

**UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE GEOGRAFIE
ȘCOLALA DOCTORALĂ DE GEOGRAFIE**

**Rolul proceselor de meteorizație în
degradarea monumentelor istorice din
piatră și lemn din Transilvania**

REZUMAT

**Coordonator științific:
Prof.univ.dr. IOAN-AUREL IRIMUȘ**

**Doctorand:
MONICA ILIEȘ**

**CLUJ-NAPOCA
2015**

Cuprins

Introducere	1
1. METEORIZAȚIA ROCILOR PUSE ÎN OPERĂ	4
1.1. Definiție și clasificare	4
1.2. Factori de control ai meteorizației	4
1.2.1 Factori intrinseci	4
1.2.2. Factori extrinseci	5
1.3. Meteorizația fizică (dezagregarea)	10
1.3.1. Dezagregarea prin îngheț-dezghet	10
1.3.2. Dezagregarea prin cristalizarea sărurilor	11
1.3.3. Dezagregarea prin umezire-uscarea	12
1.3.4. Dezagregarea prin insolație	13
1.4. Meteorizația chimică (alterarea)	14
1.4.1. Oxidarea	14
1.4.2. Hidratarea	14
1.4.3. Hidroliza	15
1.4.4. Carbonatarea	15
1.4.5. Dizolvarea	16
1.5. Meteorizația biologică	16
1.5.1. Dezagregarea biologică	17
1.5.2. Alterarea biologică	17
1.6. Forme de degradare cauzate de procesele de meteorizație	18
2. METEORIZAȚIA ȘI BIODEGRADAREA LEMNULUI PUS ÎN OPERĂ	23
2.1. Umiditatea, factor de control al meteorizației și biodegradării	23
2.2. Meteorizația lemnului	24
2.2.1. Meteorizația cauzată de radiația ultravioletă	24
2.2.2. Meteorizația cauzată de variații de umiditate și temperatură	25
2.2.3. Meteorizația cauzată de mucegaiuri și ciuperci care pătează	26
2.3. Biodegradarea lemnului	26
2.3.1. Biodegradarea cauzată de fungi	27
2.3.2. Biodegradarea cauzată de insectele xilofage	28

2.3.3. Biodegradarea cauzată de mușchi, licheni și alge	29
2.4. Meteorizația și biodegradarea diferențiată a fațadelor	30
2.5. Efectele meteorizației și biodegradării	
în interiorul monumentelor	33
3. METODOLOGIE	36
3.1. Anamneza monumentului	36
3.1.1. Identificarea monumentului	36
3.1.2. Portretul istorico-artistic	36
3.1.3. Istoricul reparațiilor și al lucrărilor de restaurare	36
3.1.4. Condiții climatice de amplasare a monumentului	36
3.1.4.1. Analiza meteorizației prin îngheț-dezghet	37
3.1.4.2. Analiza meteorizației prin umezire-uscare	38
3.2. Diagnosticarea degradărilor pietrei puse în operă	38
3.2.1. Investigații realizate in situ.....	38
3.2.1.1. Identificarea tipului litologic	38
3.2.1.2. Identificarea și diagnosticarea degradărilor	38
3.2.1.3. Cartarea degradărilor	38
3.2.1.4. Prelevarea probelor	38
3.2.2. Investigații realizate în laborator	39
3.2.2.1. Microscopie optică	39
3.2.2.2. Microscopie optică în lumină polarizată	39
3.2.2.3. Microscopie electronică de suprafață și	
analiză elementală (SEM-EDX)	39
3.2.2.4. Difractometrie de raze X	39
3.3. Diagnosticarea degradărilor lemnului pus în operă	40
3.3.1. Investigații realizate in situ	40
3.3.1.1. Identificarea și diagnosticarea degradărilor	40
3.3.1.2. Cartarea degradărilor	40
3.3.1.3. Prelevarea probelor	40
3.3.2. Investigații realizate în laborator	40
3.3.2.1. Microscopie electronica de suprafață (SEM)	40
4. STUDIU DE CAZ. BISERICA “SFINȚII	
ARHANGHELI MIHAIL ȘI GAVRIL”, DEAG	41

