

UNIVERSITATEA NATIONALA DE ARTE

RAPORTUL STIINTIFIC SI TEHNIC

PROIECT

**„STRATEGIE INTEGRATA DE CERCETARE A STARII
DE CONSERVARE A UNOR BISERICI RUPESTRE IN
VEDEREA RESTAURARII SI PUNERII IN VALOARE-
STUDIU DE CAZ:CORBII DE PIATRA” - SICBR**

Contract nr: 91-001/2007

ETAPA IV

**ELABORAREA STRATEGIEI INTEGRATE;
DIAGNOSTICAREA DETERIORARII BISERICII
RUPESTRE PRIN APLICAREA STUDIULUI
PLURIDISCIPLINAR**

Activitate IV.1. (A.2.2.)

*Elaborarea strategiei integrate; relatia diagnostic
specific-diagnostic rezultat din analiza
multidisciplinara*

STRUCTURA CONSORTIULUI

UNIVERSITATEA NATIONALA DE ARTE –COORDONATOR

UNIVERSITATEA BUCURESTI-PARTICIPANT

*INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE PENTRU CONSERVARE SI
RESTAURARE-PARTICIPANT*

CEPROCIM-PARTICIPANT

**BUCURESTI
2009**

CUPRINS

OBIECTIVELE GENERALE

OBIECTIVELE FAZEI DE EXECUTIE

REZUMATUL FAZEI

DESCRIEREA STIINTIFICA SI TEHNICA

CONCLUZII

BIBLIOGRAFIE

OBIECTIVELE GENERALE

1. Dezvoltarea și consolidarea unei rețele de cercetare, a parteneriatului de lungă durată între instituțiile participante.

2. Formarea și integrarea tinerilor cadre didactice și a studenților din anii terminali în cercetarea de excelență.

3. Aplicarea metodelor avansate din domeniul complementare pentru stabilirea stării de conservare a bisericilor rupestre

4. Stimularea colaborărilor internaționale

5. Eliminarea decalajului existent față de nivelul european în privința modului de abordare a cercetării în domeniul monumentelor istorice și a celui de punere în valoare respectiv de dezvoltare a turismului cultural, obiectiv aflat în concordanță cu obiectivul programului de accelerare a procesului de aliniere și integrare tehnologică, conform cerințelor și reglementărilor Uniunii Europene.

Obiectivele generale ale proiectului sunt atinse. Contribuțiile celei de a doua fază de cercetare la realizarea obiectivelor generale ale proiectului sunt următoarele:

Obiectivul 1: Prin consorțiu constituit s-au reunit specialiști din diferite instituții aparținând universităților (UNA, UB) institutelor de cercetare (INCCR) și societăților cu profil de cercetare (CEPROCIM SA) ceea ce reflectă interdisciplinaritatea cerută la rezolvarea obiectivelor prin participarea restauratorilor, istoricilor de artă, biologilor, geologilor, chimistilor, inginerilor chimiști, fizicienilor, informaticienilor.

Se susțin astfel două rețele de cercetare din care fac parte Centrul de Cercetări pentru Conservarea și Restaurarea Operei de Artă; Colectivul de Petrologie și Metalogenie Aplicată, Facultatea de Geologie și Geofizică, Universitatea București. Menționez faptul că Centrul de Cercetări pentru Conservarea și Restaurarea Operei de Artă este recunoscut de CNCSIS și face parte din "Rețeaua centrelor de excelență pentru tehnici avansate de restaurare-conservare-prezervare"

Obiectivul 2. În consorțiu au fost incluși tineri cercetători precum și studenți din anii terminali și master (toti partenerii).

