

GRESII UTILIZATE CA MATERII PRIME LA MĂNĂSTIREA CISTERCIANĂ CÂRȚA (JUDEȚUL SIBIU, ROMÂNIA) SANDSTONES USED AS RAW MATERIALS AT CÂRȚA CISTERCIAN MONASTERY (SIBIU COUNTY, ROMANIA)

ANAMARIA MIHĂILĂ*, MARCEL BENEĂ

Departmentul de Geologie, Universitatea "Babeș-Bolyai", Str. Kogălniceanu nr. 1, 400084, Cluj-Napoca, România

Mănăstirea Cisterciană Cârța a fost atestată documentar la începutul secolului al XIII-lea și este considerată ca fiind primul monument gotic timpuriu din Transilvania. Este situată pe malul stâng al Oltului, între localitățile Sibiu și Făgăraș. Materiile prime utilizate la ridicarea monumentului sunt gresii miocene (litarenite) cu ciment carbonatic și frecvent bioclaste. Studiul este concentrat pe portalul vestic al mănăstirii și fereastra geminată de la fosta sală capitulară, asupra cărora am realizat cartarea blocurilor de gresii. Lucrarea prezintă caracteristicile petrografice ale gresiilor pe baza studiului detaliat la microscopul polarizant: gradul de sortare, dimensiunea medie a clastelor și compoziția mineralogică, aceasta din urmă fiind corelată cu rezultatele difracțiilor de raze X.

Cârța Cistercian Monastery was first attested at the beginning of the XIIIth century and is considered to be the first early gothic monument in Transylvania. It is located on the left side of the river Olt, between Sibiu and Făgăraș cities. The raw materials used at the construction of the monument are Miocene sandstones - litharenites with carbonate cement and bioclasts. The study focuses on the western portal of the monastery and the gminate window from the former chapter hall, on which we performed the mapping of the sandstone blocks. The paper presents the petrographic characteristics of the sandstones after detailed study on the polarised microscope: sorting degree, medium grain size and mineralogical composition, the latter one correlated also with XRD-analysis

Keywords: Building stones, Cârța Cistercian Monastery, Sandstones, Miocene (Sarmatian).

1. Introducere

O mare parte a fostei abații cisterciene de la Cârța se află astăzi în stare de ruină. La sfârșitul secolului al XIII-lea era unul din cele mai impunătoare ansambluri arhitectonice monahale din sud-estul Europei [1]. Abația a fost fondată de către regele Andrei al II-lea al Ungariei la începutul secolului al XIII-lea, însă în 1474 este desființată de către regele Matei Corvin.

Interferența amănuntelor gotice în complexul arhitecturii romanice începând cu ultima parte a secolului al XIII-lea se datorează șantierelor care adoptaseră principiile goticii burgunde, introduse în Transilvania de către călugării cistercieni [2]. Cistercienii preferau o viață restrânsă la mijloace modeste de subsistență, dobândite prin munca proprie, față de confortul benedictin. Arhitectura abațiilor cisterciene inspiră pretutindeni aceeași ambianță spirituală subtilă și prezintă o armonie desăvârșită între formă și funcție [1].

Clădirile abației de la Cârța erau grupate pe laturile unei curți pătrate: pe latura nordică - biserica, legată de aripa estică a abației, continuată de aripa sudică a claustrului. S-a folosit piatră fasonată doar la detaliile arhitecturale, mănăstirea fiind ridicată în rest din piatră brută.

Lucrarea are la bază studiul detaliat al portalului principal de pe fațada vestică și al ferestrei geminate de la fosta sală capitulară, unde s-a utilizat piatră fasonată și sculptată. Acestea, se

1. Introduction

A large part of the former Cistercian abbey from Cârța is now in a state of ruin. At the end of the XIIIth century it was one of the most imposing monastic architectural complex from south-eastern Europe [1]. The abbey was founded by King Andreas the IInd of Hungary at the beginning of the XIIIth century, but in 1474 it was abolished by King Matthias Corvinus of Hungary.

Starting with the last part of the XIIIth century, the interference of gothic details in the complex of Romanesque architecture is due to construction sites that have adopted the burgundy gothic principles, introduced in Transilvania by the cistercian monks [2]. The cistercians preferred a restrictive life by modest ways of living achieved through their own work, to benedictine comfort. The cistercian abbey architecture suggests everywhere the same spiritual environment and presents a defined harmony between shape and function [1].

The buildings of Cârța abbey were grouped on the sides of a square yard: on the northern side is the church, connected to the eastern side of the abbey, continued by the south wing of the cloister. The monastery was build from raw stone, the dimensional building stone being used only at plastic details.

The paper focuses on the detailed study of the main portal from the western façade and the gminate window from the former chapter hall,

* Autor corespondent/Corresponding author,
Tel. +40741484109, E-mail: anamaria.mihaila@gmail.com