4.1. Anamneza monumentului	41
4.1.1. Identificarea monumentului	41
4.1.2. Portretul istorico-artistic	42
4.1.3. Istoricul reparațiilor și al lucrărilor de restaurare	44
4.1.4. Condițiile climatice de amplasare a monumentului.....	45
4.1.4.1. Analiza meteorizației prin îngheț-dezghet	46
4.1.4.2. Analiza meteorizației prin umezire-uscare	50
4.2. Diagnosticarea degradărilor pietrei puse în operă	51
4.2.1. Investigații realizate in situ	51
4.2.1.1. Identificarea tipului litologic	51
4.2.1.2. Identificarea și diagnosticarea degradărilor	51
4.2.1.3. Cartarea degradărilor	54
4.2.1.4. Prelevarea probelor	58
4.2.2. Investigații realizate în laborator	59
4.2.2.1. Microscopie optică	59
4.2.2.2. Microscopie optică în lumină polarizată.....	61
4.2.2.3. Microscopie electronica de suprafață și analiză elementală (SEM- EDX)	63
4.2.2.4. Difractometrie de raze X	64
4.3. Diagnosticarea degradărilor lemnului pus în operă	66
4.3.1. Investigații realizate in situ	66
4.3.1.1. Identificarea și diagnosticarea degradărilor	66
4.3.1.2. Cartarea degradărilor	68
4.3.1.3. Prelevarea probelor	71
4.3.2. Investigații realizate în laborator	71
4.3.2.1. Microscopie electronică de suprafață (SEM)	71
4.4. Efectele meteorizației și biodegradării la interiorul monumentului	73
5. ANALIZA METEORIZAȚIEI PRIN ÎNGHEȚ-DEZGHET ÎN DEPRESIUNEA TRANSILVANIEI	74
5.1. Variabilitatea parametrilor procesului de meteorizație la Stația Meteorologică Cluj-Napoca	74
5.2. Variabilitatea parametrilor procesului de meteorizație la Stația Meteorologică Sibiu	78

5.3. Variabilitatea parametrilor procesului de meteorizație la Stația Meteorologică Târgu Mureș.....	81
5.4. Variabilitatea parametrilor procesului de meteorizație la Stația Meteorologică Bistrița.....	84
5.5. Tendința de evoluție a parametrilor procesului de meteorizație prin îngheț-dezghet.....	87
Concluzii	95
Anexe	100
Bibliografie	109

Cuvinte cheie: meteorizație, monumente, piatră, lemn, degradare, tendințe

Introducere

Buna conservare a monumentelor este constant și inevitabil periclitată de acțiunea distructivă a proceselor de meteorizație fizică, chimică și biologică. Aceste procese își pun amprenta asupra materialelor constituente, sub forma unor degradări, care netratate, pot provoca pierderi irecuperabile.

Scopul proiectului de cercetare este analiza proceselor distructive și a efectelor pe care acestea le au asupra rocilor și al lemnului puse în operă. Aceasta diagnosticare a degradărilor este esențială pentru elaborarea și implementarea unor planuri de conservare-restaurare ce pot asigura unitatea structurală și estetică a monumentului istoric prin prevenirea prematură a degradărilor.

Procesele ce acționează asupra rocilor puse în operă (meteorizație fizică, chimică și biologică) și asupra lemnului (meteorizație și biodegradare), precum și principalele degradări pe care le provoacă, au fost evidențiate pe un număr de șase monumente istorice din Transilvania: “Sfinții Arhangheli Mihail și Gavril” din satul Turdaș, județul Alba, “Nașterea Sfântului Ioan Botezătorul” din comuna Gârda de Sus, județul Alba, “Sfinții Arhangheli Mihail și Gavril” din comuna Runcu Salvei, județul Bistrița-Năsăud, “Sfinții Arhangheli Mihail și Gavril” din satul Ciumărna, județul Sălaj, “Sfinții Arhangheli Mihail și Gavril” din satul Poarta Sălajului, județul Sălaj și “Sfinții Arhangheli Mihail și Gavril” din satul Deag, județul Mureș.

O diagnosticare complexă a degradărilor a fost realizată pentru monumentul “Sfinții Arhangheli Mihail și Gavril” din satul Deag, județul Mureș. Aceasta s-a bazat pe o serie de investigații realizate in situ și în laborator. S-a acordat o atenție accentuată condițiilor climatice de amplasare a monumentului și, în special, oscilațiilor diurne de temperatură între valori pozitive și negative, ce favorizează meteorizația prin îngheț-dezghet.

