

### 3. INGINERIE ȘI DEZVOLTAREA IMOBILULUI

#### INFLUENȚA SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ASUPRA PATRIMONIULUI ARHITECTURAL NAȚIONAL

**Gheorghe CROITORU**, doctor inginer

Departamentul Inginerie, Drept și Evaluarea Imobilului, Facultatea Construcții, Geodezie și Cadastru  
e-mail.: [gheorghe.croitoru@dmmc.utm.md](mailto:gheorghe.croitoru@dmmc.utm.md)

**Rezumat:** Pentru multe țări din întreaga lume, turismul este principala sursă de venit, însă schimbările climatice pot schimba semnificativ caracteristicile geologice ale terenului, dar și a monumentelor istorice pe care turiștii vin să le vadă. Una dintre problemele grave în domeniul protecției patrimoniului cultural și istoric este lipsa planurilor de combatere a schimbărilor climatice la scară națională, inclusiv măsuri specifice pentru patrimoniu, ceea ce face și mai vulnerabile monumentele istorice și culturale.

Dezagregarea și eroziunea monumentelor istorice, cauzată de precipitații abundente și acide, pot afecta chiar și cele mai rezistente materiale, inclusiv marmura. Pentru a urmări impactul schimbărilor climatice, în vederea monitorizării obiectelor de patrimoniu, este necesar ca cercetătorii și administratorii de patrimoniu istorico-cultural să aplice metode de monitorizare detaliată, prin dezvoltarea de noi tehnologii de investigație.

**Cuvinte-cheie:** schimbări climatice, dezastre ecologice, degradarea monumentelor istorice, protecția patrimoniului cultural, legislația europeană și națională, salvagardarea patrimoniului.

**Abstract:** For many countries around the world, tourism is the main source of income, but climate change can significantly change the geological characteristics of the land, but also of the historical monuments that tourists come to see. One of the serious problems in the protection of cultural and historical heritage is the lack of plans to combat climate change at the national level, including specific measures for heritage, which makes historical and cultural monuments even more vulnerable.

The disintegration and erosion of historic monuments, caused by heavy and acid rainfall, can affect even the strongest materials, including marble. In order to monitor the impact of climate change, in order to monitor heritage objects, it is necessary for researchers and administrators of historical and cultural heritage to apply detailed monitoring methods, through the development of new investigative technologies.

**Keywords** - climatic changes, ecological disasters, degradation of historical monuments, protection of cultural heritage, european and national legislation, safeguarding heritage.

#### **Introducere**

Alternarea frecventă a factorilor meteo-climatici de risc „rece-cald” și „umed-uscat”, afectează toate ramurile economiei naționale, în special: stabilitatea, durabilitatea, durata de viață a construcțiilor și elementelor acestora, eficiența energetică a clădirilor, precum și a bunurilor imobile de patrimoniu cultural. Acești factori, la etapa actuală, trebuie luați în calcul nu numai la proiectarea construcțiilor, dar și la conservarea patrimoniului arhitectural național.

Schimbările climatice și dezastrele ecologice pot avea un impact semnificativ asupra obiectelor de patrimoniu istoric și cultural, situate preponderent în orașele țării. Aceste schimbări climatice au un impact negativ și asupra industriei turismului, deoarece sunt necesare schimbări în modul în care sunt deserviți turiștii, în special microclimatul din încăperile obiectelor de patrimoniu vizitate.

#### **Legislația europeană și națională în domeniul schimbărilor climatice**

Comunitatea Europeană a adoptat o legislație ambițioasă în mai multe domenii de politici, pentru a-și pune în aplicare angajamentele internaționale privind schimbările climatice. Astfel au fost stabilite

obiective obligatorii privind emisiile pentru sectoarele-cheie ale economiei, în vederea reducerii substanțiale a emisiilor de gaze cu efect de seră.