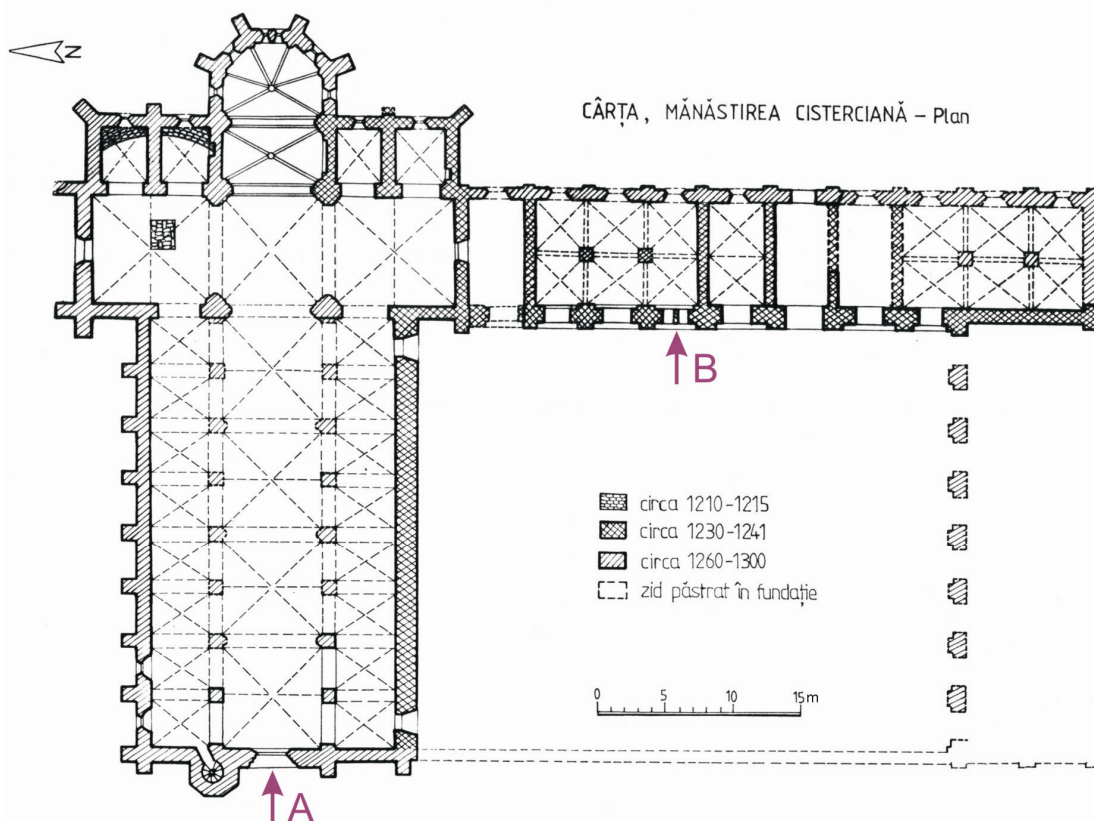


Fig. 1 - Mănăstirea Cisterciană Cârța – Plan și etape de construcție (Busuioc-von Hasselbach, 2000) A – portal; B – fereastra geminată / Cârța Cistercian Monastery – Plan and building stages (Busuioc-von Hasselbach, 2000) A –portal; B – gminate window

presupune că au fost ridicate în etape diferite de construcție (fig. 1), mănăstirea fiind distrusă în 1241 de invazia tătară. Reconstrucția începe după 1264 și se continuă până la începutul secolului al XIV-lea, fațada vestică fiind ridicată în această perioadă [3]. Deși zidirea bisericii s-a realizat relativ repede și fără modificări de proiect, portalul vestic frapează prin existența formelor gotice mature, ca de exemplu friza decorată cu frunziș gotic naturalist care înlocuiește capitulurile [2].

Studiile de petroarheometrie sunt necesare atât pentru identificarea materiei prime utilizate pentru obținerea de materiale de construcții [4], cât și a ariei sursă a rocilor folosite la diferite monumente. Aria sursă a materialului folosit la zidurile de la Cârța (cariera) nu este precizată cu exactitate, fiind menționat doar arealul satului Colun, situat la 10 km vest de Cârța. Depozitele sarmațiene din zonă au fost descrise de Ilie [5] ca fiind formate în general din nisipuri micacee sau feruginoase, gresii micacee cenușii, concrețiuni grezoase, argile și marne. Descrierea sumară nu precizează gresiiile din acest areal ca fiind gresii calcaroase, fapt dovedit după studiul aflorimentelor din zonă. Caracteristicile mineralogice, petrografice și paleontologice ale gresiiilor care aflorăază pe Valea Fermelor (nord-est de satul Colun) au fost comparate cu fragmente de gresii utilizate la zidurile abației de la Cârța.

where dimensional and sculptured building stone were used. It's presumed they were built in different stages (Fig. 1), since the monastery was devastated by the tatar invasion in 1241. The reconstruction begins after 1264 and continues till the beginning of the XIVth century, period to which the western façade belongs [3]. Although the construction of the church proceeded rather fast, the western portal is surprising because of the mature gothic features, like the naturalist gothic leaves decorating the frieze instead of the former column heads [2].

Petroarchaeometricall studies are required in order to identify both raw material used to produce building materials [4], and the source area of the rocks used at different monuments. The source area location for for the rock used at Cârța is not precise - reference is made to the Colun village area, located 10 km west of Cârța. The Sarmatian deposits from that region were described by Ilie [5] as being composed of micaceous and ferruginous sands, micaceous sandstones, arenaceous concretions, clays and marls. The brief description does not specify the sandstones in this area as calcareous sandstones, as evidenced by our study of the outcrops nearby.

The mineralogical, petrographic and paleontological characteristics of the micaceous sandstones that occur on Fermelor Valley, located north-west of Colun village, were compared to

2. Metode

Pentru cartare s-au utilizat ca bază de date fotografiile detaliate ale portalului și ferestrei geminate. Pentru desenarea fiecărui bloc de piatră s-a folosit Aiptek media Tablet 14000U, după importarea imaginilor în Corel Draw. Blocurile au fost apoi colorate diferit pe cartare, în funcție de tipul de material utilizat și numerotate conform poziționării lor.

Probele prelevate au fost denumite după cum urmează: Px – probe din partea vestică a portalului; PEx – probe din partea estică a portalului; FGWx – probe din partea vestică a ferestrei geminate; FGEx – probe din partea estică a ferestrei geminate; CFGWx – probe de crustă de la suprafața materialului din partea vestică a ferestrei geminate; Cx – probe din gresiile de la Colun (aria sursă), unde x reprezintă o valoare numerică atribuită probelor în funcție de ordinea colectării acestora.

Analizele de difracții de raze X pe gresii au fost realizate conform metodei descrise de Koch & Rothe [6]. Determinarea compoziției mineralogice a gresiilor a fost realizată pe pulberea probelor mojarate. Echipamentul folosit a fost difractometrul Phillips PW 1310 cu radiație de Cu K α filtru Nickel (conexiune la 35 kV și 25 mA). Viteza de scanare a fost de 2 θ /min. Probele au fost preparate prin orientarea aleatorie a pulberii cu particule < 30 μ m.

Conținutul total de carbonat a fost determinat prin metoda „bombei carbonatice” [7] și a fost utilizat ca etalon pentru toate probele analizate, în vederea stabilirii ponderii cuarțului, feldspaților și a filossilicaților. Cu toate acestea, rezultatele trebuie considerate ca semicantitative între valorile indicate.

Analiza granulometrică a gresiilor s-a realizat pe secțiuni subțiri (microscopul polarizant) prin măsurarea a mai mult de 300 de claste din fiecare probă. Pentru evaluarea datelor și stabilirea documentației grafice s-a folosit scara logaritmică (scara Φ) introdusă de Krumbein [8] ($\Phi = -\log_2 d$). Cu ajutorul acesteia au fost reprezentate grafic curbele cumulative de frecvență granulometrică, pe baza acestora putându-se determina valorile utilizate pentru calculul parametrilor statistici. Relevante în acest caz sunt valorile dimensiunilor medii (M) ale clastelor și a coeficientului de sortare (So) a gresiilor calculate cu formulele:

$$M = (\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}) / 3$$

$$So = (\Phi_{84} - \Phi_{16}) / 4 + (\Phi_{95} - \Phi_5) / 6,6.$$

Pentru completarea datelor privind compoziția mineralogică, dar și pentru identificarea diferitelor claste care intră în compoziția gresiilor și a altor caracteristici petrografice s-au realizat secțiuni subțiri (grosime sub 20 μ m), care s-au studiat la microscopul polarizant Zeiss Axioskop. Acestea au fost impregnate cu pigment albastru înainte de prelucrare, pentru a se evidenția porozitatea. Fotografiile la microscop au fost

different sandstone fragments used at the walls of Cârța abbey.