Deoarece meteorizația prin îngheț-dezghet are un rol major în dezagregarea rocilor, s-a realizat o analiză a procesului la nivelul Depresiunii Transilvaniei.

1. METEORIZAȚIA ROCILOR PUSE ÎN OPERĂ

În cadrul meteorizației se disting trei forme principale: meteorizația fizică (dezagregarea), meteorizația chimică (alterarea) și meteorizația biologică (biometeorizația) (Rădoane et al., 2001).

Procesele de meteorizație sunt controlate de o serie de factori intrinseci și extrinseci ce impun tipul procesului și intensitatea acestuia. Factorii intrinseci includ proprietățile chimice, fizice și mecanice ale rocii și determină predispoziția rocii la acțiunea meteorizției. Factorii extrinseci cuprind: condițiile climatice, apa, vegetația, expoziția rocilor față de punctele cardinale, poziția rocilor în cadrul monumentului și acțiunea antropică.

Principalele degradări produse de procesele de meteorizație au fost identificate pe un număr de șase monumente, după clasificările propuse de Fitzner și Heinrichs (2002) și ICOMOS-ISCS (2008). Degradările identificate aparțin celor cinci grupe principale stabilite de autorii mai sus menționați. Acestea sunt: pierderi de material litic, decolorare/depuneri, desprinderi de material litic, fisuri/deformare și colonizare biologică. Degradările au fost evidențiate pe șase monumente istorice din Transilvania și aparțin celor patru grupe menționate.

2. METEORIZAȚIA ȘI BIODEGRADAREA LEMNULUI PUS ÎN OPERĂ

În accepțiunea lui LeBow și Anthony (2012) lemnul poate suferi transformări în urma meteorizției (wood weathering) și a biodegradării (wood decay). Meteorizația este un proces lent, ce cauzează degradări de suprafață, prin mecanisme fizice, chimice și biologice. Meteorizația reprezintă primul stadiu în degradarea lemnului și este cauzată de radiația ultravioletă și oscilațiile de umiditate și temperatură. Williams (2005) include în cadrul meteorizției și acțiunea mușcăiurilor și a unor fungi ce cauzează pătarea sau alterarea cromatică a suprafeței. Biodegradarea afectează lemnul în profunzime, fiind provocată de fungi, insecte xilofage, licheni și mușchi. Lemnul infectat poate să fie distrus complet într-o perioadă foarte scurtă de timp, atunci când condițiile de mediu sunt propice dezvoltării biodeteriojenilor.

Degradările produse de meteorizație și biodegradare au fost identificate pe cele șase monumente selectate.

3. METODOLOGIE

În cele ce urmează sunt prezentate etapele parcurse în vederea diagnosticării degradărilor produse de procesele de meteorizație și biodegradare, în cazul monumentului “Sfinții Arhangheli Mihail și Gavril” din satul Deag, vizat în studiul de caz.

Anamneza

Anamneza a fost realizată după modelul oferit de Fitzner (2002) și cuprinde date cu privire la identificarea monumentului, localizarea sa, portretul istorico-artistic, istoricul reparațiilor și lucrărilor de restaurare, avarii suferite în timp și condițiile climatice de amplasare.

În cadrul climatului s-a analizat puterea de dezagregare a acțiunii diurne a cuplului îngheț-dezgeț. Agresivitatea ciclurilor diurne a fost stabilită cu ajutorul următorilor parametri: frecvență, intensitate, numărul perioadelor cu cicluri zilnice consecutive dintr-un an și durata maximă a acestor perioade. Valorile diurne minime și maxime au fost obținute de la stația meteorologică Târnăveni (Bobohalma) pe o perioadă de 27 de ani (1987-2014).

Tendențele parametrilor meteorizației prin îngheț-dezgeț au fost calculate cu ajutorul metodei Mann-Kendall combinată cu panta Sen.

Diagnosticarea degradărilor pietrei puse în operă

Diagnosticarea degradărilor s-a realizat atât in situ cât și în laborator. Investigațiile in situ au constat în identificarea tipului litologic, identificarea degradărilor și prelevarea de probe de rocă degradată din soclul bisericii și rocă sănătoasă din aria sursă. Degradările au fost cartate urmărind tipul, severitatea și distribuția lor.