În conformitate cu Acordul de la Paris, liderii UE au aprobat un obiectiv obligatoriu de reducere internă netă cu cel puțin 55 % a emisiilor de gaze cu efect de seră până în 2030 comparativ cu 1990, o creștere semnificativă față de obiectivul anterior al UE pentru 2030 de reducere a emisiilor cu 40 %.

Acordul provizoriu cu privire la Legea europeană a climei, care vizează transpunerea în legislația europeană a obiectivului de reducere a emisiilor pentru 2030 a fost adoptat de miniștrii UE în iunie 2021 [1].

La nivel național a fost adoptată Hotărârea de Guvern nr. 444/2020 [2], care conține două regulamente cu privire la mecanismul intersectorial de coordonare a procesului de adaptare la schimbările climatice și mecanismul de coordonare a acțiunilor adecvate de atenuare la nivel național, având ca scop instituirea cadrului normativ pentru luarea deciziilor în domeniul adaptării la schimbările climatice, susținut prin instrumente de planificare, implementare, monitorizare, raportare și evaluare, precum și instituirea cadrului normativ și instituțional pentru desfășurarea procesului de elaborare, evaluare, aprobare, monitorizare, raportare și verificare a acțiunilor adecvate de atenuare la nivel național.

De asemenea, în cadrul hotărârii menționate, este prevăzută organizarea și funcționarea Comisiei naționale privind schimbările climatice, care este un organ interinstituțional, fără personalitate juridică, constituit în scopul coordonării și promovării măsurilor și acțiunilor necesare aplicării unitare pe teritoriul Republicii Moldova a prevederilor Convenției-cadru a Organizației Națiunilor Unite cu privire la schimbarea climei (în continuare – CONUSC) și Acordului de la Paris. Această Comisie are ca obiectiv coordonarea, la nivel național, a procesului de implementare a prevederilor CONUSC și a altor tratate internaționale din domeniul schimbărilor climatice la care Republica Moldova este parte, rapoartelor naționale în domeniul schimbărilor climatice, precum și asigurarea realizării atribuțiilor și obiectivelor, în limitele competenței stabilite.

### **Degradarea patrimoniului arhitectural**

În contextul schimbărilor climatice și a încălzirii globale, fenomenele climatice extreme prezintă factori de risc pentru întreg patrimoniul arhitectural din Republica Moldova [3]. În rezultatul acțiunii complexe (chimice, fizico-chimice, biologice etc.) a mediului înconjurător distrugerii prin coroziune, dezagregare și eroziune sunt supuse majoritatea monumentelor istorice și de artă, iar viitorul acestora pare incert, deoarece efectele schimbărilor climatice amenință unele dintre cele mai importante părți ale culturii și istoriei noastre.

Poluarea aerului prin gaze acide este principala cauză a degradării monumentelor istorice din mediul urban, deoarece aerul din zonele cu o poluare de mare concentrație conține, în medie, mai multe impurități solide și gazoase, care accelerează degradarea zidăriei și a tencuielilor.

La clădirile de patrimoniu, asemenea manifestări se referă la decolorarea treptată a fațadelor, degradarea tencuielilor, la umezirea și pătarea suprafețelor elementelor de construcții, la apariția eflorescențelor la zidărie, petelor de rugină, a putregaiului, atacul bacteriilor anaerobe etc.

În cazul zidăriilor, distrugerile se manifestă prin slăbirea rezistenței mecanice a blocurilor de zidărie și a mortarelor de legătură, prin dezagregarea suprafețelor poroase, ca urmare a ciclurilor de îngheț-dezghet, prin fenomenul de apariție a igrasiei, ca urmare a umezelii persistente reținute în porii zidăriei [4].

Distrugerea materialelor din piatra de calcar, din care sunt construite majoritatea clădirilor istorice, este cauzată de precipitațiile abundente și acide, care au rolul de solvent, afectând chiar și elementele din marmură [5].