2. Methods

For the mapping procedure we used detailed pictures of the portal and the geminate window. After importing them in Corel Draw, an Aiptek media Tablet 14000U was used for the drawing of each building stone. The blocks were then filled with different color, according to the type of material used and numbered according to their position.

The collected samples were named as follows: Px – samples from the western side of the portal; PEx – samples from the eastern side of the portal; FGWx – samples from the western side of the geminate window; FGEx – samples from the eastern side of the geminate window; CFGWx – crust samples from the surface of the material located on the western side of the geminate window; Cx – samples from the Colun sandstones (source area), where x stands for a numeric value given to the samples according to the order in which they were collected.

The XRD-analysis of the sandstones was carried out on bulk samples according to the methods described by Koch & Rothe [6]. The determination of the mineral composition was conducted on powdered bulk samples. Equipment used was a Phillips PW 1310 diffractometer. Nickel-filtered Cu K α radiation was used, and the generator was run at 35 kV and 25 mA. Scanning speed was 2 θ /min. The samples were prepared with a random orientation of the powder with particles < 30 μ m. The total carbonate content was determined by the “carbonate bomb” method [7] and used as an internal standard for all the analysed samples, in order to determine the content of quartz, feldspars and phyllosilicates. Nevertheless, the results must be regarded as semiquantitative within the indicated ranges.

Grain-size analysis of the sandstones was performed using thin sections (polarizing microscope) by measuring > 300 grains from each sample. For the evaluation of the data and for establishing the graphic documentation the logarithmical scale (Φ scale) was used as presented by Krumbein [8] ($\Phi = -\log_2 d$). With it we were able to graphically represent the cumulative curves of grain-size frequency for further determination of the values needed to calculate the statistical parameters. Relevant are the values for medium grain size and the sorting coefficient of the sandstones, calculated with the formulas:

$$M = (\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}) / 3$$

$$So = (\Phi_{84} - \Phi_{16}) / 4 + (\Phi_{95} - \Phi_5) / 6,6.$$

Thin sections (thickness < 20 μ m) were made and studied at the Zeiss Axioskop polarising microscope to complete the data regarding the mineralogical composition, and also to identify different clasts and other petrographic

realizate cu aparatul ProgRes C10 corelat cu programul compatibil ProgRes Capture Pro 2.0.

3. Rezultate și discuții

3.1 Cartare

Pentru cartare și studiul materialelor utilizate s-au luat în considerare două detalii arhitecturale importante: portalul principal localizat pe fosta fațadă vestică a abației și fereastra geminată localizată pe unul din zidurile sălii capitulare, care se presupune că au fost ridicate în două etape diferite ale construcției (fig. 1).

Diferențierea tipurilor de gresii utilizate la ridicarea portalului (fig. 2) și a ferestrei geminate (fig. 3) s-a realizat după observații macroscopice (diferențieri de culoare, granulometrie), iar corelarea cu informațiile microscopice s-a realizat la blocurile de gresie unde a fost posibilă prelevarea probelor.

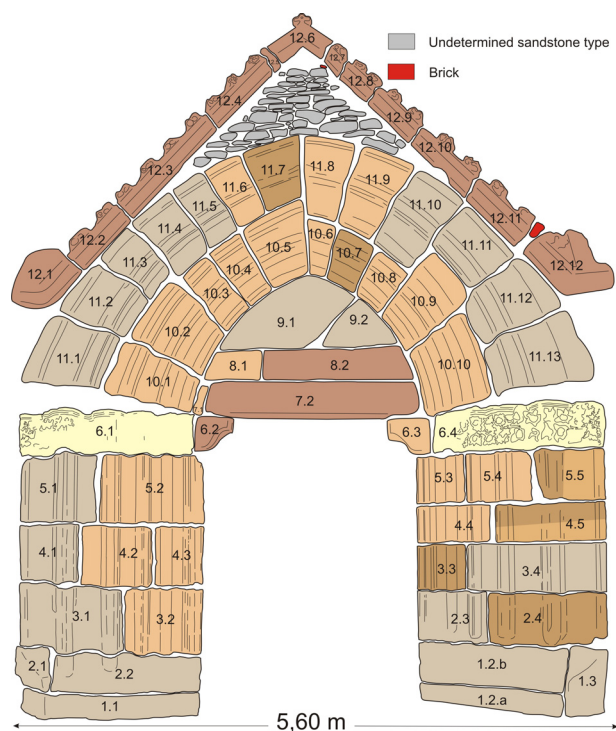


Fig. 2 - Partea vestică a portalului / Western side of the portal .

3.2 Caracteristici mineralogice

Mineralele identificate prin analizele de difracții de raze X sunt cuarț, calcit, feldspați (plagioclazi și microclin), gips și filosilicați în proporții variabile.

Cuarțul este mineralul predominant, fiind identificat în toate probele cu valori cuprinse între 40-55% și include claste de cuarț, calcedonie și cuarț inclus în diferite litoclaste.

Conținutul de CaCO_3 a fost calculat cu ajutorul „bombei carbonatice”, valorile procentuale ale calcitului astfel determinate fiind folosite ca etalon în estimarea ponderii celorlalte minerale identificate prin difracții de raze X. Procentul de

characteristics of the sandstone. The samples were impregnated with blue dye before cutting, in order to underline the porosity. The microscope images were taken with ProgRes C10 device correlated with the compatible software ProgRes Capture Pro 2.0.

3. Results and discussions

3.1 Mapping

Two important architectural details have been taken into consideration for the study and mapping of the material used: the main portal located on the western former façade of the abbey and the geminate window located on one of the walls of the chapter hall, presumed to have been built in different stages of construction (Fig. 1).