Investigațiile în laborator a probelor de roca prelevate in situ au oferit noi informații cu privire la cauzele degradărilor observate macroscopic. Degradările apărute după punerea în operă au fost evidențiate prin analiza comparativă a probelor de rocă degradată și a celor sănătoase. Acestea au fost supuse unor analize de microscopie optică, microscopie electronică și analiză elementală (SEM-EDX) și difractometrie de raze X.

Diagnosticarea lemnului pus în operă

Investigațiile realizate in situ au cuprins identificarea degradărilor, cartarea acestora și prelevarea de probe din zonele sever degradate, cu un aspect specific colonizării biologice. Probele de lemn au fost analizate la microscop electronic (SEM) pentru a confirma prezența biodeteriogenilor.

4. STUDIU DE CAZ

BISERICA “SFINȚII ARHANGHELI MIHAIL ȘI GAVRIL”, DEAG, MS

Anamneza

Biserica de lemn din Deag cu hramul “Sfinții Arhangheli Mihail și Gavril” se află pe noua listă a monumentelor istorice sub codul M-II-m-A-15653. Satul Deag este localizat în partea centrală a Podișului Transilvaniei, în vestul județului Mureș, în Dealurile Târnavelor. Se află la 8 km de orașul Iernut, căruia îi aparține din punct de vedere administrativ. Biserica a fost construită în anul 1660 pe Dealul Mănăstirii și strămutată pe locul actual în anii 1764-1765 (Cristache Panait, 1993).

Lăcașul de cult, a fost construit conform tradiției, pe axa est-vest, pe o înălțime a satului, fiind adaptat terenului denivelat, în pantă. Prezintă o clopotniță detașată, realizată pe două niveluri. Pereții bisericii au fost realizați din bârne din lemn de pin, suprapuse în sistem blockbau, peste un soclu construit cu piatră spartă neregulată. Trecerea între soclu și pereți a fost realizată printr-o grindă de talpă, realizată din lemn de stejar.

Cu ocazia lucrărilor de restaurare realizate în anul 1986, s-a decis înlocuirea acoperișului, devenit incapabil de a mai proteja interiorul lăcașului de cult. În urma unor alunecări de teren superficiale petrecute în anul 2011, au fost realizate lucrări de consolidare a temeliei în partea de sud și cea de est. Piatra pusă în operă în secolul al XVIII-lea fost înlocuită cu plăci de beton, o intervenție neadecvată atât din punct de vedere estetic cât și structural.

Condițiile climatice sunt favorabile acțiunii tuturor proceselor de meteorizație. Meteorizația chimică și meteorizația biologică sunt susținute de o umiditate relativă medie de 76%-80% și de temperaturile ridicate din timpul lunilor de vară. Dezagregarea prin umezire-uscăre se poate realiza în timpul sezonului cald, atunci când, ploile de scurtă durată sunt urmate de perioade de evaporare intensă. Dezagregarea prin îngheț-dezghet este justificată de temperaturile negative înregistrate în timpul iernii, în special în luna ianuarie când temperatura medie este de -4°C , și de asemenea, de oscilațiile bruște de temperatură între valori pozitive și negative caracteristice iernilor și frecvente în lunile de tranziție.

Testul Mann-Kendall combinat cu panta Sen a evidențiat predominanța tendințelor de scădere la toți parametrii analizați. Frecvența ciclurilor diurne de îngheț-dezghet și grupa de intensitate 3 au înregistrat tendințe statistice semnificative.

Diagnosticarea degradărilor pietrei puse în operă

Studiul macroscopic și testul cu acid clorhidric realizat, releva faptul că soclul monumentului este constituit din gresii cu ciment carbonatic. Degradările suferite de materialul litic au fost identificate in situ, după recomandările lui Fitzner și Heinrichs (2002). Acestea sunt prezente pe toate laturile, fiind însă mai numeroase și mai severe pe cea de nord și cea de sud. Soclul monumentului “Sfinții Arhangheli” este afectat de următoarele degradări: exfoliere, dezintegrare granulară, eflorescențe, crustă deschisă la culoare, crustă colorată, alterare cromatică (oxidare), biofilm.