De asemenea, efectele fenomenelor climatice extreme se pot manifesta și prin coroziunea atmosferică ([6], [7]) a elementelor decorative metalice, ale clădirilor de patrimoniu, în mare parte prin defecte de suprafață sau în fisurile elementelor de construcții. De exemplu, perioadele anului cu ploi abundente (primăvara și toamna), în combinație cu dioxidul de azot ( $\text{NO}_2$ ) din atmosferă, provoacă o viteză de coroziune a oțelului de 4 ori mai mare, decât vara sau iarna. Oxigenul ( $\text{O}_2$ ) din atmosferă acționează ca depolarizant, favorizând procesul de coroziune ( $2\text{Fe} + \text{O}_2 = 2\text{FeO}$ ), având acces pe suprafața metalului, mai ales datorită faptului că pelicula de umiditate este subțire. Dioxidul de carbon ( $\text{CO}_2$ ), având o concentrația mare în atmosferă ( $\text{Fe} + \text{CO}_2 = \text{FeO} + \text{CO}$ ), se dizolvă ușor în apa condensată de pe suprafața metalică, provocând pete de rugină.

Amenințările privind pierderea fizică (distrugerea) a obiectelor de patrimoniu sunt asociate cu procese naturale de îmbătrânire, care sunt accelerate de:

- condițiile climatice nefavorabile (umiditate ridicată, ciclurile de îngheț-dezghet etc.);
- dezastrele naturale (inundații, alunecări de teren, uragane, rafale de vânturi puternice, furtuni);
- caracteristicile geologice și hidrologice ale solurilor (soluri instabile structural);
- poluarea atmosferică;
- urbanizarea necontrolată și traficul auto intens;
- construcțiile neautorizate în zonele protejate ale siturilor naturale, monumentelor istorice și de cultură [8];
- regimul necorespunzător de exploatare a clădirii;
- incendiile violente;
- actele de vandalism și alte acțiuni agresive.

Pentru conservarea obiectelor de patrimoniu cultural, turismul intensiv de asemenea reprezintă un pericol, ducând la o încărcare excesivă a acestora. Sunt dezastruoase și restaurările „neautorizate”, care prejudiciază autenticitatea monumentului arhitectural.

### **Măsuri de salvagardare a patrimoniului arhitectural**

Una dintre problemele grave în domeniul protecției patrimoniului arhitectural și istoric este lipsa planurilor de combatere a schimbărilor climatice la scară națională, inclusiv a măsurilor specifice pentru patrimoniu, ceea ce face să fie și mai vulnerabile monumentele istorice.

Măsurile de salvagardare a patrimoniului arhitectural și istoric al Republicii Moldova ar trebui să fie integrate, printre alte priorități, în Strategia Națională de Dezvoltare, ținându-se seama de schimbările climatice din ultimii ani.

În vederea salvagardării, dezvoltării și punerii în valoare a patrimoniului arhitectural existent pe teritoriul său, Guvernul ar trebui să ia măsuri pentru:

- a) adoptarea unei politici generale pentru punerea în valoare a funcției patrimoniului arhitectural în societate și pentru a integra salvagardarea acestui patrimoniu în programele planificate;
- b) desemnarea sau înființarea unuia sau mai multor organisme competente pentru salvagardarea patrimoniului arhitectural, prezent pe teritoriul țării;
- c) sprijinirea studiilor științifice și tehnice [9], precum și a metodologiilor de cercetare în scopul salvagardării efective a patrimoniului arhitectural istoric, în special a celui aflat în pericol;
- d) adoptarea unor măsuri adecvate de ordin juridic, tehnic, administrativ și financiar, pentru conservarea/restaurarea patrimoniului cultural construit, în vederea includerii în circuitul turistic.

În aceste condiții, oamenii de știință, gestionarii de patrimoniu și factorii de decizie politică trebuie să studieze evoluția datelor climatice pentru următorii ani, pentru a înțelege schimbările care au loc și pentru a ne face trecutul mai rezistent pentru viitor.