The differentiation of sandstone types used at the portal (Fig. 2) and the geminate window (Fig. 3) was performed mostly by macroscopic

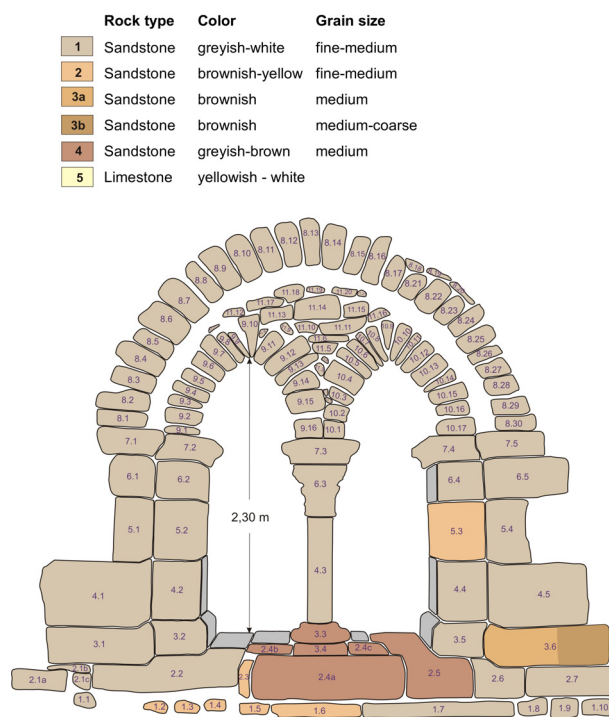


Fig. 3 - Partea vestică a ferestrei geminate / Western side of the geminate window.

observations (different color, grain size), and where the sampling was possible they were correlated with the microscopic information.

3.2 Mineralogical composition

The minerals identified by the X-Ray diffraction analyses are quartz, calcite, feldspar (plagioclase and microcline), gypsum and phyllosilicates in variable percentages. Quartz is the predominant mineral and it was identified in all the tested samples with values between 40-55% and includes quartz grains, chalcedony and the quartz included in different rock fragments.

CaCO_3 content was calculated with

calcit include atât cantitatea de ciment carbonatic care este majoritară, cât și bioclastele și fragmentele de roci carbonatice din gresii. Se observă valori apropiate în toate probele testate (32-41%), mai puțin în singura probă de calcar: P3 (82,5%). Pentru frizele portalului (fig. 2, blocurile 6.1 și 6.4) presupunem că s-au utilizat două blocuri de calcar aduse special, cu o duritate mai mică, pentru a fi ușor sculptate modelele cu frunze.

Totalul feldspaților estimat din difracțiile de raze X a fost comparat cu procentul de litoclaste determinat prin analize microscopice pentru a calcula raportul dintre aceste componente și a determina tipurile de gresie după clasificarea lui Folk [9]. Rocile testate sunt litarenite feldspatice. În unele probe ale ferestrei geminate, feldspații plagioclazi participă într-o proporție de 5-10%, în celelalte conținutul fiind ceva mai ridicat (10-15%). Microclinul are o pondere ușor mai scăzută (3-10%).

Gipsul apare ca produs secundar doar în câteva din probele testate: CFGW3, FGE2, PE4, PE7, P6 și crusta probei P7. Procentul cel mai ridicat de gips este în proba P6 (10-15%), blocul de gresie (fig. 2, blocul 2.2) de unde a fost prelevată proba fiind cel mai alterat bloc al întregului portal, datorită presiunii foarte ridicate a gipsului la recristalizare. În crustele negre (proba CFGW3 – blocul 7.2, fereastra geminată și crusta probei P7 – blocul 12.12, portal) gipsul se formează din cauza prezenței SO₂ în atmosferă.

“carbonate bomb” and the resulted percentages of calcite were then used as standard values for the approximation for the ratio of the other minerals determined by X-Ray diffraction. The calcite percentage includes both the quantity of carbonate cement which represents the majority of carbonate, and the bioclasts and limestone fragments from the sandstones. The values are similar in all the tested samples (32-41%), except in the only limestone sample P3 (82,5%). We assume two softer limestone blocks especially brought for the portal friezes were used, so that it was easier to carve with leaf models.

The total feldspar content calculated from the X-Ray diffraction is compared with the rock fragment percentages determined by microscopic analyses in order to calculate the ratio between them and to determine the sandstone types after Folk's classification [9]. This indicates the rocks to be feldspathic litharenites. In some of the samples of the geminate window the plagioclase feldspars are estimated to be between 5-10%, the others having a slightly higher content (10-15%). Microcline has a lower share (3-10%).

Gypsum appears as a secondary mineral in some of the tested samples: CFGW3, FGE2, PE4, PE7, P6 and the crust from P7. The highest content is in P6 sample (10-15%), the sandstone block (Fig. 2, block 2.2) from which the sample was taken being the most weathered one from the entire portal, due to the high pressure during

Gradul de sortare și dimensiunea medie a clastelor / *Sorting degree and medium grain size*

Tabelul 1

Proba / Sample	So	Gradul de sortare / <i>Sorting degree</i>	Φ	d (μm)
P1	0.87	Moderat / <i>Moderately</i>	1.75	297
P2	0.69	Moderat bine / <i>Moderately Well</i>	2.01	247
P4	0.74	Moderat / <i>Moderately</i>	2.15	225
P6	0.58	Moderat bine / <i>Moderately Well</i>	2.18	220
P7	0.78	Moderat / <i>Moderately</i>	2	227
P8	0.68	Moderat bine / <i>Moderately Well</i>	1.9	267
PE3	0.82	Moderat / <i>Moderately</i>	2.11	230
PE4	0.9	Moderat / <i>Moderately</i>	1.98	253
PE5	0.55	Moderat bine / <i>Moderately Well</i>	3.08	117
PE6	1.02	Slab / <i>Poorly</i>	1.33	396
PE7	1.07	Slab / <i>Poorly</i>	1.93	261
PE8	0,3	Moderat bine / <i>Moderately Well</i>	2.73	150
PE9	1.05	Slab / <i>Poorly</i>	1.51	349
FGW1	0.75	Moderat / <i>Moderately</i>	2.3	203
FGW2	0.7	Moderat bine / <i>Moderately Well</i>	2.65	160
FGW3	0.65	Moderat bine / <i>Moderately Well</i>	2.63	161
FGW4	1.04	Slab / <i>Poorly</i>	1.8	287
FGW6	0.89	Moderat / <i>Moderately</i>	2.91	132
FGW7	0.75	Moderat / <i>Moderately</i>	2.43	185
FGW8	0.82	Moderat / <i>Moderately</i>	2.16	223
FGE1	0.68	Moderat bine / <i>Moderately Well</i>	2.49	178
FGE2	0.86	Moderat / <i>Moderately</i>	2.7	153
C1	0.88	Moderat / <i>Moderately</i>	2.65	159
C2	0.67	Moderat bine / <i>Moderately Well</i>	2.75	148

Atât gresiile utilizate la construcția abației cât și cele de la Colun conțin miche, fapt ușor de observat și microscopic. Pe baza analizelor de raze X s-a estimat totalul filossilicaților între 5-10%, cu o pondere ceva mai mare la unele probe din partea vestică a portalului (10-15%), cuprinzând atât michele (muscovit, biotit) care sunt majoritare, cât și caolină/clorit în cantități mai mici.