OBIECTIVUL 3. Aplicarea metodelor avansate din domeniul complementare pentru stabilirea stării de conservare a bisericilor rupestre. S-au folosit metode nedestructive pentru analiza probelor de la Corbii de Piatra iar unele determinări s-au efectuat in situ (toti partenerii-metodele sunt mentionate în RTS

OBIECTIVUL 4. Colaborarea internațională inițiată prin misiunea exploratorie efectuată la Applied Physics Institute "N. Carrara (IFAC), research Unit "FLIDAR", National Research Council of Italy (CNR) s-a derulat prin corespondență în această etapă urmând ca în etapa a III-a să aibă loc misiunea de cercetare științifică. O parte din rezultatele obținute până în prezent vor fi prezentate la Congresul de Biodeteriorare și biodegradare care va avea loc la Messina în septembrie; detaliile acestui obiectiv vor fi prezentate în faza a III din ianuarie 2009

OBIECTIVUL 5. Considerăm că, prin acordul de colaborare semnat, prin participarea la schimburi de experiență și participarea la conferințe naționale și internaționale de profil se va putea elimina decalajul existent față de nivelul european în privința modului de abordare a cercetării în domeniul monumentelor istorice și a celui de punere în valoare respectiv de dezvoltare a turismului cultural. CEPROCIM este partener la FP7-SME-2008-1, BSG-SME-ID propunere 23247

OBIECTIVELE FAZEI DE EXECUTIE

CO-Partener 1-UNA

4.1.1.1. Categoriile morfologice de biodegradare a picturilor murale: fișe de biodeteriorare-banca de date

4.1.1.2. Caracterizare a microclimatului de la biserica ansamblului rupestru Corbii de Piatră.

Determinări pe perioada de un an-banca de date

Partener 2-INCCR

4.1.2.1. Evaluarea comportamentului materialelor noi aplicate in situ de partenerul 4

Partener 3-UB

4.1.3.1. Efectul aplicării materialelor asupra caracteristicilor geologice

Partener 4-CEPROCIM

4.1.4.1. Aplicarea in situ a unor materiale noi testate anterior in laborator

Toate obiectivele fazei 4 au fost indeplinite prin activitatea susținută a partenerilor :UNA, UB, INCCR și CEPROCIM SA. Principalele rezultate obținute se regăsesc atât în rezumatul frazei cât și în descrierea științifică

FAZA4 Elaborarea strategiei integrate; relatia diagnostic specific-diagnostic rezultat din analiza multidisciplinara

- REZUMAT-

4.1.1.1. Categoriile morfologice de biodegradare a picturilor murale: fișe de biodeteriorare-banca de date

Analiza aspectului diferitelor suprafețe pe baza fotografiilor efectuate în perioada 15.01-1.12.2009 precum și prelucrarea microbiologică a probelor recoltate și analizate după emiterea suspiciunii de biodeteriorare a permis stabilirea următoarelor categorii morfologice caracteristice :

- Modificări estetice - de culoare - de origine biochimică asociate cu menținerea integrității structurale a suprafeței;
- Modificări estetice datorate fixării biodeteriogenilor și colonizării suprafeței cu posibila afectare a integrității structurale a suprafeței;
- Modificări estetice datorate depunerii/fixării unor obiecte prin intervenția umană

Aceste categorii morfologice sunt stabilite în funcție de aspectul modificat al suprafeței pe care în momentul analizei sau anterior acesteia s-au dezvoltat următoarele categorii de biodeteriogeni: cianobacterii, alge verzi, fungi filamentoși, bazidiomicete (fungi macroscopici), briofite. De asemenea s-a constatat că prin încetarea activității vitale a unor insecte precum și pe lumânări, poala de iconostas, hârtie (depuse/fixate în anumite zone) s-au dezvoltat microorganismele. Acestea au rol descompunător și contribuie la formarea compușilor organici cu rol nutritiv pentru biodeteriogeni ceea ce afectează grav starea de conservare a monumentului. Rezultatele analizelor în lumină directă și razantă, precum și a prelucrărilor probelor prin metode microbiologice au fost incluse în cele 30 Fișe de biodeteriorare incluse în banca de date a UNA

Modificările estetice -de culoare- de origine biochimică asociate cu menținerea integrității structurale a suprafeței (Fișa de biodeteriorare nr.1) au fost:

- *Zone de culoare albă de pe ușa de la intrarea în pronaos*
- *Zone de culoare neagră având contur neregulat sau circular de pe ușa de la intrarea în pronaos*

Modificări estetice datorate fixării biodeteriogenilor și colonizării suprafeței, cu posibila pierdere a integrității structurale (Fișe de biodeteriorare nr.2-16).

