente luate în analiză.

Tabel 3.3. Indici de cristalinitate Raman pentru suportul papetar al celor trei documente analizate

Nr. crt.	Document	Indici de cristalinitate (%)
1	S1	95,83
2	S2	81,12
3	S3	92,52

În urma rezultatelor obținute se constată că probele S1 și S3 au indici de cristalinitate de valori apropiate (92,37, respectiv 92,48) și mai mare decât proba S2, ceea ce înseamnă că gradul de degradare al documentului S2 este mai mare decât a celorlalte două.

3.2.6. Analiza chemometrică PCA a datelor obținute prin spectroscopia FT-IR

De cele mai multe ori este foarte greu să se diferențieze prin analiza spectrală componentele prezente în structura suportului papetar, în pigmentii folosiți la obținerea cernelurilor sau produșii de degradare [Cortea, 2017]. Spectrele FT-IR conțin informații care pot fi puse în evidență prin tehnici statistice, multivariabile. Astfel, se pot sublinia diferențele dintre mai multe spectre asemănătoare, iar analiza chemometrică a datelor spectrale permite extragerea unor date suplimentare care aduc informații noi ce pot fi interpretate [Silva *et al.*, 2018].

Pentru a evalua variabilitatea probelor s-a aplicat analiza PCA (Principal Component Analysis) pe baza spectrelor colectate în urma spectroscopiei FT-IR și prezentată în figura 3.11. Analiza PCA reprezintă primul pas efectuat în analiza datelor cu scopul de a obține un tipar din setul de date. Procedul reduce setul de date fără a pierde informația datelor originale. Componentele principale nou generate, care nu sunt corelate între ele, explică informația din setul original de date [Kumar și Sharma, 2018].

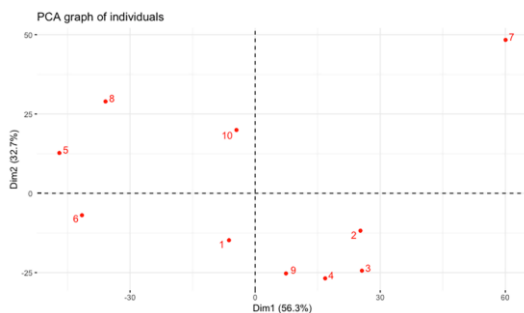


Fig. 3.11. Analiza PCA a observațiilor individuale pentru datele din spectrul FT-IR: 1-G1; 2-G2; 3-G3; 4-I1; 5-L1; 6-L3; 7-I2; 8-L2; 9- I3; 10-I4 (original)

Pentru a determina relațiile existente între probe s-a aplicat o metodă de analiză a clusterelor. Numărul redus de probe ($n = 10$) a determinat utilizarea unei metode non-ierarhice, care se bazează pe mutarea observațiilor dintr-o grupă (cluster) în alta, în cursul analizei. Cea mai utilizată este metoda *k-means*, implementată în R prin pachetul „stats”. Aceasta pornește de la o împărțire aleatoare a observațiilor în k grupe (cluster). La fiecare pas, este calculată o medie a fiecărei grupe, iar elementele sunt mutate în grupa a cărei medie este mai apropiată de acestea, până când fiecare element face parte din grupa cu cea mai apropiată medie (deci cu caracteristici cât mai similare), adică până când niciun element nu mai trebuie mutat [Wilks, 2006; Pomerantsev, A. L., 2014].

Un neajuns al metodei *k-means* precum și a metodelor non-ierarhice, în general, este reprezentat de necesitatea specificării unui număr de cluster de către inițiator. Atunci când numărul de cluster nu este cunoscut dinainte prin criterii obiective, acesta poate fi estimat prin metode euristice care ajută inițiatorul să aleagă punctul în care se realizează un echilibru între gradul de similitudine dintre elemente și gradul de generalizare al clasificării. În acest caz s-au utilizat metoda umărului (*elbow method*), ce se bazează pe determinarea unui punct de inflexiune și metoda siluetei (*silhouette method*), ce presupune determinarea unei valori care exprimă cât de „asemănător” este un element cu grupa (clusterul) de care aparține comparativ cu alte cluster. Ținând cont de rezultatele acestor metode, s-au utilizat patru cluster.

Rezultatele analizei clusterelor sunt afișate în figura 3.12. Se observă că probele din documentul S3 (clusterul 5, 6, 8) au format un cluster separat (clusterul 3), sugerând existența unor caracteristici speciale a hârtiei, ceea ce nu este valabil în cazul documentelor S1 și S2, ce au fost grupate împreună în clusterul 2 și 4. Proba 7 (Istrati cerneală față) a constituit de asemenea un cluster separat.

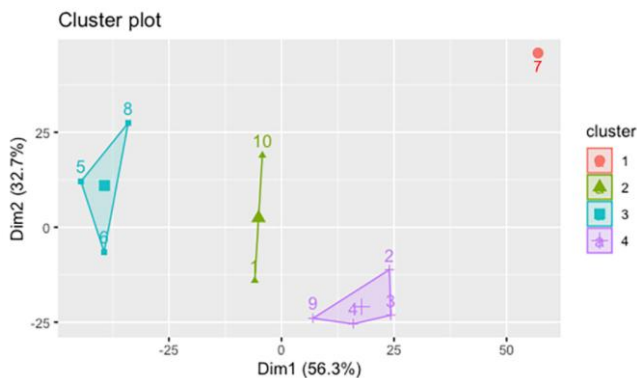


Fig. 3.12. Analiza clusterelor prin metoda k-means ($n=4$) (original)

Capitolul 4. Condiții de microclimat la depozitarea și etalarea muzeală. **Monitorizarea climatului intern ca bază pentru evaluarea riscului de degradare și deteriorare a artefactelor muzeale**

Capitolul 4 are în atenție monitorizarea și analiza parametrilor de microclimat intern și extern necesari conservării optime a artefactelor muzeale, identificarea și analiza riscurilor de degradare și deteriorare a documentelor.

Etalarea muzeală a documentelor are o funcție didactică [Cleja Stoicescu, C., 1983, Stratulat, L., 2014] și se poate realiza prin organizarea de expoziții permanente și temporare folosite ca suport didactic în elaborarea unor ateliere de pedagogie muzeală.

La etalarea muzeală este necesar să se cunoască elementele care alcătuiesc microclimatul (temperatura, umiditatea relativă, punctul de rouă), materialele constitutive ale colecțiilor (organice, anorganice, compozite), procesele de deteriorare (mecanice, chimice, biologice) și elementele de bază ale degradării (căldura și umiditatea).

Principala cauză care stă la baza distrugerii bunurilor de patrimoniu muzeal o reprezintă factorii climatici, care acționează singular sau cumulativ. Dintre aceștia, cei mai activi sunt *temperatura* și *umiditatea* atmosferică [Moldoveanu, A., 1968, Moldoveanu, A., 1970], apoi precipitațiile, vaporii, cețurile, condensul etc., care redau *starea higrometrică* a unui microclimat.

Conservarea preventivă a bunurilor culturale în muzee are un rol foarte important în domeniul conservării științifice integrative [Spiridon, P. și Sandu, I., 2016; Sandu, I.C.A *et al.*, 2016; Spiridon, I. *et al.*, 2017; Lucchi, E., 2018; Florescu, O. *et al.*, 2020] și cumulează un set de acțiuni indirecte asupra mediului din jurul bunului cultural pentru a evita declanșarea oricăror procese de degradare și deteriorare în scopul prelungirii duratei de viață a acestuia [Pavlogeorgatos, G., 2003]. În muzee, climatul intern este considerat a fi alcătuit din orice modificări de temperatură și umiditate a aerului, de iluminatul natural și artificial, de gazele și particulele în suspensie prezente în încăperi [Camufo, D. *et al.*, 2002; Sandu, I., 2008; Varas-Muriel *et al.*, 2014; Fabbri, K., 2022]. Acestea sunt elementele care au un impact major asupra întreținerii optime a bunurilor culturale pe o perioadă mare de timp.

Pentru campania de monitorizare utilizată în scopul studierii climatului istoric, Fabbri [Fabbri, K., 2022] propune o durată de timp de minim 12 luni sau o perioadă mai scurtă dacă monitorizarea este folosită pentru calibrarea simulării clădirilor.

Casa în care a locuit chimistul Petru Poni se află pe lista Monumentelor Istorice din România sub codul IS-II-m-B-03918. Muzeul este deschis vizitatorilor de marți până sâmbătă, între orele 10:00 și 17:00. Colecția muzeului conține obiecte originale ale familiei Poni, precum mobilier, fotografii, picturi, lucrări de artă decorativă și ceasuri.

Clădirea a fost construită inițial în 1839 și a funcționat ca o casă de locuit până în 1991 când a fost schimbată și transformată în muzeu.