Principiul de bază este conservarea cuprinzătoare a patrimoniului, conform căruia această activitate este eficientă numai în cadrul politicii de dezvoltare economică și socială a orașelor, ca parte

a proiectelor de planificare și urbanism pe termen lung. Conservarea obiectelor de patrimoniu cultural ar trebui să fie un element cheie al strategiei de reînnoire urbană.

Principiul conservării integrate include funcțiile de inițiere, control și coordonare ale organismelor guvernamentale în dezvoltarea parteneriatelor public-private. Trebuie încurajată o abordare interdisciplinară, interdepartamentală a conservării patrimoniului cultural, folosind toate resursele disponibile. Sarcina conservării patrimoniului cultural trebuie rezolvată nu numai de autoritățile de protecție a monumentelor, ci și de acele structuri, care se ocupă de urbanism și arhitectură, economie și dezvoltare industrială, ecologie, transport, amenajare, complexul imobiliar, locuințe și servicii comunale, servicii juridice etc.

Procesele de îmbătrânire naturală sunt determinate de ciclurile de viață ale clădirilor de patrimoniu și ale materialelor de construcție utilizate, limitele de siguranță ale exploatării structurilor.

Accelerarea distrugerii fizice a obiectelor de patrimoniu cultural, de către factorii antropici și naturali, reprezintă o amenințare pentru conservarea acestora și imposibilitatea de a fi transmise generațiilor viitoare în starea lor inițială. Disproporția dintre pericolele, care trebuie prevenite și mijloacele folosite în aceste scopuri, este în continuă creștere. Nu există metode de conservare perpetuă, sarcina principală fiind oprirea proceselor de îmbătrânire și uzură naturală, pentru a minimiza factorii de accelerare a acestora.

Lipsa unei protecții adecvate a clădirilor și structurilor de patrimoniu de condițiile meteorologice nefavorabile, sarcina asupra solurilor și structurilor, poluarea cu gaze și ploile acide creează un efect cumulativ. Se activează procesele de coroziune a metalelor și carbonatarea straturilor de tencuială, patina afânată corodează suprafețele din bronz și cupru [10], acțiunea abrazivă a vânturilor distruge suprafețele monumentelor, granitul și marmura regenerează, apele subterane distruge fundațiile, atacul biologic se răspândește la structurile din lemn.

Măsurile și metodele de contracarare a fenomenelor distructive, care pot fi aplicate:

- reducerea surselor de poluare și vibrații (redirecționarea vehiculelor, limitarea parcărilor în zonele protejate, interzicerea circulației vehiculelor în apropierea monumentelor deosebit de valoroase; mutarea întreprinderilor industriale din zonele protejate etc.);
- diminuarea vulnerabilității clădirilor istorice prin exploatarea și întreținerea corespunzătoare a structurilor, protecția clădirilor de condițiile meteorologice nefavorabile, eliminarea defectelor care slăbesc structura de rezistență, permițând pătrunderea și mișcarea capilară a apei, împiedicând evaporarea;
- reabilitarea funcțională și structurală, utilizarea eficientă a clădirilor-monumente, demne de valoarea lor și care nu diminuează starea acestora [11];
- interzicerea utilizării unor materiale necorespunzătoare și dăunătoare în lucrările de restaurare, conservare și reparare;
- protecția fizică (consolidarea ușilor, supravegherea video, centru de control etc.);
- crearea unor condiții de microclimat interior, potrivite pentru prevenirea degradărilor;
- controlul riscurilor de izbucnire, dezvoltare și propagare a incendiilor [11].

Insuficiența măsurilor de protecție necesită studii interdisciplinare ale proceselor de uzură a clădirilor istorice, a impacturilor și interacțiunilor distrugerii fizice, chimice și biologice, bazate pe monitorizarea și prognoza constantă a dezvoltării acestora.

Pentru fiecare tip de pericol, în funcție de fiecare tip de structuri a clădirilor istorice, trebuie elaborate măsuri preventive cu un set de măsuri organizatorice, administrative și tehnice (conservare/restaurare) privind prevenirea amenințărilor, reducerea pierderilor și a daunelor.