• *Lemnul de consistență moale și de culoare brună s-a pus în evidență la Icoana Maica Domnului cu Pruncul din naos; (Fișa de biodeteriorare nr.2)*

• *Lemnul de culoare brună, consistență moale și fragmentat în figuri geometrice caracteristice în glaful ferestrei (perete E) din naos (Fișe de biodeteriorare nr.3 și 4).*

- *Zone de culoare brun spre negru pe versoul linoleumului din glaful ferestrei (Fișa de biodeteriorare nr.5)*

- *Lemnul din strane (perete N) este acoperit cu miceliu compact, de culoare albă sau rhizomorfe de aceeași culoare, cu tendința de a deveni de consistență moale (Fișa de biodeteriorare nr.6).*
- *Miceliu de culoare albă, aspect pufos, dispus în mase compacte sau izolate pe rama icoanei. (Fișa de biodeteriorare nr.7).*
- *Mase extinse de miceliu, de culoare albă și aspect pufos în partea inferioară a tetrapodului (Fișa de biodeteriorare nr.8).*
- *Biofilmul reprezentat de un strat de culoare verde-abăstruie și verde, în pronaos,, naos, altar (Fișe de biodeteriorare nr.9-14).*
- *Zonele de culoare neagră (diferite nuanțe) din pronaos (Fișa de biodeteriorare nr.15) și din naos (Fișa de biodeteriorare nr.16).*

Modificări estetice datorate depunerii/fixării unor obiecte prin intervenția umană

- *Lumânările și picăturile de ceară deteriorează estetic dar în condițiile în care sunt colonizate de către fungi sunt acoperite de miceliu alb, nesporulat, parțial sau în întregime sporulat;*
- *Zone de culoare neagră marcând conturul lumânării cu sau fără fir celulozic (Fișe de biodeteriorare nr.17-22)*
- *Zone de culoare verde și aspect catifelat în altar la locul unde se pregătesc sfintele daruri (Fișa de biodeteriorare nr.23).*
- *Zone de culoare albă și aspect păslos care devin de culori diferite (brun, verde, abăstrui) și aspect catifelat în altar datorită intrării în descompunere a corpurilor țânțarilor (Fișe de biodeteriorare nr.24-27).*
- *Zone de culoare brună în textura obiectului textil Poala de iconostas (Fișa de biodeteriorare nr.28)..*
- *Zone de culoare neagră (diferite nuanțe) în textura hârtiei din pronaos (Fișa de biodeteriorare nr.29)..*
- *Zone de culoare neagră (diferite nuanțe) și biodeteriorarea de tip „foxing” în textura hârtiei din naos (Fișa de biodeteriorare nr.30)..*

4.1.1.2 Caracterizare a microclimatului de la biserica ansamblului rupestru Corbii de Piatră.

Determinări pe perioada de un an-banca de date

Înregistrările de microclimat s-au realizat cu ajutorul unei rețele de senzori din familia HOBO H8 Loggers dotati cu canale de înregistrare pentru mai mulți parametri. Dintre aceștia au fost setați următorii: Temperatură - C°, Umiditatea Relativă a aerului - RH, punctual de rouă – Dew Point .

Temperatura pereților a fost determinată în zilele dedicate descărcării senzorilor, la un interval de aproximativ trei luni. Măsurătorile s-au efectuat cu un termometru infraroșu SPER SCIENTIFIC – 800048 în diferite puncte astfel încât să se poată avea o imagine a distribuției temperaturii pe întreaga suprafață murală a interiorului bisericii rupestre.

O verificare a senzorilor destinați determinărilor de microclimat a putut fi realizată cu ajutorul unui psicrometru clasic – ZEAL, cu prilejul vizitelor *in situ*. Cu același prilej s-au făcut determinări ale curenților de aer și ale luminii în interiorul bisericii utilizându-se aparatul digital Mini Environmental Quality Meter – 850070 (SPER SCIENTIFIC).