4.2. Analiza climatului intern în perioada ianuarie 2020 – martie 2021

Scopul subcapitolului este consacrat unei analize a climatului intern al Muzeului „Poni-Cernătescu”, o evaluare a influenței climatului extern asupra celui intern, o evaluare a riscurilor de degradare aferente colecției, alături de propuneri de intervenții asupra microclimatului în vederea păstrării pe termen lung a colecțiilor muzeale. Problematica cercetării constă în răspunsul la întrebarea care este impactul acumulărilor higrotermale datorate mediului intern și extern asupra parametrilor microclimatului intern și care sunt riscurile de degradare a artefactelor.

Acumulările higrotermale interne din muzee se datorează vizitatorilor, luminii [Ferdyn-Grygierek, J. *et al.*, 2020] și perioadelor de timp în care valorile temperaturii și umidității aerului exterior sunt mai mari decât cele din interior. Pe perioada de timp în care s-au efectuat cercetările noastre, din cauza situației pandemice, un număr destul de mic de vizitatori au trecut prin expoziția permanentă a muzeului astfel încât nu s-au putut realiza cercetări în acest sens. De obicei, lumina generată de becurile de tip LED este pusă în funcțiune odată cu sosirea vizitatorilor și întreruptă imediat după plecarea lor.

Pentru a descrie climatul interior al clădirii, temperatura aerului și umiditatea au fost monitorizate la oră pentru o perioadă de un an, începând cu data de 17 ianuarie 2020, ora 13:00. Datele au fost obținute atât în exteriorul, cât și în interiorul clădirii muzeului. Aceste informații au fost utilizate pentru a corecta climatul intern. Datele au fost colectate cu dispozitive certificate care înregistrează temperatura aerului și umiditatea relativă, și anume șase înregistratoare de date HOBO (Fig. 4.35) montate după cum urmează (Fig. 4.1 a și b):

- (1) Patru senzori au fost montați în sălile circuitului expozițional la o înălțime de 1,5 metri deasupra podelei, lângă pereți - unul în sala din nord-est (biblioteca) - S1, unul în sala de nord-vest (camera Radu Cernătescu) - S2, unul în sala din sud-est (sufrageria) - S4 și unul în expoziția de minerale - S3.
- (2) Doi senzori montați pe pereții exteriori ai clădirii, unul la nord - S6 și unul la sud - S5.

Aparatele de înregistrare a temperaturii și umidității aerului au o precizie și o rezoluție foarte bune pentru observațiile de interior. Înregistratorul de date HOBO U23-001A Pro v2 are un interval de funcționare pentru temperatură de -40/ +70 °C cu rezoluție de 12 biți (0,02 °C până la +25 °C), $\pm 0,2$ °C de la 0 la +50 °C precizie și pentru umiditate relativă 0-100% cu 12 biți (0,03 %), $\pm 2,5\%$ și precizie de la 10 la 90%.

Toate evenimentele legate de fluctuația internă a climei (deschiderea ferestrelor pentru aerisirea muzeului, intrarea vizitatorilor, utilizarea aerului condiționat, încălzirea încăperilor etc.) au fost înregistrate zilnic. Măsurătorile externe au fost comparate cu date meteorologice înregistrate la Universitatea „Alexandru Ioan

Cuza” din Iași, situată la o distanță de aproape 500 m într-o zonă verde similară cu cea din jurul Muzeului „Poni-Cernătescu”.



Fig. 4.1. Localizarea senzorilor la nivelul superior (S1, S2, S4, S5, S6) și la nivelul inferior (S3)

Având în vedere faptul că bunurile culturale expuse sunt realizate din diverse materiale organice și anorganice [Sandu, I., 2008], estimarea riscului de degradare se poate face pe baza cunoașterii mecanismelor de deteriorare biologică, chimică și mecanică. În primul rând, trebuie evitată dezvoltarea mucegaiului, deoarece se obține un spațiu inadecvat pentru conservarea bunurilor culturale. Cauzele apariției mucegaiului sunt legate de condițiile specifice privind temperatura aerului și umiditatea relativă [Ni, Z.J. *et al.*, 2022]. Temperaturile recomandate în scopul de a evita mucegaiul sunt de până la 15 °C, dar acestea trebuie să fie controlate. Fluctuațiile sunt admise într-un interval foarte scăzut (în timpul lunilor) și nu între extreme ($\pm 5\%$ RH, ± 2 K) [Ferdyn-Grygierek, J. *et al.*, 2020].

Pentru a evalua riscul de degradare a obiectelor de patrimoniu, s-au clasificat elementele meteorologice (temperatură și umiditate relativă), folosind metodologia lui Martens [Martens, M.H.J., 2012] care evaluează riscurile biologice, mecanice și chimice de degradare a colecțiilor conform normelor ASHRAE [ASHRAE Standard, 2003]. Acestea se referă la intervalele optime pentru conservarea obiectelor de patrimoniu aplicate în Muzeul „Poni-Cernătescu”.

S-au utilizat grafice de evaluare a climei obținute cu instrumente de analiză pentru a dezvolta o interpretare simplificată a datelor privind temperatura și umiditatea.

Conform normelor ASHRAE, există mai multe clase de muzee, pornind de la clasa D care previne umezeala și până la clasa A care este asociată cu lipsa riscurilor de degradare mecanică a bunurilor culturale. Clasa B este considerată referință pentru muzee [ASHRAE Standard, 2003; ElAdl, M. *et al.*, 2022].

Datele privind temperatura și umiditatea relativă sunt transformate în măsuri numerice cantitative și calitative ale riscului de degradare a colecțiilor. Aceste valori numerice descriu spațiul în care sunt conservate artefactele culturale și explică tipul de deteriorare a artefactelor culturale. Astfel, ne referim la indicele de conservare (PI) și

indicele de conservare ponderat în timp (TWPI) pentru a evalua riscul de degradare chimică pentru materialele organice, conținutul de umiditate de echilibru (EMC) și schimbarea dimensională (DC) pentru a evalua riscul de degradare fizică/mecanică, factorul de risc pentru apariția mucegaiului (MRF) pentru a evalua riscul de degradare biologică pentru toate tipurile de materiale [Nishimura, D.W., 2011]. Valorile PI sunt calculate în ani, adică valorile speranței de viață la condițiile de depozitare existente. TWPI este o valoare medie pentru valorile PI obținute în perioade egale de timp. MRF măsoară riscul de creștere a speciilor de mucegai pe obiecte. Valorile mai mici pentru MRF sunt cele mai bune. EMC se măsoară ca procent.

Pe baza datelor privind temperatura și umiditatea relativă, s-a utilizat Dew Point Calculator [Dew Point Calculator] pentru a obține unele valori numerice precum PI, EMC și MRF cu care a fost analizat microclimatul interior. Aceste măsurători vor fi utilizate pentru a compara condițiile de mediu din spațiile muzeale în perioada analizată, apoi pentru a compara condițiile de mediu din muzeu cu cele din anul următor.

4.1. Rezultate și discuții

4.1.1. Caracteristici termo-higrometrice externe ale Muzeului „Poni-Cernătescu”

Conform clasificării climatice Köppen (Cf), orașul Iași este situat într-un climat temperat cald, cu o distribuție anuală uniformă a precipitațiilor. Acest climat poate fi, de asemenea, încadrat într-un climat temperat continental cu un sezon cald de lungă durată, conform cu clasificarea climatică Trewartha (Dc). Se observă că temperatura medie a aerului crește de la 9,7°C, în perioada 1961-2010, la 10,9°C și 11,2°C, pentru perioada decembrie 2012-noiembrie 2019. În ultimii ani au fost realizate studii care arată o creștere a frecvenței intervalelor de disconfort termic reprezentată de valori ridicate simultane ale temperaturii și umidității aerului. În cazul orașului Iași, s-a observat o intensitate a insulei de căldură urbană de aproximativ 1°C, cu un vârf în nopțile de vară, când aceasta atinge 2-3°C [Belda, M. *et al.*, 2014; Alexe, C., 2012; Sfică, L. *et al.*, 2017; Ichim, P. și Sfică, L., 2020; Ichim, P. *et al.*, 2018; Khadim-Abid, A.L., *et al.*, 2018].

Valorile medii ale temperaturii aerului înregistrate pe pereții exteriori ai Muzeului în intervalul analizat sunt cu 0,8°C (peretele de sud), respectiv cu 1,2°C (peretele nordic) mai mare decât temperatura medie înregistrată pentru același interval la stația meteo universitară. În urma măsurătorilor efectuate în afara clădirii, se observă că temperatura înregistrată pe peretele nordic (13,7°C) este cu 0,3°C mai mare decât pe peretele sudic (13,4°C). Valorile mai ridicate ale temperaturii înregistrate pe peretele nordic par atipice, deoarece, teoretic, zonele de expunere sudice ar trebui să fie mai calde.