3.3 Analize granulometrice

După efectuarea măsurătorilor de granulometrie pe 24 de probe (Tabel 1) s-a putut calcula atât gradul de sortare al gresiilor, cuprins între 0,55-1,07 (slab sortat – moderat spre bine sortat), cât și dimensiunea medie a clastelor (117-396 μm).

Pentru reprezentarea grafică a datelor au fost realizate curbele cumulative pentru fiecare probă. Se poate observa similaritatea gresiilor utilizate la partea vestică a portalului (fig. 4), spre deosebire de partea estică, unde acestea cuprind extremele calculate ale dimensiunilor medii ale clastelor (fig. 5).

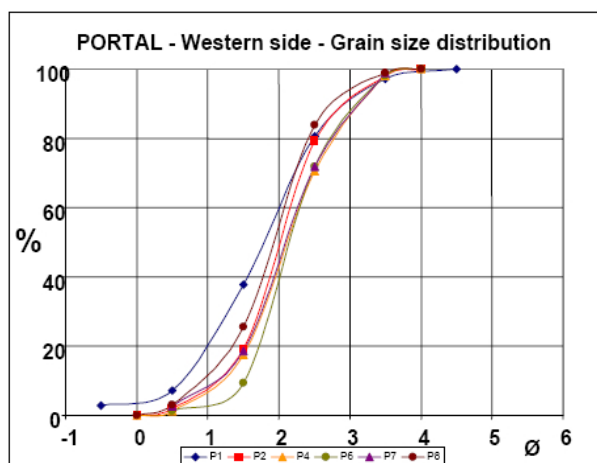


Fig. 4 - Partea vestică a portalului – analize granulometrice
Western side of the portal – grain size analysis.

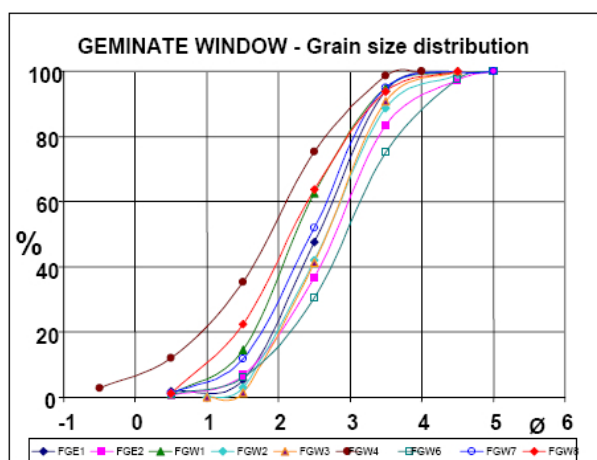


Fig. 5 - Partea estică a portalului – analize granulometrice
Eastern side of the portal – grain size analysis.

gypsum recrystallization. In the black crusts (samples CFGW3 – block 7.2, geminate window and the crust from P7 – block 12.12, main portal) gypsum forms due to the sulfates (SO_2 ions) from the atmosphere.

Both the sandstones used for the building of the abbey and the sandstones from Colun contain micas, easy to notice also macroscopically. After diffraction analysis total phyllosilicates content was estimated between 5-10%, with a slightly higher amount to some samples from the western side of the portal (10-15%), including micas (muscovite, biotite) as majority of phyllosilicates and also kaolinite/chlorite in smaller quantities.

3.3 Grain size analysis

For each sample we achieved the cumulative curves in order to represent graphically the data, and they were grouped according to their source. The similarity of the sandstones used at the western side of the portal can be noticed (Fig. 4), unlike the eastern part were the samples

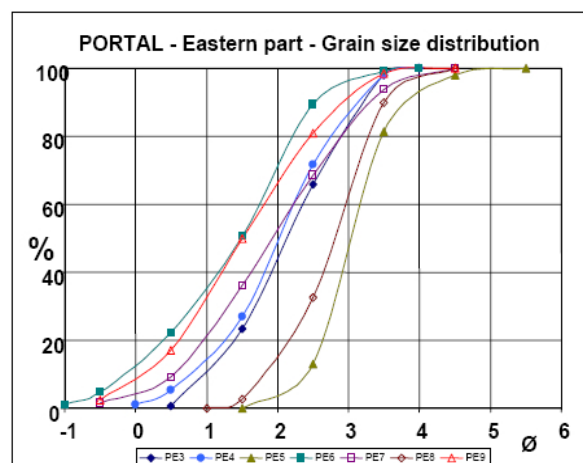


Fig. 6 - Partea vestică a ferestrei geminate – analize granulometrice/
Western side of the geminate window – grain size analysis.

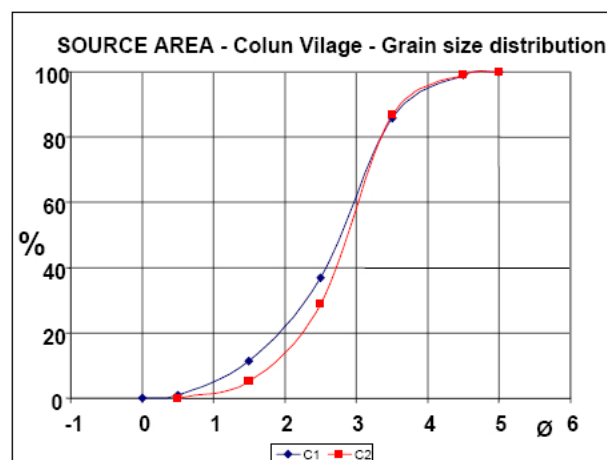


Fig. 7 - Aria sursă localizată lângă satul Colun – analize granulometrice/
The source area near Colun Village – grain size analysis.

Se poate presupune că au fost etape de reconstrucție a părții din spate a portalului (estică), care era în interiorul abației, sau că nu s-a acordat suficientă atenție asupra omogenității aspectului exterior al rocii, deoarece aceasta urma să fie tencuit.

În cazul ferestrei geminate, curbele cumulative sunt relativ omogene (fig. 6), similar cu partea vestică a portalului. Excepție face blocul 3.6 (fig. 3) din care s-a prelevat proba FGW4, acesta fiind format dintr-o gresie mai grosieră și slab sortată. Valorile coeficientului de sortare ale gresiilor utilizate la fereastră sunt între moderat și moderat bine sortat (tabelul 1), iar dimensiunile medii ale clastelor sunt puțin mai mici decât la portal (vest). Aceste diferențe sunt explicabile prin faptul că portalul și fereastra au fost ridicate în două etape de construcție, blocurile de gresii fiind extrase, cel mai probabil, din orizonturi diferite.