Întreținerea potrivită și exploatarea corectă este cea mai eficientă și singura metodă de conservare a patrimoniului. Demararea oportună a lucrărilor de prevenire și conservare măresc timpul dintre

perioadele de restaurare. Într-un anumit sens, conservarea (diverse metode de protecție a structurilor vulnerabile [12], a părților unei clădiri și decorului) poate fi o alternativă potrivită la restaurarea destul de scumpă.

### **Monitorizarea evoluției schimbărilor climatice**

Pentru a ajuta specialiștii să înțeleagă potențialele pagube cauzate de schimbările climatice, oamenii de știință sunt implicați mai activ în colectarea datelor climatice necesare pentru administratorii patrimoniului arhitectural, autoritățile publice locale și centrale. La scară internațională, organizația UNESCO dorește să creeze un sistem informațional unic, de monitorizare și investigație, care să includă tipuri de date pe care oricine le poate folosi, fiind nevoie de softuri speciale pentru interpretarea datelor climatice, necesare managerilor responsabili de administrarea anumitor tipuri de obiecte de patrimoniu arhitectural.

Astfel, de oameni de știință a fost elaborat un soft, pe baza datelor de la Serviciul de monitorizare a atmosferei - Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS), care poate fi folosit pentru a lucra cu patrimoniul cultural și istoric.

CAMS furnizează date pentru perioadele anterioare și oferă prognoze pentru viitor cu privire la creșterea nivelului mării, riscul de evenimente meteorologice extreme sau inundații imprevizibile, precum și factori care afectează patrimoniul cultural și istoric, cum ar fi umiditatea excesivă a aerului, vânturile puternice, căderi de grindină etc.

### **Concluzii:**

Comunitatea Europeană a adoptat o legislație ambițioasă pentru a-și pune în aplicare angajamentele internaționale privind schimbările climatice, stabilind obiective obligatorii privind emisiile pentru sectoarele-cheie ale economiei, în vederea reducerii substanțiale a emisiilor de gaze cu efect de seră.

Guvernul Republicii Moldova a instituit un mecanism de coordonare a activităților în domeniul schimbărilor climatice, având ca scop instituirea cadrului normativ pentru luarea deciziilor în domeniul adaptării la schimbările climatice.

În contextul schimbărilor climatice și a încălzirii globale, fenomenele climatice extreme prezintă factori de risc pentru patrimoniul arhitectural-istoric. La efectele fenomenelor climatice se adaugă și emisiile unui șir de poluanți atmosferici, cum ar fi poluarea cu ozon, dioxid de carbon, dioxid de azot și pulberi în suspensie, care contribuie la reducerea duratei de exploatare și de existență a obiectelor de patrimoniu.

Studiile efectuate, demonstrează caracterul extrem de variabil în timp și spațiu a parametrilor climatici de bază, care vor putea contribui la selectarea cu atenție a măsurilor privind atenuarea consecințelor schimbărilor climatice asupra fondului de patrimoniu național. Daunele cauzate bunurilor imobile de patrimoniu antrenează costuri ridicate pentru societate și economie.

La nivel național este necesară elaborarea planurilor de combatere a schimbărilor climatice, inclusiv a măsurilor specifice pentru patrimoniu arhitectural, măsurile de salvagardare a patrimoniului arhitectural și istoric fiind integrat, printre alte priorități, în Strategia Națională de Dezvoltare, ținându-se seama de schimbările climatice din ultimii ani.

Întreprinderea unor măsuri, care vor ține seama de impactul potențial al schimbărilor climatice asupra patrimoniului arhitectural, vor oferi oportunități pentru piețe noi de tehnologii, utilaje, materiale și produse de construcții rezistente la efectele schimbărilor climatice.