Asimetria nord-sud este rezultatul mișcărilor locale ale aerului care favorizează încălzirea peretelui nordic. Un rol major în acest sens îl joacă faptul că muzeul este flancat pe latura nordică de o clădire înaltă din sticlă care reflectă lumina infraroșie spre pereții nordici ai muzeului, în special în timpul verii.

Ca urmare a caracteristicilor temperaturii, valorile înregistrate ale umidității relative a aerului sunt mai ridicate pe pereții sudici aproape pe tot parcursul intervalului, cu excepția lunii aprilie, când s-a înregistrat minimul de umiditate relativă. Pe termen lung, evoluția anuală urmează un singur minim pe parcursul lunii aprilie și un maxim în sezonul rece. Dimpotrivă, în perioada analizată se observă două vârfuri cauzate de faptul că lunile mai și iunie 2020 au înregistrat condiții foarte umede, cu cantități mari de precipitații în zona municipiului Iași.

4.1.2. Variații anuale ale temperaturii și umidității relative a aerului pentru climatul intern

Variațiile de temperatură și umiditate a aerului acționează cumulativ asupra bunurilor culturale și, pe termen lung, determină îmbătrânirea lor. Variațiile mari determină tensiuni asupra structurii interne a componentelor artefactelor. Din punct de vedere microclimatic pentru întregul interval analizat, clădirea muzeului se încadrează în intervalele normale de temperatură și umiditate pentru conservarea bunurilor culturale. Astfel, temperatura medie din interiorul clădirii este de 19,8°C și un nivel mediu de umiditate relativă de 52,4% pentru perioada februarie 2020 - ianuarie 2021. În ceea ce privește variațiile microclimatice din interiorul clădirii, ele sunt aproximativ similare cu variațiile termice și de umiditate înregistrate la exterior.

În aceste condiții, înregistratoarele de date situate în încăperile nordice sunt cu 0,3°C mai calde și cu 0,6% mai puțin umede decât senzorul instalat în partea de sud a clădirii. Cea mai importantă caracteristică a distribuției temperaturii aerului în interiorul muzeului este dată de temperatura mai ridicată a aerului în încăperi situate în partea de nord a clădirii. Acesta este un efect al eficienței termice a clădirii care este concepută cu încăperi mai mici pe flancul său nordic, pentru a fi menținute calde în timpul iernii și camere mai mari în flancul sudic care pot beneficia de insolație chiar și în timpul iernii. Astfel, dimensiunea încăperilor reprezintă un element cheie al rezistenței infra-climatice a clădirii.

Conform datelor înregistrate în sălile muzeului, cea mai scăzută temperatură medie lunară a aerului a fost înregistrată în aprilie (14,8°C în camerele nordice și 14,7°C în camera sudică), iar cea mai ridicată temperatură medie lunară a aerului a fost înregistrată în luna august (25,8°C în încăperile nordice și 26,0°C în camera sudică).

Figura 4.2 prezintă variația temperaturii și a umidității aerului obținută de toți senzorii pe o perioadă de un an, prin calcularea valorilor mediane, minime, maxime și a centilelor de 25 și 75 corespunzătoare.

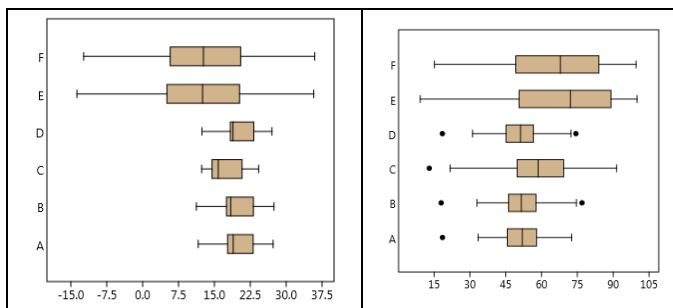


Fig. 4.2. Medianele anuale, valorile minime, valorile maxime, percentile 25/75 pentru temperatura (A) și umiditatea (B) aerului pentru toți senzorii (A-S1; B-S2; C-S3; D-S4; E-S5; F-S6)

Analiza impactului creșterii căldurii și umidității externe a fost efectuată în sezonul cald (martie-octombrie), folosind valorile medii zilnice pentru temperatura și umiditatea aerului. În timpul observațiilor efectuate, temperatura exterioară a variat de la 9,3 la 24,3°C, iar umiditatea exterioară de la 37,8 la 66,8%. Temperatura internă a variat în intervalul 13,7-22,6°C în subsol și 14,6-25,9°C în încăperile superioare, în timp ce umiditatea aerului a variat de la 53,1-81,3% la subsol și de la 47,8-64,4% în restul încăperilor.

În figura 4.3 se prezintă impactul valorilor temperaturii externe asupra microclimatului intern.

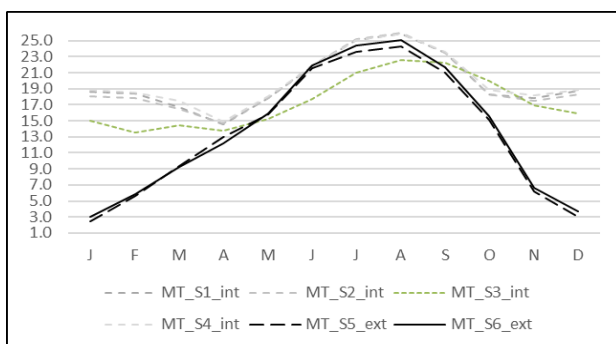


Fig. 4.3. Valorile medii zilnice ale temperaturii pentru perioada monitorizării

În figura 4.4 se prezintă impactului umidității aerului din exterior asupra valorilor interne.

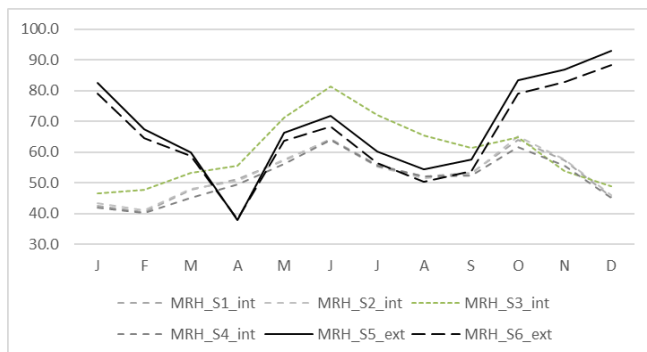


Fig. 4.4. Valorile medii zilnice pentru umiditatea aerului pentru perioada de monitorizare

Pentru a evita problemele fizice ale muzeelor, se recomandă clasa B ASHRAE care utilizează o temperatură interioară cuprinsă între 15°C și 25°C, o umiditate relativă a aerului interior între 40% și 60%, fluctuațiile maxime de temperatură orară și zilnică fiind de 5°C, iar fluctuațiile maxime de umiditate relativă pe oră și zilnică nu trebuie să depășească 10%.

4.3.3. Rezultate ale evaluării riscurilor specifice pentru climatul intern

Martens [Martens, M.H.J., 2012] a elaborat un model specific de evaluare a riscurilor climatice pentru artefactele muzeului. Acest model anticipează riscul de degradare biologică, chimică și mecanică pentru obiectele din hârtie (cărți, documente etc.), picturile pe panouri, mobilierul din lemn și statuile din lemn din care sunt alcătuite colecțiile muzeului. Temperatura și conținutul de umiditate al aerului sunt proprietăți conexe.

Procesele biologice de deteriorare încep atunci când sunt îndeplinite anumite condiții de temperatură și umiditate relativă: temperatura trebuie să fie cuprinsă între 0 și 50 °C, iar umiditatea relativă trebuie să fie mai mare de 70%. O predicție a creșterii mucegaiului pentru sălile din NV, NE, SE și subsol pe baza condițiilor climatice interioare este prezentată în figura 4.5.

Se estimează că germinarea nu va avea loc în sălile din NV, NE și SE, în care nu este de așteptat o creștere a mucegaiului, în timp ce, în subsol, este de așteptat creșterea miceliului. În tabelul 4.1 este prezentată creșterea anuală estimată a mucegaiului pentru fiecare cameră pe baza măsurătorilor climatului interior.