Referitor la amplasarea senzorilor aceasta a urmărit captarea datelor în diferite zone ale bisericii și la diferite cote, începând cu nivelul solului. De asemenea s-a urmărit compararea datelor din interiorul bisericii cu cele provenind din înregistrările senzorului plasat în exterior.

2. Caracterizarea microclimatului bisericii rupestre s-a făcut pe baza următoarelor tipuri de înregistrări (în intervalul octombrie 2008 – noiembrie 2009) care fac parte din banca de date a proiectului SICBR:

- Evoluția parametrilor T și RH pe parcursul unei săptămâni pornind de la media valorilor înregistrate
- valorile microclimatului maxime, medii și minime
- evoluția parametrilor de microclimat în intervale orale, marcate de diferite evenimente sau activități jurnalier;
- variația parametrilor de microclimat pentru fiecare senzor S1-S8

Exprimarea variațiilor de microclimat produse în intervalul octombrie 2008 – noiembrie 2009 s-a bazat pe datele înregistrate de senzori și sistematizate în grafice capabile să permită nu numai aprecierea amplitudinii valorilor înregistrate ci mai ales sensul acestor variații

Prima observație importantă care caracterizează microclimatul din interiorul bisericii de la Corbii de Piatră este existența unei semnificative amplitudini, pe parcursul unui an, a variațiilor parametrilor de temperatură și umiditate. Astfel :

- variațiile de temperatură – T – ating o diferență de 22 grade;
- variațiile umidității relative – RH – ating o diferență de 58 %

La aceasta se adaugă semnalarea apariției fenomenului de îngheț în interiorul monumentului, la nivel pavimentar. Valoarea minimă de -0,16°C a fost înregistrată de senzorul S7. De asemenea, trebuie menționată existența condițiilor favorabile producerii fenomenului de condens.

O a doua observație nu face decât să confirme prin datele obținute prezența constantă în interiorul bisericii rupestre a unui microclimat extrem de

umed în care valorile medii, la toți cei 7 senzori situați în interior, oscilează între 79,62% și 84,94%. Acest lucru este posibil în condițiile în care toți senzorii au înregistrat valori maxime ce depășesc 90%, atingând, la senzorii S3 și S6, situați în traveea nordică a bisericii, valori de saturație – 100%.

Chiar dacă microclimatul bisericii rupestre suportă o corelație cu condițiile climatice generale ale zonei geografice în care se află situat situl de la Corbii de Piatră, valorile extreme ale RH existente în spațiul interior al bisericii indică prezența unor fenomene de infiltrație în masa stâncii în care a fost săpată biserica. Acesta este de fapt un fenomen major care depășește ca pondere și importanță perturbarea produsă în microclimat de funcțiunea liturgică a bisericii și de condiția, în ascensiune, de monument istoric.