Curbele cumulative ale probelor de gresii prelevate de la Colun (fig. 7) se corelează cu cele ale ferestrei geminate și cu cele din partea vestică a portalului, deși față de acestea din urmă sunt puțin mai fine.

3.4 Microscopie optică

Principalele componente mineralogice sunt cele puse în evidență prin studiul difracțiilor de raze X, însă prin această metodă nu se poate calcula procentul litoclastelor. Acesta s-a estimat la microscop, rezultând că probele studiate sunt, după clasificarea lui Folk [9], litarenite feldspatice cu ciment carbonatic și bioclaste. Roca este în general cimentată cu calcit sparitic, însă uneori apar și concreșteri sintaxiale de calcit în jurul unor fragmente de echinide și mai rar ciment poikilotopic.

Majoritatea fragmentelor de roci identificate în gresiile studiate sunt de origine metamorfică, însă apar și litoclaste de origine magmatică sau sedimentară (Pl. 1: A, B, G). Originea metamorfică a unor claste este dovedită și de apariția frecventă a unor minerale grele cum ar fi zirconul, granatul și epidotul (Pl. 1: B, C, D, G).

Cel mai frecvent proces de alterare al feldspaților, întâlnit în majoritatea probelor, este sericitizarea acestora, ușor de identificat datorită prezenței lamelelor de sericit (muscovit) cu birefringență ridicată (Pl 1: D).

Au fost identificate diferite bioclaste, foraminiferele fiind reprezentate atât prin forme bentonice, cât și planctonice. Foraminiferele bentonice *Nonion sp. (?)* ar confirma vârsta sarmațiană a gresiilor (Pl. 1: F – secțiune ecuatorială, H – secțiune axială). Apar, de asemenea, mici globigerinide (planctonice) din grupul tenuitellidelor, care sunt forme comune în Miocen (Pl 1: F – partea superioară).

Sunt întâlnite și alte alocheme biogene precum fragmente de cochilii de moluște (Pl 1: E) care pot indica medii depozitionale puțin adânci,

include the extreme values of medium grain size of the tested ones (Fig. 5). Different stages of reconstruction can be assumed on the eastern side of the portal, which used to be on the inside of the abbey, or the lack of attention to the homogeneity of the outer aspect of the sandstones because they were about to be plastered.

The cumulative curves for the geminate window are relative homogenous (Fig. 6), similar to the western side of the portal. Sample FGW4 taken from the 3.6 block (Fig. 3), which is coarser and poorly sorted, represents an exception. The sorting coefficient values of the sandstones used at the window are moderately to moderately-well sorted (Table 1), and the medium grain size values are slightly smaller than to the western portal. The differences are understandable because it is known that the portal and the geminate window were built in two stages of construction and the sandstones were probably extracted from different horizons.

The cumulative curves of the sandstone samples collected from Colun (Fig. 7) correlates with those from the geminate window and the western part of the portal, although they are slightly finer than the latter ones.

3.4 Optical microscopy

The main mineralogical components are those underlined by X-Ray diffraction, but by this method the lithoclasts percentage can't be calculated. This was estimated on the microscope and, by Folk's classification [9], the studied samples are feldspathic litharenites with carbonatic cement and bioclasts.

Most of the rock fragments identified in the studied sandstones have a metamorphic source, but igneous and sedimentary lithoclasts also occur (Pl. 1: A, B, G). The metamorphic source for the clasts is proven also by frequent occurrence of heavy minerals like zircon, garnet and epidote (Pl. 1: B, C, D and G).

We identified different bioclasts, the foraminifera being represented both by benthic and planktonic forms. The benthic foraminifera *Nonion sp. (?)* would confirm the sarmatian age of the sandstones (Pl. 1: F – cross section, H – longitudinal section). Small globigerinides (planktonic) from tenuitellides group also occur, common forms for Miocene age (Pl 1: F – upper part).

Other biogenic allochems may also occur like broken mollusc shells (Pl 1: E) indicating shallow marine environment deposition, fragments of coralinaceans and echinoids, and rarely altered bryozoan (Pl 1: H).

4. Conclusions

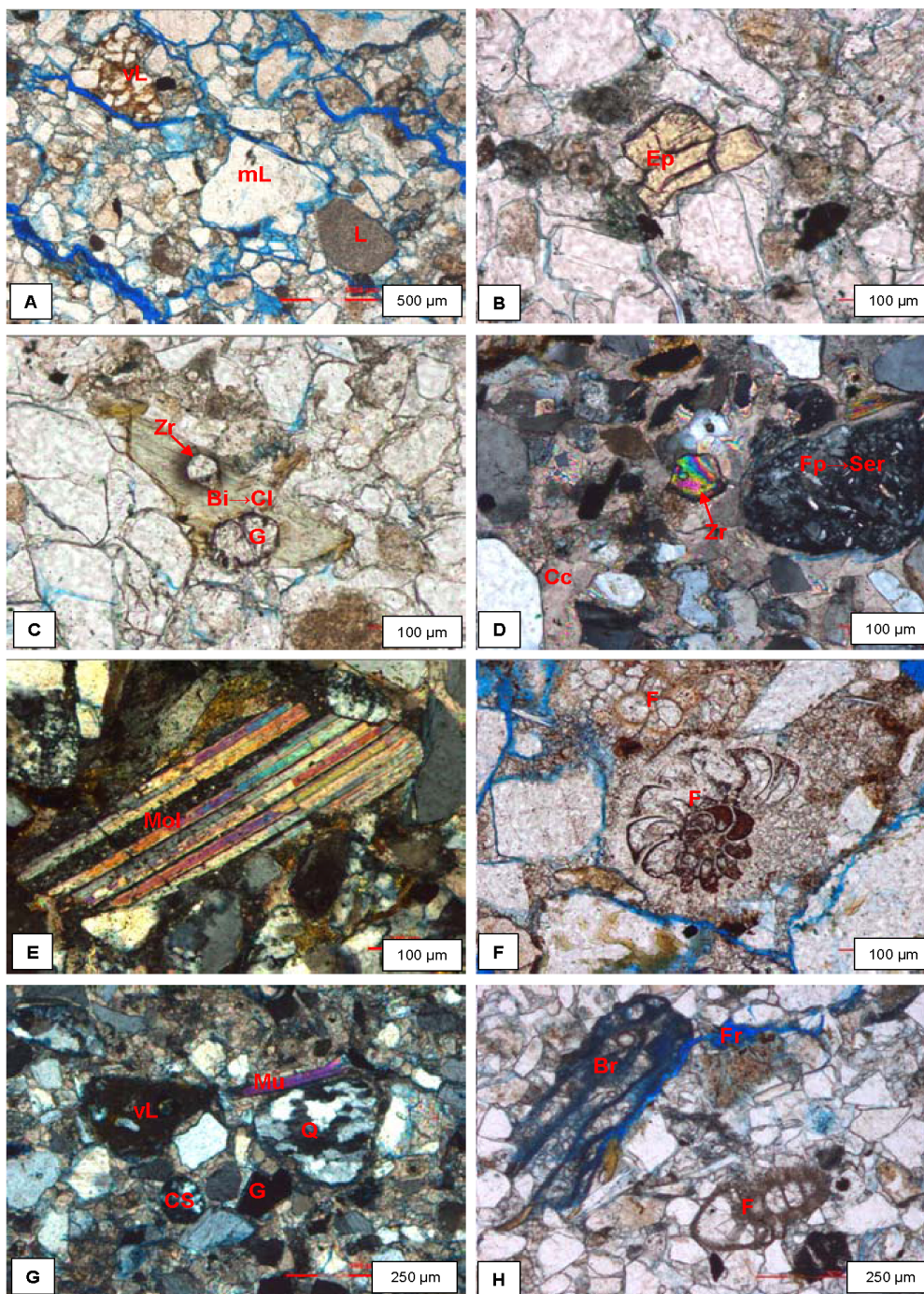
Cârța Cistercian Abbey is extremely valuable due to its long history since is dated in the