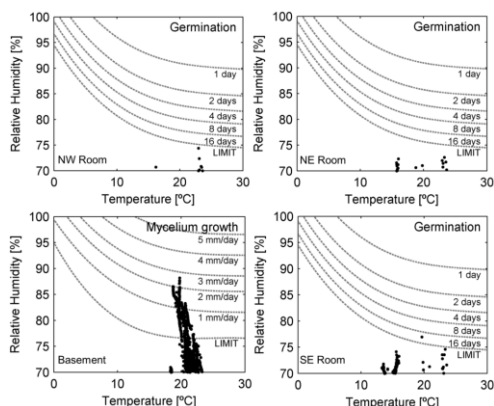


Fig. 4.5. Evaluarea riscului climatic specific de creștere a mucegaiului pentru camera NV, camera NE, camera SE și subsolul, Muzeul „Poni-Cernătescu”, 2020

Problemele majore de conservare apar din cauza schimbărilor chimice care sunt influențate de T ($^{\circ}\text{C}$) și RH (%). Cu cât umiditatea este mai mare, cu atât este disponibilă mai multă apă pentru reacțiile de hidroliză [Bohm, B. *et al.*, 2011; Schieweck, A. și Salthammer, T., 2011; Balocco, C. și Vestrucci, S., 2020; Nishimura, D.W., 2011]. Tabelul 4.1 prezintă procesele de deteriorare care sunt generate de un climat interior incorect.

Tabelul 4.1. Riscuri mecanice și chimice pentru diferite materiale în funcție de climatul interior

Temperatura		Umiditatea relativă	
Set point	Fluctuații	Set point	Fluctuații
Hârtie	chimic	chimic	mechanic
Pictură pe	risc major	risc major	risc mediu
canvas	chimic	chimic	mechanic
	risc mediu	risc mediu	risc major
Textile	chimic	chimic	mechanic
	risc mediu	risc mediu	risc mediu
Mobilier	chimic	chimic	mechanic
din lemn	risc mediu	risc mediu	risc major
Sculpturi	-	chimic	-
din bronz	risc scăzut	risc mediu	risc scăzut

Dintre tipurile de deteriorare mecanică amintim deformarea foilor de hârtie sau a panourilor din lemn, despicarea fațetelor din lemn, delaminarea gelatinei, a negativelor pe plăcilor de sticlă, contracția textilelor etc. Modificările conținutului de umiditate al acestor materiale determină umflarea sau micșorarea lor. â

Indicii de preservare a artefactelor sunt utilizați pentru analiza cantitativă a riscurilor. Interpretarea corectă a indicilor de preservare facilitează procesul

decizional privind stabilirea riscurilor de deteriorare a bunurilor culturale. Indicele de prezervare (PI) estimează anual efectele unor valori constante de temperatură și umiditate relativă asupra deteriorării chimice a artefactelor.

Tabelul 4.2. Punct de rouă (DP), Indice de conservare (PI), numărul de zile până la apariția mucegaiului, Conținut de umiditate în condiții de echilibru (EMC) calculate pentru sala din NV și subsol

T (°C)	RH (%)	DP (°C)	PI	Numărul de zile până la apariția mucegaiului	EMC (%)	T (°C)	RH (%)	DP (°C)	PI	Numărul de zile până la apariția mucegaiului	EMC(%)	
Sala din NV						Subsol						
F	19	41	5	63	fără risc	7.9	14	48	3	99	fără risc	9.1
M	17	48	6	67	fără risc	9	15	53	5	76	fără risc	9.9
A	15	51	5	80	fără risc	9.50	14	55	5	81	fără risc	10.2
M	17	58	8	51	fără risc	10.70	15	71	9	46	fără risc	13.5
I	22	64	15	24	fără risc	11.70	18	81	15	25	12	16.5
I	25	56	16	21	fără risc	10.10	21	72	16	22	86	13.6
A	26	52	15	20	fără risc	9.40	23	66	16	20	fără risc	12.1
S	24	53	13	25	fără risc	9.60	22	62	14	25	fără risc	11.3
O	18	64	11	39	fără risc	11.90	20	65	13	29	fără risc	12
N	18	57	9	47	fără risc	10.50	17	54	8	57	fără risc	10
D	19	45	7	57	fără risc	8.50	15	49	5	85	fără risc	9.2
J	19	52	9	47	fără risc	9.60	15	46	4	92	fără risc	8.7

Punctul de rouă (DP) este temperatura la care aerul trebuie răcit pentru ca vaporii de apă din el să se condenseze formând roua. Cunoașterea punctului de rouă poate ajuta la realizarea prezervării colecțiilor. Conținutul de umiditate la echilibru (EMC) al unui material higroscopic sau organic reprezintă conținutul de umiditate la care materialul nu câștigă și nici nu pierde umiditatea. Tabelul 4.2 prezintă trei indici calculați pentru temperatura medie lunară și pentru umiditatea medie lunară în sala din NV și subsol.

În tabelul 4.2 observăm că în lunile de vară valorile indicilor de conservare sunt cele mai mici, astfel încât nu sunt îndeplinite condițiile favorabile pentru depozitarea artefactelor. Sharifa *et al.* a calculat valorile PI pentru o perioadă de 18 luni pentru muzeul Bonyad Museum, a concluzionat că aceste valori cresc în sezoanele reci, așa cum reiese din tabelul 4.2. Reducerea temperaturii în sezonul cald și reducerea umidității relative în sezonul rece vor crește valorile PI, după cum a concluzionat [Bienvenido-Huertas *et al.*, 2021]. Autorii au constatat, de asemenea, că valorile PI au fost foarte scăzute în clădirile istorice, cu un climat interior deficitar.

Capitolul 5. Conservarea participativ-integrativă a artefactelor muzeale.

Aspecte teoretice și practice

Capitolul 5 abordează metode de teaurizare a bunurilor culturale prin obținerea și interpretarea unor noi informații despre acestea și are în vedere identificarea și cercetarea unor metode și instrumente de implicare voluntară și activă a publicului în activitățile specifice muzeului ca, de exemplu, preservarea, restaurarea, etalarea și valorizarea bunurilor de patrimoniu cultural. La final sunt coroborate tipurile de conservare participativă prin studii de caz.

Colecțiile muzeale sunt utilizate de către muzeografi și educatori muzeali în scopul realizării programelor educaționale care se bazează pe interpretarea senzorială (percepția vizuală, auditivă, tactilă, olfactivă) a obiectelor originale. Această interpretare este complementară procesului rațional de învățare cu ajutorul cuvintelor și prin verbalizare. Muzeele au dezvoltat colaborări cu instituțiile școlare care au devenit parteneri nelipsiți în activitatea de educare a publicului.

Conceptul modern de conservare integrată are o istorie lungă și a început să fie conturat în 1964 cu Carta de la Veneția și apoi a continuat să fie definit în timp printr-o serie de documente și evenimente internaționale [Spiridon și Sandu, 2015]. Legând acest concept cu definiția actuală a muzeului adoptată de ICOM, care spune că un muzeu este o entitate care a evoluat în conformitate cu nevoile actuale ale societății, respectiv a cetățenilor săi, ajungem la conceptul de conservare participativă a artefactelor muzeale. În acest fel, muzeele ajung la o nouă etapă în evoluția lor, devenind mai deschise publicului ca niciodată și făcând dialogul intercultural accesibil tuturor celor interesați [Spiridon și Sandu, 2016; Sandu, I. și Sandu, I.C.A., 2013; Sandu, I.C.A și Sandu, I., 2013].

Au fost identificate patru tipuri diferite de participare a publicului: prin *contribuție, colaborare, co-creare, găzduire* [Spiridon et al., 2014; Simon, 2012; Torch, 2010]. În unele dintre aceste cazuri, rolul muzeului este mai mare, în timp ce în alte cazuri rolul muzeului scade și lasă un control mai mare în rândul publicului [Simon, 2012; Torch, 2010; Worthing, 2008; Shelley, 2019; Perresut et al., 2013; Omar et al, 2014; Lettelier, 2007].

Capitolul prezintă o modalitate de aplicare a conceptului de conservare integrativ-participativă în cadrul Muzeului „Poni-Cernătescu”.

5.1. Studiu de caz

Acest subcapitol are ca obiectiv analiza participării comunității la gestionarea patrimoniului, a proceselor participative cu rol important în conservare, printr-un studiu de caz.

Convenția Patrimoniului Mondial atestată oficial de UNESCO în 1972 a recunoscut patrimoniul cultural ca fiind „o funcție în viața comunității” iar protecția Patrimoniului Mondial „este datoria comunității internaționale de a coopera” [UNESCO, 1972]. De aici rezultă că orice comunitate este considerată a fi un

important factor de decizie pentru muzeele sale. Prin participarea publicului la procesul de management al patrimoniului cultural, se recunosc consecințele sale sociale și se subliniază asocierea oamenilor cu patrimoniul cultural, atribuindu-i un sens identitar [Puy You, 2016]. Legătura dintre comunitate și muzee se poate consolida prin programe de voluntariat, prin implicarea în rezolvarea unor probleme de management sau prin conservarea patrimoniului.

Studiul reprezintă încercarea de a răspunde la următoare întrebare: „Care este rolul Muzeului „Poni-Cernătescu” privind **participarea publicului în sistemele cultural-patrimoniale locale (muzee)**, colectarea de informații despre comunicarea muzeului cu publicul, atragerea și menținerea vizitatorilor și voluntarilor, rolul și programele oferite publicului?”.