4.1.2.1 Evaluarea comportamentului materialelor noi aplicate in situ de partenerul 4

Au fost analizate prin spectrometrie în infraroșu (FTIR) mortarele reacționate (C1-LAB, C2-LAB, C3-LAB, C4-LAB, C5-LAB, C6-LAB) obținute din probele C1-C6 prin amestecare cu apă. Analiza statistică a datelor FTIR prin metoda PCA (Principal Component Analysis) a permis clasificarea probelor. Componenta principală PC1 pe zona valorilor pozitive (PC1 +)² evidențiază contribuția în special a benzilor caracteristice legăturii O-H (3448 cm⁻¹) și Si-O (1080 și 466 cm⁻¹). Carbonatul de calciu predomină în probele marcate pe PC1 dar și în PC2-aceasta însemnând grupul probelor format de 1,2,3,4,15, și 27. Diferența între aceste componente este dată de contribuția altor constituenți ai mortarului (silicați, apă etc). Cea de a doua componentă principală (PC2+) grupează spectrele după conținutul predominant de silicat (1080 și 466 cm⁻¹) și de hidroxid de calciu (3644 cm⁻¹). Pentru compararea rezultatelor obținute cu ajutorul PCA s-a efectuat calculul ariilor benzilor de absorbție cu scopul de a evidenția conținutul diferit de carbonat (1420 cm⁻¹), hidroxid din apă (3450 și 1630 cm⁻¹) și hidroxid din Ca(OH)₂ (3644 cm⁻¹). Calculul ariilor benzilor de absorbție pentru gruparea OH (din apa de cristalizare/absorbită) respectiv CO (din carbonat) demonstrează valorile asemănătoare ale acestora cu excepția probelor C1, C2 și C2P. Raportul ariilor celor două benzi (A₁₄₂₀/A₃₄₅₀ cm⁻¹) este clar mai mare pentru C1, C2 și C2P, indicând un conținut mic de apă spre deosebire de celelalte mortare. Raportarea valorii ariilor benzilor corespunzătoare carbonatului la ariile corespunzătoare hidroxidului din Ca(OH)₂ ne indică valori mai mari pentru C1 și C2 comparativ cu C3, C4 și C5. Această diferență e dată de conținutul mai mare de carbonat față de Ca(OH)₂ în C1 și C2. Nu s-a observat prezența semnificativă a altor materiale, diferite de cele utilizate pentru preparare sau cele formate în urma interacțiunii dintre acestea. Nu s-au identificat azotați și sulfatați, săruri ce erau prezente în probele de pe pictură/suport prelevate din pictura murală pe perioada iernii anterioare. Nedetectarea sărurilor în mortare poate fi datorată atât cantității foarte mici de săruri, neputând fi identificate de tehnica utilizată, cât și faptului că mortarele au fost aplicate într-o perioadă mai caldă a anului diferită de cea utilizată pentru caracterizarea picturii/suportului original.

4.1.3.1.Efectul aplicarii materialelor asupra caracteristicilor geologice

Fresca aflata pe peretii interiori ai lacasului rupestru Corbii de Piatra a suferit o degradare data de dezlipirea mortarului de roca suport. Mortarul din stratul din inferior al frescei este de un mortar pe baza de var, cu un procent foarte mic de agregat mineral si vegetal. Reactia de carbonatare a varului din mortar, respectiv trecerea portlanditului in calcit a fost insotita de o sensibila variatie de volum. Procesul de contractie a putut genera fisuri tangentiale la contactul mortar/roca ceea ce ar fi putut cauza desprinderea de suport a mortarului. Desprinderile mortarului au putut fi cauzate si de cristalizarea unor minerale secundare la interfata roca/fresca, de variatiile de volum ale rocii din suport, ca urmare a umezirii si uscarii repetate, sau chiar de fisurata termogena, posibila in eventualitatea incalzirii unor portiuni din pereti, prin surse de iluminare..In etapa actuala s-au pus premisele unei abordari experimentale, a reactiei dintre roca si mortar. Pentru testare au fost confectionate de catre partenerul 4 sase tipuri de mortare. In compozitia lor au fost utilizate urmatoarele materii prime: C1: var, calcar, C2: var, calcar (proportie diferita de C1), C3: var, gresie Corbi, C4: var, silica fume, gresie Corbi, C5: var, silica fume, nisip de rau si C6: var, calcar, tuf, nisip de rau.

Cele sase tipuri de mortare au fost aplicate pe un bloc de gresie si mentinute in conditiile de umiditate si temperatura ale Naosului bisericii de la Corbi timp de ~5 luni. In acest interval de timp, mortarele s-au consolidat. Pentru studiul microscopic, s-au efectuat sectiuni subtiri transversale pe interfata roca/mortar. Examinarea microscopica a fost una din caile prin care s-a verificat compatibilitatea dintre cele doua sisteme, urmarindu-se prezenta sau absenta compatibilitatii chimice si gradul de aderenta a liantului de var in raport cu diferitele componente mineralogice si structurale ale gresiei utilizata ca suport.

In comparatie cu mortarul original mortarele folosite in testare sunt calitativ asemanatoare doar in ceea ce priveste natura liantului. Ele sunt insa net deosebite in ceea ce priveste natura agregatului, proportia acestuia, precum si configuratia sistemului de pori. Practic sunt noi tipuri de mortar, alese insa in mod deliberat, doar pentru a se testa, in aceasta etapa, compatibilitatea lor cu gresia si a se decide astfel care dintre cele sase retete noi ar putea fi utilizate in eventualele completari ale peretilor de gresie deteriorati.