Probele au fost prelevate din roci cu expoziție nordică și sudică. Au fost vizate rocile puternic degradate ce au permis desprinderea facilă a materialului litic. S-au prelevat de asemenea, probe de rocă sănătoasă din aria sursă, Dealul Chinciușului.

Investigațiile în laborator au cuprins analize de microscopie optică, microscopie optică în lumină polarizată, microscopie electronică și analiză elementală (SEM-EDX) și difractometrie de raze X.

Analiza la microscop optic a probelor de rocă degradată și sănătoasă a permis identificarea cauzelor degradărilor observate macroscopic. Probele de rocă degradată prezintă un număr mare de pori intergranulari, ce au rezultat în urma procesului fizico-chimic de dizolvare al carbonatului de calciu (Ilieș et al., 2015). Imaginile microscopice ale probelor de crustă colorată au indicat prezența a două straturi. La exterior s-a observat un strat compact, format din oxizi și hidroxizi de fier, rezultat în urma proceselor de oxidare și respectiv, hidratare. Stratul interior este caracterizat de o porozitate intergranulară accentuată, rezultată în urma procesului de dizolvare a cimentului carbonatic.

Analiza secțiunilor subțiri la microscop optic cu lumină polarizată a permis identificarea compoziției mineralogice. Au fost observate cristale de cuarț, miche (muscovit), feldspat și fragmente bioclaste legate împreună cu ciment carbonatic. Studiul microscopic în lumină polarizată a evidențiat cristale de gips formate în porii secundari rezultați în urma dizolvării cimentului carbonatic. Presiunea exercitată în timpul cristalizării a putut contribui la dislocarea particulelor, cauzând astfel dezintegrarea granulară observată macroscopic (Ilieș et al., 2015).

Analiza SEM-EDX a crustelor deschise la culoare a permis identificarea gipsului și a calcitului secundar drept componente principale.

Analiza difractometrică a fost realizată pentru o probă de rocă sănătoasă și patru probe de rocă degradată. Difractogramele au evidențiat o componentă asemănătoare în

cazul tuturor probelor. Materialul litic este constituit preponderant din cuarț, mica și minerale argiloase. Mineralul secundar clorit este prezent în toate probele analizate. Linia acestuia este însă foarte mica în proba de rocă sănătoasă (DDC) și în cele prelevate din partea de sud (DS3, DS7). În cazul celor prelevate din partea de nord, linia mineralului argilos clorit este deosebit de mare în proba DN4, și mai mica în DN3. Se poate concluziona că alterarea este predominantă pe latura de nord a soclului care este, de altfel, cea mai predispusă reacțiilor chimice datorită microclimatului umed.

Diagnosticarea degradărilor lemnului pus în operă

Fațada sudică a fost meteorizată în principal de radiația solară. Lemnul prezintă coloratura specifică, o suprafață rugoasă și aşchiată pe alocuri. Degradările provocate de acest tip de meteorizație nu au afectat integritatea structurală ci din contră, au oferit lemnului o patină naturală estetică. Meteorizația prin umezire-uscare și îngheț-dezghet au supus lemnul unor mișcări repetate de dilatare și contractare, ce au avut ca rezultat apariția crăpăturilor în lungul fibrei și desprinderea nodurilor. Biodegradarea prin atac xilofag fost localizată în special pe grinda de talpă. Scurgerile de apă prin acoperișul defect au susținut dezvoltarea mușgaiului pe porțiuni de dimensiuni reduse, pe grinzile din partea superioară.

Fațada nordică a fost afectată de o serie de degradări specifice microclimatului umed. Întreaga fațadă este de culoare gri, caracteristică decolorării. Mișcările de dilatare și contractare s-au manifestat cu precădere la nivelul grinzii de talpă și al unei grinzi localizate în partea mediană a peretelui, unde au cauzat apariția unor crăpături de dimensiuni mari. Grinda de talpă a fost colonizată pe întreaga suprafață de mici pete de mușgai de culoare albă și neagră. Orificiile de zbor sunt prezente pe întreaga suprafață a fațadei însă numărul lor este mai mare pe grinda de talpă.

Degradările observate macroscopic au fost documentate și evidențiate prin metoda cartării.