Chestionarul a fost aplicat, în perioada ianuarie-mai 2022 față în față, unui număr de o sută patruzeci și cinci de persoane, tineri vizitatori ai Muzeului „Poni-Cernătescu”, descrise de douăsprezece variabile (*Motiv vizitare, Atragerea publicului prin programe culturale, Tipuri de programe, Modalități de atragere, Activități, Fidelizare public, Oportunități voluntari, Număr de voluntari necesari, Atragere voluntari, Dorință voluntar, Rol muzeu, Beneficii vizită*). Scopul studiului a fost stabilirea unei conexiuni între motivația muzeului de a căuta voluntari și motivele pentru care tinerii acceptă să fie voluntari la muzeu.

Chestionarul constă în paisprezece întrebări care au colectat informații despre programele culturale pe care ar trebui să le dezvolte muzeul, despre atragerea și păstrarea audienței, despre dorința și rațiunea de a fi sau nu voluntar la muzeu, despre rolul muzeelor.

5.2. Analiza multivariabilă a datelor obținute prin aplicarea chestionarului

Analiza multivariabilă este o metodă de extragere a informației relevante dintr-o serie de date complexe. Analiza multivariabilă a datelor permite investigarea relațiilor dintre variabile. În cazul chestionarului propus, s-a ales ca cele douăsprezece întrebări să fie folosite ca variabile și s-a propus analiza relațiilor care au loc între aceste date. În acest scop, s-a întreprins utilizarea metodei PCA (Principal Component Analysis) pentru interpretarea datelor. În figura 5.2 se observă că matricea de covarianță definește atât răspândirea (varianța), cât și orientarea (covarianța) datelor (punctele roșii). Acestei matrice i se pot atribui alte două elemente: un vector reprezentativ (liniile albastre) și un număr care indică magnitudinea acestuia. Vectorul va indica direcția răspândirii mai mari a datelor, numărul va fi egal cu răspândirea (varianța) acelei direcții. Aceste două elemente sunt, respectiv, un vector (Eigenvector) și o valoare (Eigenvalue). Din figura 5.2 reiese că variabila „dorință voluntar” este corelată pozitiv cu variabila „număr voluntari necesari”, variabila „oportunități voluntari” este corelată pozitiv cu variabilele „atrageri voluntari” și „fidelizare public”.

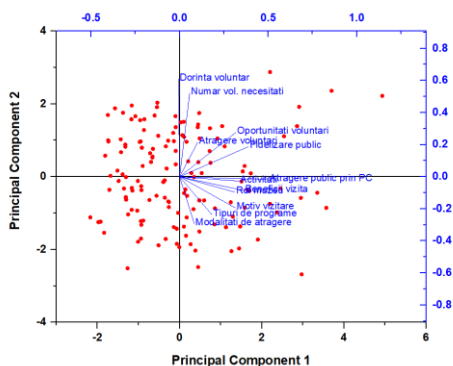


Fig. 5.2. CP1 versus CP2

În figura 5.3 observăm tipurile de corelații dintre variabile dispuse sub forma unui arbore cu ramificații (Ascendant Hierarchical Clustering - AHC).

Majoritatea respondenților care au ales varianta „da” la întrebările privind dorința de a fi voluntar la muzeu și dacă numărul de voluntari provine din necesități reale formează un cluster separat de celelalte variabile.

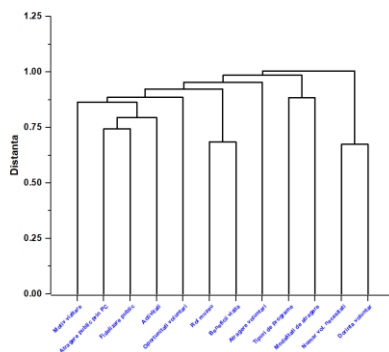


Fig. 5.3. Reprezentarea indivizilor în funcție de clusterelor (corelații) cărora le aparțin

Majoritatea respondenților fiind în grupa de vârstă 15-19 ani, au ales varianta „programe pentru tineri” ca răspuns la întrebarea „Ce tipuri de programe culturale ar trebui să dezvolte un muzeu?” și, de asemenea, au ales variante de atragere a publicului la muzeu prin tehnologii informatice (site-uri web, social-media), variabilele „tipuri de programe” și „modalități de atragere” formând un cluster distinct.

Clusterul format de variabilele „rol muzeu” și „beneficii vizită” relevă faptul că majoritatea respondenților care au ales rolul educativ al muzeului au ales și varianta „dobândirea/fixarea unor informații” ca beneficiu al vizitei la muzeu, coroborând faptul că cele două variabile se corelează direct proporțional.

Majoritatea respondenților care au ales varianta „da” la întrebările privind importanța atragerii publicului la muzeu prin programe culturale și dacă este important ca muzeul să aibă un public fidel formează un cluster separat. Aceste variabile formează un cluster mai amplu împreună variabilele „motiv vizitare” și „activități” asociind programele culturale cu „îmbunătățirea informațiilor”, ca motiv de vizitare a muzeului și „organizarea de expoziții” ca variantă a activităților de creștere a numărului de vizitatori. Acest grup al programelor culturale formează un nou cluster cu variabila „dacă este oportun ca muzeul să lucreze cu voluntari”.

Cele două grupe descrise anterior formează un nou cluster împreună cu variabila „importanței atragerii voluntarilor la muzeu”, la care respondenții au ales variantele „atrageri de vizitatori din rândul prietenilor” și „câștigă experiență” subliniind importanța atragerii voluntarilor la muzeu.

CONCLUZII GENERALE

Teza de doctorat intitulată „**Aspecte privind valorizarea artefactelor muzeale**” a fost structurată în două părți: *partea teoretică și partea practică (experimentală)*.

Partea teoretică este reprezentată de Capitolul 1 (**Analiza și sinteza bibliografică ale stadiului actual al cunoașterii privind rolul și funcțiile muzeelor, tipologia bunurilor culturale muzeale, conservarea științifică integrativă și valorizarea lor**) care tratează stadiul actual al cunoașterii valorizării artefactelor muzeale, tipurile de muzee, rolul și funcțiile muzeelor, ciclul de viață al artefactelor muzeale, tipologia și clasarea lor, caracteristicile climatului muzeal în care se păstrează bunurile culturale, tipurile de degradări și deteriorări care afectează starea de conservare a bunurilor culturale mobile.

Partea practică constituie *contribuțiile originale* privind cercetarea propriu-zisă, alegerea metodologiei de lucru în laborator și rezultatele experimentale. Partea practică este reprezentată de trei capitole care sunt în acord cu obiectivele de cercetare.

Au fost luate în studiu trei documente scrise, pe suport papetar care sunt inedite prin semnificația lor istorică și memorială și sunt recent incluse în patrimoniul Muzeului „Poni-Cernătescu” din Iași care au fost comparate cu alte două documente aflate deja în inventarul Muzeului. Pentru fiecare dintre documente s-au ales suprafețele destinate investigațiilor științifice pentru analiza impactul factorilor externi și interni asupra stării lor de conservare.

Studiul are în atenție **investigarea științifică a artefactelor muzeale** prin realizarea de expertize de autentificare și evaluare patrimonială, determinarea stării de conservare, cunoașterea materialității structurale normale, a aspectelor legate de îmbătrânirea celulozei și altor componente din structura suporturilor papetare și a cernelurilor folosite în scriere, **conservarea integrativă a artefactelor muzeale** prin analiza etiopatologiei bunurilor de patrimoniu cultural, realizarea metodologiei de

lucru, analiza tipurilor de muzeologie, conservarea participativă a publicului muzeal și **studiul impactului mediului asupra sistemelor patrimoniale** prin identificarea și analiza riscurilor la care sunt supuse bunurile de patrimoniu cultural.

Analiza și sinteza bibliografică ale stadiului actual al cunoașterii privind rolul și funcțiile muzeelor, tipologia bunurilor culturale muzeale, conservarea științifică integrativă și valorizarea lor

Având în vedere scopul și obiectivele primului capitol al tezei, concluziile care derivă din analiza bibliografică sunt descrise în rândurile care urmează.

Muzeele joacă un rol important în păstrarea memoriei și identității culturale a unei națiuni prin funcțiile pe care le posedă: **colectarea, prezervarea și restaurarea, cercetarea și valorizarea (medierea) bunurilor culturale**. Ca urmare a implementării prezervării preventive a colecțiilor și fondurilor muzeale (în scopul păstrării autenticității și integrității istorice) de către specialiștii din muzee, într-un mediu intelectual și social, publicul își însușește informații de diferite categorii (istorice, tehnice, științifice, artistice), analizate, interpretate de către lucrătorii muzeali prin prisma simbolisticii, valorii, semnificației obiectelor expuse, participând activ la **procesul cunoașterii și învățării** prin interacțiunea cu obiectul și contextualitatea sa.