fragmente de coralinacee și echinide, iar uneori briozoare alterate (Pl 1: H).

beginning of the XIIIth century, but mostly because of its influences on the gothic style in the entire Transylvania.

Microscope analyses

Plate 01



Planșa 1
Analize microscopice

A: Proba PE4 (Partea estică a portalului principal, blocul 6.7) Roca este un litarenit feldspatic și conține în mare parte granule de cuarț și litoclaste (calcar (L) și litoclaste vulcanice – vL și metamorfice – mL), dar și feldspați, miche (muscovit, biotit) și unele alocheme biogenice. A se observa multitudinea de fracturi sub-paralele (culoare albastră) din rocă, indicând alterarea prin desprindere (Nic //).

B: Proba C1 (Satul Colun, Valea Fermelor) Cristale de epidot (Ep), cu pleocroism gălbui caracteristic, alături de claste de cuarț deschise la culoare și fragmente de diferite tipuri de calcar (particule de culoare închisă) (Nic //).

Plate 1
Microscope analyses

A: Sample PE4 (Eastern part of the main portal, block 6.7) The rock is feldspathic litharenites, containing mainly quartz grains and rock fragments (limestone – L, metamorphic – mL and volcanic – vL lithoclasts), but also feldspars, micas (muscovite, biotite) and few biogenic allochems. Note many sub-parallel fractures (blue stained) in the rock indicating weathering by detachment (Nic //).

B: Sample C1 (Colun Village, Fermelor Valley) Besides light coloured quartz and small fragments of different limestone types (dark particles) large epidote crystals (Ep) occur revealing characteristic yellowish pleochroism (Nic //).

C: Proba FGE2 (Partea estică a ferestrei geminate, blocul 7.1) Se presupune o sursă metamorfică în apropiere pentru unele litoclaste din gresii, datorită formei angulare a fragmentului detritic de biotit cloritizat (Bi→Cl) care conține incluțiuni de granat (G) și zircon (Zr), cel din urmă formând aureole pleocroice tipice (Nic //).

D: Proba FGE2 (Partea estică a ferestrei geminate, blocul 7.1) Remobilizarea în mai multe cicluri a mineralului greu zircon (Zr, cu birefringență ridicată) este indicată de forma sa semi-rotundă și de raportul scăzut lungime/grosime. Feldspații (Fp) prezintă frecvent sericitizări (Ser) intense puse în evidență de mici lamele cu birefringență ridicată. Roca este cimentată cu calcit (Cc) sparitic (+ Nic).

E: Proba FGW4 (Partea vestică a ferestrei geminate, blocul 4.5) Unele fragmente biogenice ca această bucată de cochilie de moluscă (Mol) poate indica depunerea gresiei în medii marine puțin adânci, unde aceste organisme sunt abundente (+ Nic).

F: Proba PE9 (Partea estică a ferestrei geminate, blocul 3.1) Foraminiferele (F) bentonice *Nonion sp.* (?) sunt frecvent întâlnite în toate probele și confirmă vârsta sarmațiană a depozitelor de unde provin gresiile. Se observă de asemenea un globigerinid planctonic (F) din grupul tenuitellidelor în partea superioară a imaginii (Nic//).

G: Proba P8 (Partea vestică a portalului principal, blocul 11.1) Sunt prezente diferite granule detritice: cuarț (Q) probabil de origine metamorfică, sferule cu textură radiară de calcedonie (CS), fragmente de roci magmatice (vL), lamele de muscovit (Mu) cu birefringență ridicată și granați (G) (+ Nic).

H: Proba FGW2 (Partea vestică a ferestrei geminate, blocul 2.2) Fisurile (Fr, albastru) traversează roca și înconjoară unele particule ca de exemplu acest briozoar (Br). Acesta a fost probabil alterat datorită accesului apei de-a lungul fisurilor și prezintă porozitate moldică moderată. Mai apar și unele fragmente de foraminifere (F) bentonice, probabil *Nonion sp.* (Nic //).

4. Concluzii

Abația Cisterciană de la Cârța are o valoare inestimabilă atât datorită istoriei îndelungate, aceasta datând de la începutul secolului al XIII-lea, dar mai ales ca urmare a influențelor pe care le-a exercitat asupra stilului gotic din Transilvania. Mănăstirea a suferit de-a lungul anilor numeroase distrugerii, fiind acum în mare parte sub formă de ruine. Studiul detaliat al materialului folosit la ridicarea mănăstirii este necesar pentru o eventuală restaurare și conservare a fostei abații.

Pentru detaliile arhitecturale, unde s-au utilizat blocuri fasonate, s-a folosit același tip de rocă. Gresii studiate, atât din zidurile mănăstirii, cât și din aria sursă, sunt litarenite feldspatice cu ciment carbonatic și bioclaste. S-a putut confirma că zidul sălii capitulare și portalul au fost ridicate în perioade diferite, ultimul fiind construit după invazia mongolă și având caractere gotice mature. La partea estică a portalului nu se observă aceeași atenție pentru detaliu, deoarece gresiile sunt de granulații diferite și cu grade diferite de sortare, probabil pentru că blocurile urmau să fie tencuite.