Trebuie revizuite codurile practice și reglementările existente, cu privire la construcții, sub aspectul de schimbări climatice ca parte integrantă a planificării și execuției lucrărilor de restaurare/conservare a patrimoniului arhitectural național.

**Referințe bibliografice:**

1. Consiliul european - <https://www.consilium.europa.eu/ro/policies/climate-change/>
2. Hotărârea de Guvern nr. 444 din 01 august 2020 cu privire la instituirea mecanismului de coordonare a activităților în domeniul schimbărilor climatice (Publicat: 24.07.2020 în Monitorul Oficial Nr. 188-192 art. 635).
3. Gheorghe Croitoru. Influența unor factori de mediu asupra monumentelor istorice ale Republicii Moldova - BULETINUL „INCERCOM”. - Chișinău. 23 mai - 2014. - nr. 5-CN, pag. 88-96. ISSN 1857-3762.
4. Gheorghe Croitoru. A case study about degradation of the buildings and their building elements as a result of climate change. Journal of Engineering Science, Fascicle Architecture, Civil and Environmental Engineering. Vol. XXVIII, no. 4 (2021), pp. 144-155. ISSN 2587-3474. eISSN 2587-3482.
5. Gheorghe Croitoru. Studiul stării materialelor de zidărie din calcar, ale construcțiilor de patrimoniu, sub influența factorilor mediului ambiant și metode de protecție a acestora. - Seminarul Științific Național „Problematica patrimoniului arhitectural în Republica Moldova. Evaluarea imobilului conform standardelor internaționale de evaluare”. 11-13 noiembrie 2020, pag. 97 – 105. Chișinău UTM. Facultatea Construcții Geodezie și Cadastru. Departamentul Inginerie, Drept și Evaluarea Imobilului. ISBN 978-9975-3481-3-3.
6. SM EN ISO 9223:2016 Coroziunea metalelor și aliajelor. Coroziivitatea atmosferelor. Clasificare, determinare și estimare.
7. SM EN ISO 12944-2:2018 Vopsele și lacuri. Protecția prin sisteme de vopsire a structurilor de oțel împotriva coroziunii. Partea 2: Clasificare a mediului.
8. Hotărârea de Guvern nr. 1009 din 05 mai 2000 despre aprobarea Regulamentului privind zonele protejate naturale și construite (Publicat: 12.10.2000 în Monitorul Oficial Nr. 127-129 art. 1114).
9. Gheorghe Croitoru. Analiza cadrului legislativ și normativ în construcții privind evaluarea și intervenția la clădirile patrimoniului cultural istoric - Patrimoniul arhitectural: aspecte tehnice, economice și juridice, seminar științific național. Materialele Seminarul Științific Național organizat în cadrul Proiectului de Stat „Sporirea valorii patrimoniului cultural din Republica Moldova” 27-28 octombrie, 2021. Pag.6-16. UTM. FCGC, Editura „MS Logo” SRL. ISBN 978-9975-3464-3-6.
10. Gheorghe CROITORU, Ion RUSU – Corroziion of bronze art ojects and methods of restoration - The Annals of «Dunărea de Jos» University of Galati, Fascicle IX, Faculty of Metallurgy and Materials Science, Year XXVII (XXXII), May 2009, no. 1, page 148-153. ISSN 1453-083X.
11. Gheorghe Croitoru. Approaches Regarding the Functional and Structural Rehabilitation of Historical Monumental Buildings - Open Access Library Journal. Jun. 10, 2021, Volume 8, e7497. ISSN Online: 2333-9721. ISSN Print: 2333-9705.
12. Gheorghe Croitoru. Igor Colesnic. Methods of protection of national architecture monuments - The Annals of „Dunarea de Jos” University of Galati. Fascicle IX. Metallurgy and materials science. Page 30-37. NO. 1 – 2013, ISSN 1453 – 083X.

*Articolul a fost realizat în cadrul proiectului de cercetare nr. 20.80009.0807.34 „Sporirea valorii patrimoniului cultural din Republica Moldova”.*