O atenție deosebită trebuie acordată **conservării științifice integrate** a fiecărui obiect din cadrul colecțiilor. În vederea prezervării-restaurării artefactului muzeal se întocmesc documente cu informații obținute în urma examinării și investigării științifice a obiectului (descrierea obiectului, materialul din care este alcătuit, manufactura, fabricantul, starea de conservare) și propunerea de tratament preventiv sau curativ (procedura de tratare, opțiunile de tratament, corectarea problemei identificate, modalități de prezervare și conservare).

Drumul parcurs de un obiect de la punerea sa în operă și până la etalarea și valorizarea sa este pus în evidență prin știința conservării care are rolul de a-l studia, iar pe baza investigațiilor se pot lua măsuri pentru prezervarea și restaurarea artefactului și se poate construi un istoric al evenimentelor și persoanelor care au intrat în contact cu artefactul, deci va fi facilitat accesul la natura sa și la diferiți factori care i-au construit valoarea intrinsecă.

Materialele din care sunt alcătuite bunurile culturale pot fi împărțite în două categorii: anorganice și organice.

Materialele anorganice reprezintă acea parte a patrimoniului cultural din muzee, arhive, clădiri istorice care sunt cel mai puțin susceptibile la deteriorare sub acțiunea factorilor de mediu nefavorabili, dar care sunt, în același timp, supuse îmbătrânirii. Materialele anorganice sunt, teoretic, mai rezistente la variații mari ale valorilor de temperatură, umiditate, dar impermeabilitatea lor relativă (cu excepția pietrei, marmurei, tencuiei) favorizează condensarea apei pe suprafața lor. **Materialele organice** constituie o parte importantă a bunurilor culturale din muzee, biblioteci și arhive. Ele sunt cele mai vulnerabile la condiții de mediu nefavorabile.

Investigarea materialelor include o serie de tehnici moderne *para-destructive*, care utilizează: *microscopia optică*, *tehnici spectroscopice* (*spectroscopia FT-IR*, *spectroscopia Raman*, *spectroscopia UV-VIS*, *spectroscopia de emisie*, *spectroscopie cu plasmă indusă de LASER*), *tehnici radiochimice* (*difractometria cu raze X*, *spectrometria de fluorescență cu raze X*), *cromatografie*, *microscopie electronică*, *analize termale* (*analize termodiferențiale* și *termogravimetrice*), *analize ale coloniilor microbiene*.

Un pas important în programul de preservare preventivă a patrimoniului cultural îl reprezintă definirea compatibilității parametrilor de mediu, mai exact microclimatul intern al unui edificiu.

Pentru a împiedica deteriorarea obiectelor culturale, la depozitare și la expunere trebuie să fie respectate anumite condiții în ceea ce privește cantitatea de lumină naturală și artificială, directă și indirectă, și calitatea ei, valori ale umidității și ale temperaturii mediului ambiant. De obicei, clădirile muzeelor sunt echipate cu sisteme de încălzire, de răcire și ventilare a aerului precum și sisteme care umidifică sau dezumidifică aerul. Dacă aceste sunt controlate atunci riscul de degradare și deteriorare chimică, fizică și biologică a artefactelor este scăzut.

Metode și tehnici de investigare implicate în stabilirea stării de conservare a bunurilor de patrimoniu pe suport papetar

În vederea evaluării stării de conservare a documentelor cu suport papetar luate în studiu au fost selectate o serie de metode, tehnici și procedee operative care au condus la obținerea unor date și informații necesare în alegerea celor mai potrivite metode de preservare preventivă și profilactică care vor opri degradarea și deteriorarea documentelor luate în studiu. În acest capitol au fost prezentate informații relevante pentru investigarea științifică a artefactelor muzeale care cuprinde metode moderne de analiză: *microscopia optică* cu lumină polarizată prin reflexie, *microscopia optică* de scanare cuplată cu difracția de raze X, *spectroscopia* în infraroșu, *spectroscopia Raman*, completate cu metode chemometrice de analiză (metode matematice și statistice) pentru a extrage mai multe informații din datele obținute din măsurători chimice și fizice.

Analiza macroscopică se realizează cu lupa binoculară sau stereoscopică, cu stereomicroscopul sau cu lupa simplă și a fost folosită pentru a obține informații despre degradări sau deteriorări de suprafață, despre culoarea obiectului cultural, analiza morfologiei sale.

Microscopia optică contribuie la obținerea de microfotografii cu mărimi între 50x și 100x, prin reflexie, în câmp deschis, care oferă informații despre granulație, textură, porozitate etc.

Microscopul electronic de baleiaj dotat cu dispozitiv de raze X permite obținerea unor imagini cu mărimi de 500-2000 bse și spectre EDX care oferă analiza elementală a compușilor organici și anorganici.

Spectroscopia în infraroșu (FT-IR) este o tehnică de spectroscopie de absorbție și implică interacțiuni dintre radiațiile infraroșii și materie. Este o tehnică analitică de tip molecular, iar pentru a absorbi în IR, molecula trebuie să aibă o anumită vibrație și o lungime de undă care poate fi citită pe un spectru și identificată prin pic-ul corespunzător.

Spectroscopia Raman este o tehnică de spectroscopie vibrațională bazată pe împrăștierea inelastică a luminii monocromatice provenită de la un LASER care interacționează cu vibrațiile moleculare rezultând un spectru.

Analiza multivariatbilă a datelor constă în folosirea unui grup de metode statistico-matematice cu care se pot studia legăturile de asociere între mai multe variabile.

Studiul suporturilor celulozice ale unor documente vechi din patrimoniul Muzeului „Poni-Cernătescu”

Scopul capitolului este de a determina starea de conservare a documentelor vechi pe suport papetar (celulozic) din colecțiile sistemelor muzeale în corelație cu factorii care definesc microclimatul muzeal.

Obiectivele urmărite în acest capitol au în vedere determinarea naturii materialelor componente ale suporturilor celulozice și a compoziției chimice a cernelurilor folosite în scriere, evaluarea stării de conservare precum și clarificarea mecanismelor evolutive de degradare și deteriorare a documentelor studiate care fac parte din patrimoniul Muzeului „Poni-Cernătescu” din Iași. Scopul demersului este de a determina o strategie științifică de conservare preventivă care precedă restaurarea documentelor.

S-a efectuat un studiu comparativ între cinci documente (dintre care trei nou descoperite – notate S1, S2 și S3 - și două aflate deja în inventarul Muzeului – notate S4 și S5) cu vechime de 160-200 de ani. Documentului S1 i s-au atribuit trei indexări pentru zonele luate în analiză: L1 pentru cerneală, L2 pentru suportul papetar și L3 pentru zona degradată.

Documentului S2 i s-au atribuit trei indexări pentru zonele luate în analiză: G1 pentru suportul papetar, G2 pentru cerneală și G3 pentru zona degradată.

Documentului S3 i s-au făcut patru indexări pentru zonele luate în analiză: I1 pentru suportul papetar, I2 pentru primul tip de cerneală, I3 pentru zona degradată și I4 pentru cel de al doilea tip de cerneală.

Documentului S4 i s-a atribuit o indexare pentru analiza suportului papetar în zona degradată, denumită D.

Documentului S5 i s-au atribuit patru indexări: CN pentru cerneala neagră, VM pentru suportul papetar de pe verso, din margine, PM pentru zona cu degradare și CA pentru cerneala albastră.

Materialele predominant organice din care sunt alcătuite suporturile papetare sunt predispuse la degradări și deteriorări aproape ireversibile care trebuie puse în evidență prin investigații științifice în care se utilizează metode moderne de analiză: microscopia optică cu lumină polarizată prin reflexie, microscopia optică de scanare

cuplată cu difracția de raze X, spectroscopia în infraroșu, spectroscopia Raman, completate cu metode de analiză multivariată.

Analizând rezultatele obținute prin aplicarea metodelor de analiză de microscopie optică, SEM-EDX, FT-IR, FT-Raman, s-a ajuns la concluzia că hârtia celor cinci documente studiate (S1, S2, S3, S4, S5) conține celuloză de proveniență lemnoasă (având în vedere faptul că are o concentrație mai mare de lignină), a fost obținută prin metode industriale și amprenta chimică diferă, în anumite aspecte, la fiecare dintre cele cinci materiale analizate.

Carbonatul de calciu a fost adăugat ca material de umplutură, iar ca agent de încheiere a fost utilizat cleiul de colofoniu saponificat. Pentru a mări opacitatea și gradul de alb al hârtiei s-a utilizat caolinul, iar ca aditiv s-a introdus amidon. Substanțele pe bază de clor au fost utilizate ca înălbitori optici.