Urmarirea compatibilitatii chimice a constat in fond in verificarea existentei sau lipsei unor reactii chimice intre liantul mortarului si componentele rocii. S-a constatat ca, in timpul cat a durat experimentul, astfel de reactii lipsesc si deci, toate cele sase tipuri de mortar pot fi considerate compatibile chimic cu gresia. Gradul de aderenta a fost apreciat prin grosimea microscopica a spatiului liber dintre liantul mortarului si elementele gresiei. Lipsa spatiului liber tradeaza o aderenta foarte buna, iar prezenta continua a acestuia o aderenta foarte slaba, care duce in final la dezlipirea integrala a mortarului de suport. Prezenta discontinua a stratului liber da gradele slab sau bun. In concluzie mortarul cu cea mai buna compatibilitate este C3, iar cel cu cea mai slaba compatibilitate este C4.

In etapa a V-a de derulare a proiectului mortarele testate si analizate in prezentul raport ar trebui aplicate si testate pe probe de gresie cu grade diferite de umiditate si cu un continut diferit de carbonat de calciu a liantului.

4.1.4.1 Aplicarea in situ a unor materiale noi testate anterior in laborator

In condiții de laborator au fost obținute 6 mortare utilizând următoarele tipuri de materii prime:

- var în calitate de liant;
- tuf și silice ultrafină ca adaosuri puzzolanice;
- nisip de râu și gresie, similară cu peretele bisericii, cu rol de agregat.

Toate materiile prime precum și mortarele au fost caracterizate din punct de vedere chimic, fizic și mecanic pentru a se asigura atât compatibilitatea cu suprafața pe care se aplică precum și conservabilitatea în timp a acestora

Astfel, s-a constatat că materiile prime nu conțin sau au un procent foarte scăzut de săruri solubile, ceea ce conduce la evitarea degradărilor datorate precipitării și cristalizării lor repetate, respectiv formarea epi- și cripto-eflorescențelor;

Mortarele obținute au caracteristici care susțin folosirea lor în activitatea de conservare și restaurare a monumentelor istorice. Dintre acestea menționăm:

- sunt ușoare (au o densitate aparentă mică) ;
- au rezistență mecanică la compresiune mică (0,5 MPa) până la moderată (max. 3,1 MPa la 56 zile), ceea ce le face optime pentru starea de conservare în care se află monumentul;
- au aderență relativ bună la suportul de cărămidă, ruperea realizându-se în mortar sau la interfața mortar-cărămidă;
- sunt rezistente la fenomenul de îngheț mortarele cu rezistență mecanică mai mare de 2 MPa.

Intr-o etapă ulterioară a cercetării, mortarele obținute în laborator după formule ce aparțin CEPROCIM S.A au fost aplicate in situ în zone fără pictură murală sau pe gresie similară celei în care este săpată biserica, după cum urmează:

- pe catapeteasmă, spre nord, partea din altar (zonă fără pictură murală);
- în altar, perete N, registrul de jos, direct pe peretele de stâncă;
- pe o bucată de gresie, similară celei în care este săpată biserica, plasată în altar, lângă peretele nordic.

În timpul aplicării mortarelor *in situ* s-a constatat menținerea caracteristicilor constatate în condiții de laborator : lucrabilitate și plasticitate bune, aderență bună.

După aplicare, a început activitatea de monitorizare a comportamentului (analize de laborator) și a aspectului estetic (înregistrare fotografică, observații la microscop), activitate desfășurată în cadrul prezentei etape timp de 8 luni. Astfel, s-a constatat că toate mortarele și-au menținut foarte bine aderența la support. Nu au apărut eflorescențe pe suprafața mortarelor, observație confirmată de analizele efectuate de partenerul INCCR .Mortarele sunt ușor reversibile și pot fi îndepărtate fără pericolul de a degrada zona unde au fost aplicate. Mortarele cu agregat de nisip sau gresie din in situ (C3 ... C6) nu au prezentat fisuri de contracție la întărire și au o tonalitate compatibilă cu zona unde au fost aplicate. Nu s-au constatat modificări datorate de variațiile de temperatură.