Pentru realizarea investigațiilor de microscopie electronică, au fost prelevate două probe de dimensiuni reduse (5mm). Fragmentele de material lemnos au fost prelevate din zonele puternic degradate, precum grinda de talpă, din cadrul fațadei sudice (proba DLS1) și a celei nordice (proba DLN1).

Analiza la microscop electronic a celor două probe de lemn a confirmat prezența biodeteriogenilor. Imaginile SEM a probelor prelevate evidențiază hife și spori de ciupercă, precum și desprinderi în lungul fibrelor de lemn.

5. ANALIZA METEORIZAȚIEI PRIN ÎNGHEȚ-DEZGHEȚ ÎN DEPRESIUNEA TRANSILVANIEI

Meteorizația prin îngheț-dezghet este unul dintre cele mai active procese ce contribuie la dezagregarea rocilor puse în operă. Cunoașterea tendințelor de acțiune ale acestei forme de meteorizație este necesară pentru implementarea celor mai potrivite măsuri de conservare sau restaurare a monumentelor. Studiul nu a vizat monumente anume, ci a avut mai degrabă scopul de a oferi un tablou general al tendințelor în meteorizația prin îngheț-dezghet pe teritoriul Depresiunii Transilvaniei. Valorile temperaturilor zilnice minime și maxime au fost obținute de la stațiile meteorologice din Cluj-Napoca, Sibiu, Târgu-Mureș și Bistrița. Rezultatele obținute în urma analizei datelor de la Târnăveni (Bobohalma) au fost integrate în acest studiu. Puterea de dezagregare a procesului precum și tendințele meteorizației prin îngheț-dezghet au fost analizate urmărind metodologia aplicată în cazul monumentului “Sfinții Arhangheli Mihail și Gavril” din Deag.

La stațiile meteorologice Târnăveni (Bobohalma) și Cluj-Napoca predomină tendințele de scădere la toți parametrii analizați, frecvența ciclurilor de îngheț-dezghet înregistrând chiar tendințe statistic semnificative. La Tg. Mureș și Sibiu, se remarcă o neomogenitate a distribuției tendințelor, singurele statistic semnificative fiind cele de scădere ale grupei de intensitate 1. La Bistrița, predomină tendințele staționare.

Concluzii

Acțiunea proceselor de meteorizație și biodegradare asupra materialelor puse în operă este controlată de o serie de factori. Se remarcă, în special, condițiile climatice de amplasare a monumentului, ce determină tipul proceselor predominante. În cadrul monumentului, o importanță majoră o are expoziția materialelor față de punctele cardinale. Astfel, se diferențiază două microclimate, sudic și nordic, ce dictează apariția unor degradări specifice. Investigațiile dn teren au evidențiat de asemenea, importanța factorului biotic. Vegetația bogată, prezentă în imediata apropiere a monumentului, crează un microclimat umed, ce susține acțiunea proceselor chimice și biologice. Este cazul monumentului “Sfinții Arhangheli Mihail și Gavril”, din satul Turdaș, care, deși localizat într-o zonă cu deficit de umiditate, a fost biodegradat de către funghi, licheni și mușchi.

Piatra pusă în opera în cadrul monumentului “Sfinții Arhangheli Mihail și Gavril” din satul Deag, jud. Mureș a fost afectată, în special, de procesele meteorizației fizice.

Acestea au fost deosebit de severe pe latura cu expoziție sudică, unde, au cauzat dezagregarea parțială și chiar totală a unor roci. Se impune astfel, înlocuirea gresiilor ce au devenit incapabile de a-și îndeplini rolul în cadrul structurii, cu altele sănătoase, extrase de preferință din aria sursă.

Procesele de meteorizație nu au cauzat degradări alarmante la nivelul lemnului pus în operă. Atacul xilofag și mucegaiul de pe fațada de sud și cea de nord, nu au pus în pericol integritatea lemnului, însă agravarea lor trebuie prevenită prin aplicarea unor tratamente de biocidare.

Analiza tendințelor parametrilor procesului de meteorizație prin îngheț-dezghet a evidențiat schimbări semnificative la stațiile din Cluj-Napoca și Târnăveni (Bobohalma). La aceste stații predomină tendințele de scădere. Se poate concluziona că, în aceste zone, puterea de dezagregare a ciclurilor diurne de îngheț-dezghet își pierde din agresivitate, asigurând o degradare mai lentă a materialelor puse în operă.