Rezistența mecanică a fibrelor de celuloză s-a determinat prin calcularea *indicelui de cristalinitate* (Ic), a *gradului de ordonare laterală* (GOL), a *intensității legăturilor de hidrogen* (IlegH) folosind intensitatea relativă a unei benzi caracteristice (gruparea –OH).

În urma calculării indicelui de cristalinitate pentru cele cinci documente, s-a constatat că documentul S1 este cel mai bine conservat, având cel mai mare indice de cristalinitate, fiind urmat de documentele S3, S2, S4 și S5.

Analiza chemometrică a spectrelor obținute prin spectroscopia FT-IR pentru primele trei documente (S1, S2, S3) a arătat că suportul papetar al documentului S1 are caracteristici speciale, diferite de documentele S2 și S3 ale căror suporturi papetare sunt similare.

În urma investigațiilor efectuate, putem afirma că documentele S1, S2, S3 au trecut, până în prezent, testul timpului, starea lor de conservare neimpunând ample procese de restaurare, fiind necesare doar condițiile obișnuite de etalare în muzeu, în timp ce documentele S4 și S5 necesită operații complexe de restaurare.

Condiții de microclimat la depozitarea și etalarea muzeală. Monitorizarea climatului intern ca bază pentru evaluarea riscului de degradare și deteriorare a artefactelor muzeale

Artefactele culturale sunt afectate de factorii fizico-chimici care caracterizează microclimatul muzeului. Microclimatul este influențat de caracteristicile arhitecturale ale clădirii în care sunt păstrate artefactele, de materialele de construcție, precum și de climatul exterior. În acest studiu au fost măsurate și înregistrate valorile umidității aerului și temperaturii din interiorul și exteriorul clădirii Muzeului „Poni-Cernătescu” din Iași, pe o perioadă de un an, cu scopul de a efectua o analiză a impactului acestora asupra patrimoniului muzeal.

Măsurătorile au arătat că fluctuațiile temperaturii și umidității aerului din interior sunt cauzate de acțiunea sinergică a sistemului de încălzire/ventilație al clădirii și de variația condițiilor de mediu din exterior. Evaluarea datelor de monitorizare indică faptul că sistemul existent de control al climei, conceput pentru a asigura condiții favorabile pentru conservarea colecțiilor, a fost în măsură să mențină în mod

corespunzător stabilitatea microclimatului în raport cu umiditatea relativă din mediul de păstrare a colecțiilor. În sezonul rece, în perioada octombrie 2019 și martie 2020, funcționarea sistemului de încălzire creează condiții relativ bune pentru conservarea bunurilor culturale. Oprirea încălzirii centrale (martie-octombrie 2020) duce la fluctuații mai mari ale celor doi parametri studiați, care sunt determinate de condițiile meteorologice exterioare. Una dintre probleme este legată de nivelurile scăzute de umiditate din timpul iernii. Acest lucru poate fi interpretat ca o consecință a sistemului de încălzire a aerului a cărui funcționare nu este echilibrată de un umidificator.

Ar trebui evitate aceste schimbări bruște ale umidității și temperaturii aerului, deoarece conservarea preventivă necesită valori constante ale parametrilor microclimatului pentru a evita riscurile de degradare și deteriorare a materialelor constitutive ale bunurilor culturale. Prin urmare, ar fi recomandați senzorii care emit semnale de alertă la schimbarea temperaturii normale și a umidității relative. Acești senzori ar putea fi conectați la sistemul de climatizare care ar putea fi activat automat pentru a regla condițiile microclimatice.

Temperatura minimă a aerului înregistrată în luna aprilie reprezintă o consecință a opririi sistemului centralizat de încălzire al muzeului și a faptului că temperatura mare din exterior se consumă prin creșterea temperaturii pereților din cărămidă. Creșterea umidității în sălile muzeului în această perioadă a anului se poate corela și cu creșterea umidității în subsolul care se propagă prin arborele liftului. Umiditatea crescută a subsolului aproape pe tot parcursul anului este o consecință a infiltrării apelor subterane care penetrează prin capilaritate în pereții clădirii. O soluție pentru a opri intrarea aerului umed din subsol ar fi sigilarea arborelui liftului și utilizarea unei bariere impermeabile pentru vaporii de apă. O altă soluție este utilizarea aparatelor pentru a usca aerul din cameră sau o combinație a celor două recomandări anterioare.

În acest studiu au fost calculați indicii de mediu folosiți pentru a descrie microclimatul muzeal și pentru a explica tipurile de deteriorare și degradare a artefactelor muzeale. Studiul a oferit o evaluare a riscurilor induse de climatul intern care includ riscurile chimice, biologice și mecanice. Condițiile climatice de la subsol, în timpul lunilor de vară, au fost favorabile dezvoltării mucegaiului din cauza valorilor crescute ale umidității relative. În lunile de vară, în spațiul muzeal, indicii de conservare au fost cei mai mici, cu valori cuprinse în intervalul 20-25, deci nu sau fost îndeplinite condițiile favorabile etalării artefactelor.

Valorile mici ale indicelui de preservare (PI) atrag atenția asupra faptului că se impune corectarea climatului intern atât la subsol, cât și în sălile de la parterul muzeului, mai ales în sezonul estival.

Conservarea participativ-integrativă a artefactelor muzeale. Aspecte teoretice și practice

Orientarea către public reprezintă un aspect important în gestionarea moștenirii culturale, iar facilitarea accesului către artefactele muzeale este direct proporțională cu starea de conservare ale acestora, cu vechimea și valoarea lor. În

prezent, politicile culturale ale Științei Conservării subliniază participarea activă a publicului și, mai exact, voluntariatul cultural.

Deși există numeroase controverse și limitări cu privire la conceptul de participare a publicului la activitățile organizate de muzee, acest lucru este, de asemenea, considerat de mulți autori și practicieni muzeali ca o opțiune a instituțiilor culturale de a se reconecta cu publicul, demonstrându-și valoarea și relevanța. De fapt, este un vector de valorizare a patrimoniului unui muzeu. Astfel, participarea și implicarea vizitatorilor muzeelor sunt considerate ca fiind premise sau completări pentru îndeplinirea altor roluri ale muzeului (rol social, etic, educativ-științific).

Participarea tuturor categoriilor de public la activități și programe ale muzeului include diverse tehnici pe care muzeele le folosesc pentru a implica vizitatorii (activități hands-on, muzee virtuale), promovând, în același timp, obiectivele instituționale (comunicarea informațiilor privind bunurile muzeale cu scop educativ și de recreere).

Alături de economie, domeniul social și protejarea mediului, cultura constituie o condiție a dezvoltării durabile a comunităților și pune în evidență importanța identității locale care include nevoia de protejare a patrimoniului cultural și de conștientizare a valorii acestuia de către publicul larg. Pentru ca publicul să fie conștient de valoarea patrimoniului cultural trebuie să fie implicat în dezvoltarea de proiecte și programe educative, fiind necesară participarea tinerilor la activități de restaurare, preservare, etalare și protecție a artefactelor muzeale.

Astfel, tinerii sunt informați asupra necesității monitorizării continue a stării de conservare a artefactelor pentru prevenirea și minimizarea proceselor de deteriorare și degradare prin controlarea, înregistrarea și reglarea factorilor de mediu și antropici, inspectarea și înregistrarea stării artefactelor, stabilirea unui program integrat de gestionare a agentilor dăunători, practicarea adecvată a tehnicilor de manipulare, depozitare, etalare, întreținere, ambalare și transport, precum și încorporarea informațiilor și procedurilor necesare privind colecțiile muzeului în planurile de gestionare a situațiilor de urgență sau de risc (cutremure, inundații, incendii etc).

Capitolul se încheie cu un un studiu calitativ și cantitativ privind tendința de participare a publicului la gestionarea patrimoniului cultural și pentru care s-a utilizat metoda chestionarului. Legătura dintre comunitate și muzee se poate consolida prin programe de voluntariat, prin implicarea în rezolvarea unor probleme de management sau prin conservarea patrimoniului.

Rezultatele studiului arată că majoritatea tinerilor prezintă interes pentru instituțiile muzeale și ar fi interesați să participe ca voluntari în probleme de conservare a patrimoniului. Majoritatea respondenților fiind în grupa de vârstă 15-19 ani, au ales varianta „programe pentru tineri” ca răspuns la întrebarea „Ce tipuri de programe culturale ar trebui să dezvolte un muzeu?” și, de asemenea, au ales variante de atragere a publicului la muzee prin tehnologii informatice (site-uri web, social-media).

Datele experimentale sunt redată în 100 de figuri și 26 de tabele. Rezultatele experimentale obținute în urma cercetărilor desfășurate pe perioada studiilor doctorale

și care fac tema acestei teze de doctorat au fost publicate în reviste naționale și internaționale sau comunicate la diverse manifestări științifice naționale și internaționale sub formă de prezentări orale sau postere, după cum urmează: 5 lucrări publicate în jurnale ISI, dintre care una Q1 și două Q2, la trei fiind prim autor; trei lucrări publicate in extenso în volumele simpozioanelor internaționale indexate BDI; o lucrare publicată in extenso în volumele simpozioanelor naționale indexate BDI; trei lucrări publicate în Book of Abstracts Internaționale; 13 lucrări publicate in extenso în reviste naționale; două participări la conferințe internaționale și patru participări la conferințe naționale. Acestea sunt prezentate în Anexa I.

Un aspect demn de semnalat este legat de cele 22 de citări ale lucrărilor personale și de participarea la proiectul POCU/380/6/13/123623 „**Doctoranzi și cercetători postdoctorat pregătiți pentru piața muncii!**”, respectiv la participarea ca voluntar la desfășurarea manifestărilor EUROINVENT, edițiile, 2018, 2019 și 2022.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Adams, M.; Koke, J.; Schwarzer, M.; Werner-Avidon, M. (2013), *Civic Discourse: Let's Talk*, **Museums and Social Issues**, 2(2), pp. 285-294.
2. Astilean, S., (2002), **Metode și tehnici moderne de spectroscopie optică, vol. I, Spectroscopia IR și Raman**, Ed. Casa Cărții de știință, Cluj-Napoca.
3. Barrow, W.Y. (1959), **Deterioration of Book Stock. Causes and Remedies**; Peter Peregrinus Ltd.: London, UK.
4. Baglioni, P.; Chelazzi, D.; Giorgi, R. (2015), **Deacidification of Paper, Canvas and Wood. In Nanotechnologies in the Conservation of Cultural Heritage**; Springer: Dordrecht, Olanda, Vol. 4, pp. 117–144.
5. Balocco, C.; Vestrucci, S. (2020), *An Experimental Study of Museum Showcases in Florence Under Real Operating Conditions*, **International Journal of Conservation Science**, 11(4): 979-996.
6. Bioletti, S.; Leahy, R.; Fields, J.; Meehan, B.; Blaw, W. (2008), *The examination of the Book of Kells using micro-Raman spectroscopy*, **Journal of Raman Spectroscopy**, 40, pp: 1043-1049;
7. Borowiecki, K.J.; Castiglione, C. (2014), *Cultural participation and tourism flows: An empirical investigation of Italian provinces*, **Tourism Economics**, 20(2), pp. 241-262.
8. Boutiuc (Haulică), M.; Florescu, O.; Vasilache, V.; Sandu, I. (2020), *The comparative study of the state of conservation of the medieval documents on parchment from different historical periods*, **Materials**, 13(21), 4766.
9. Díaz Hidalgo, R.J.; Córdoba, R.; Nabais, P.; Silva, V.; Melo, M.J.; Pina, F.; Teixeira, N.; Freitas, V. (2018), *New insights into iron-gall inks through the use of historically accurate reconstructions*, **Heritage Science**, 6, 63.
10. Doncea, S.M.; Ion, R.M.; Fierascui, R.C.; Bacalum, E.; Bunaciu, A.; Abdul-Enein, H.Y. (2010), *Spectral Methods for Historical Paper Analysis*:

11. Florescu, O. și Nănescu, M. (2015), **Familia Poni. Pagini de corespondență**, Ed. Palatul Culturii, Iași.
12. **Florescu, O.**; Hrițac, R.; Haulică, M.; Sandu, I.; Stănculescu, I.; Vasilache, V. (2021), *Determination of the Conservation State of Some Documents Written on Cellulosic Support in the Poni-Cernătescu Museum, Iași City in Romania*, **Applied Sciences**, 11(18), 8726.
13. **Florescu, O.**; Ichim, P.; Sfică, L.; Kadhim-Habid, A.L.; Sandu, I.; Nănescu, M. (2022), *Risk Assessment of Artifact Degradation in a Museum, Based on Indoor Climate Monitoring – Case Study of „Poni-Cernătescu” Museum from Iași City*, **Applied Sciences**, 12, 3313.
14. **Florescu, O.**; Sandu, I.C.A.; Spiridon-Ursu, P.; Sandu, I. (2020), Integrative Participatory Conservation of Museum Artefacts. Theoretical and Practical Aspects, *International Journal of Conservation Science*, 11(1): 109-116.
15. Hein, G. (1998), **Learning in the Museum**, Routledge, Londra, Marea Britanie.
16. Heinze, T.; ElSeoud, O.A.; Koschella, A. (2018), **Cellulose derivatives: synthesis, structure and properties**, Springer International Publishing, Elveția
17. Ibor Escohotado, M. T.; Bazeta Gobantes, F. (2012), **Innovación y nuevas tecnologías en la especialidad de conservación y restauración de obras de arte**, Argitalpen Zerbitzua Servicio Editorial, Universidad de Oais Vasco, Spain
18. Ichim, P.; Sfică, L. (2020), *The Influence of Urban Climate on Bioclimatic Conditions in the City of Iași, Romania*, **Sustainability** 12(22): 9652. [DOI:10.3390/su12229652](https://doi.org/10.3390/su12229652).
19. Ichim, P.; Sfică, L.; Kadhim-Abid, A.-L.; Ursu, A.; Jitariu, V. (2018), *Characteristics of nocturnal urban heat island of Iași During a summer heat wave (1-6 of August 2017)*, **Air and Water Components of the Environment** DOI:10.24913/AWCD2018_29.
20. *ICOM Committee for Conservation 14th Triennial Meeting The Hague Preprints*, vol.II,12-16 September 2005, Hague, Netherlands, pp. 590-596;
21. Jenkins, H. (2006), **Convergence Culture: Where Old and New Media Collide**, New York University Press, New York,.
22. Jennings G. (Ed.) (2009), *Visitor-Generated Content and Design*, **Exhibitionist**, 28(2), pp. 55–58.
23. Jo-Fan, H. (2012) *Data and interpretation: enhancing conservation of art and cultural heritage through collaboration between scientist, conservator and art historian*, **IOP Science, IOP Conference: Material Science and Engineering**, 37, Paper No. 012003.

24. Małachowska, E.; Pawcenis, D.; Dańczak, J.; Paczkowska, J.; Przybysz, K. (2021), *Paper Ageing: The Effect of Paper Chemical Composition on Hydrolysis and Oxidation*, **Polymers**, 13, 1029.
25. Mosinni, V.; Calvini, P.; Maogno, G.; Righini, G. (1990), *Derivative infrared spectroscopy and electron spectroscopy for chemical analysis of ancient paper documents*, **Cellulose Chemistry and Technology**, 24, pp. 263-272.
26. Nănescu, M.; Bulacovschi, V.; Inănoiu, M., (2007), **Structuri modificate pe bază de poli (alcool vinilic) destinate protecției obiectelor de patrimoniu**, Editura și tipografia STEF, Iași;
27. Opreș, I. (2000), **Transmuseographia**, Ed. Oscar Print, București.
28. Pandele-Barbu, A. (1991), *Din istoricul cernelurilor utilizate pe documentele și manuscrisele medievale europene în legătură cu datarea, autentificarea și conservarea lor*, **Cercetări de conservare și restaurare a patrimoniului muzeal**, București;
29. Sandu, I.; Sandu, I.C.A. (2002a), **Chimia conservării (I). Studiul materialelor pentru preservare și restaurare**, Ed. Corson, Iași.
30. Sandu, I.; Dima, A.; Sandu, I.G. (2002c), **Restaurarea și conservarea obiectelor metalice**, Editura Corson, Iași.
31. Sandu, I.; Vasilache, V.; Tencariu, F.A.; Cotiugă, V. (2010), **Conservarea științifică a artefactelor din ceramică**, Ed. Universității Alexandru Ioan Cuza, Iași.
32. Sandu, I.; Cotiuga, V. (2011), **Cercetarea criminalistică a bunurilor de patrimoniu și a documentelor falsificate**, Ed. AIT Laboratory Bucuresti.
33. Sandu, I. (2013), *Aspecte interdisciplinare ale științei conservării patrimoniului cultural în International Workshop Scientific, technological and innovative research in current european context*, Ed. Universității Alexandru Ioan Cuza, Iași.
34. Sandu, I.; Sandu, I.C.A. (2013), *New Interdisciplinary Aspects on Science for Conservation of Cultural Heritage (I)*, **Egyptean Journal of Archaeological and Restoration Studies**, 3(1), 2013, pp. 1-12.
35. Sandu, I.C.A.; Sandu, I. (2013), *New Interdisciplinary Aspects on Science for Conservation of Cultural Heritage (II)*, **Egyptean Journal of Archaeological and Restoration Studies**, 3(2), pp. 73-83.
36. Spiridon, P.; Sandu, I. (2016), *Museums in the Life of the Public*, **International Journal of Conservation Science**, 7(1): 87-92.