Gresiile conțin în general aceleași minerale, în proporții ușor variabile: cuarț, calcit, feldspați plagioclazi, microclin, filosilicați (cu o pondere mai mare a micelor) și minerale grele (zircon, granat, epidot). Gipsul apare în puține probe ca mineral secundar, dar este important deoarece determină deteriorarea blocurilor respective. Acesta a fost

C: Sample FGE2 (Eastern part of the geminate window, block 7.1) A metamorphic source for the rock fragments nearby is assumed because of the angular shape of the detrital chloritised biotite grain (Bi→Cl) containing garnet (G) and zircon (Zr) inclusions, the latter forming typical "pleochroic halo" (Nic //).

D: Sample FGE2 (Eastern part of the geminate window, block 7.1) Multicycle reworking of the zircon grain (Zr, with high birefringence) is indicated by its subrounded shape and the low length/width-ratio. Feldspar (Fp) commonly reveals intensive sericitisation (Ser) revealed by small flakes with high birefringence. The rock is cemented by sparry calcite (Cc, + Nic).

E: Sample FGW4 (Western part of the geminate window, block 4.5) Some biogenic fragments like this broken mollusc shell (Mol) probably indicates that the sandstone was deposited in shallow marine environments, where these organisms are most abundant (+ Nic).

F: Sample PE9 (Eastern part of the main portal, block 3.1) Benthic foraminifera (F) like *Nonion Sp.* (?) are common in all the samples and confirm the sarmatian age of the deposits the sandstones were brought from. A planktonic globigerinid (F) from the tenuitellides group can also be seen in the upper part of the image (Nic//).

G: Sample P8 (Western part of the main portal, block 11.1) Different detrital grains are present: quartz (Q) probably of metamorphic origin, chalcedony spherules (CS) with radial texture and igneous rock fragments (vL), high birefringent muscovite (Mu) lamellas and garnet (G) grains (+ Nic).

H: Sample FGW2 (Western part of the geminate window, block 2.2) Fractures (Fr, blue) traverse the rock and run around some particles as e.g. a bryozoan (Br). The bryozoan probably was altered due to the access of water via the fracture and shows moderate moldic porosity. Furthermore some benthic foraminifera (F) fragments, probably *Nonion sp.* occur (Nic //).

Along the years the monastery suffered many destructions, being now mostly in a state of ruin. The detailed study of the raw material used for the building of the monastery is required for a possible restoration and preservation of the former abbey.

The same type of rock was utilized for the architectural details, where dimensional building stones were used. Both of the studied sandstones, from the monastery and the source area, are feldspathic litharenites with carbonate cement and bioclasts. It was confirmed that the wall of the chapter hall and the portal were built in two different stages, the latter one being constructed after the mongolian invasion and has mature gothic features. On the eastern side of the portal not so much attention to details has been paid since the sandstones have different medium grain size and sorting coefficient, probably because the blocks were plastered after.

The tested sandstones contain mostly the same minerals, in slightly different ratios: quartz, calcite, plagioclase feldspars, microcline, phyllosilicates (with a higher percent of micas) and heavy minerals (zircon, garnet, epidote). Gypsum occurs only in few samples as a secondary mineral, but is very important because it leads to the weathering of those blocks. It was detected in two crusts and in four samples collected from highly damaged blocks.

We compared the samples from the portal and the window to those collected from Colun,

identificat în două cruste și în patru probe prelevate din blocuri foarte alterate.

Probele prelevate de la portal și de la fereastră au fost comparate cu cele de la Colun, unde află depozite sarmațiene cu gresii calcaroase. Vârsta sarmațiană a gresiilor din zid este confirmată de foraminiferele identificate. Aceste gresii sunt similare cu gresia de la Colun și în ceea ce privește compoziția mineralogică, inclusiv a mineralelor grele. Spre deosebire de gresiile de la Colun, se observă o ușoară diferență de granulometrie la unele blocuri folosite la portal, acestea fiind ceva mai grosiere, dar nu infirmă faptul că zona Colun este aria sursă a materiei prime litice.

Pentru conservarea monumentului și eventuala sa restaurare este necesar de asemenea studiul amănunțit al proceselor de alterare care apar la zidurile mănăstirii și factorii care determină degradarea monumentului, în completarea datelor referitoare la materiile prime utilizate.

Mulțumiri

Autorii doresc să mulțumească pentru suportul financiar din proiectul co-finanțat prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013, Contract POSDRU 6/1.5/S/3 – „Studii doctorale: prin știință spre societate”. Studiul a fost parțial finanțat și din proiectul UEFISCDI-CNCSIS, ID-2241/2008 (Ministerul educației). Dorim de asemenea să mulțumim dl. Prof. dr. Roman Koch pentru sprijinul acordat în interpretarea difracțiilor de raze X și a imaginilor la microscopul polarizant, cât și pentru punerea la dispoziție a infrastructurii necesare acestor analize.

REFERENCES

1. D.N. Busuioc-von Hasselbach, *Făgăraș Country in the XIIIth century; Cârța Cistercian Monastery*. Romanian Cultural Foundation, Center for Transylvanian Studies, 2000, **1**, 338, **2**, 363 p (in romanian).
2. V. Vătășianu, *The history of feudal arts in Romanian Countries*. Romanian Cultural Foundation, Cluj-Napoca, 2001. p. 98-126 (in romanian).
3. H. Fabini, *Atlas der siebenbürgisch-sächsischen Kirchenburgen und Dorfkirchen*, Monumenta und AKSL, Hermannstadt-Heidelberg, 1998, **1**, 348.



Mănăstirea Cisterciană Cârța – fațada vestică/
Cârța Cistercian
Monastery – western
façade.

were sarmatian deposits with calcareous sandstones occurs. The Sarmatian age of the sandstones from the wall was confirmed by the identified foraminifera. They resemble the Colun sandstones also in the mineralogical composition, including the heavy minerals. Comparing to the Colun sandstones, the medium grain size in some of the blocks used at the portal is slightly coarser, but this doesn't infirm the Colun area as a source for the lithic raw material used.

The detailed study of the weathering processes that occur on the monastery walls and the factors that lead to that is also required for preservation and eventual restoration of the monument, in addition to the data on raw materials.

Acknowledgements

The authors wish to thank for the financial support provided from programs co-financed by the Sectorial Operational Programme Human Resources Development, Contract POSDRU 6/1.5/S/3 – “Doctoral studies: through science towards society”. The study was also partially financially supported by UEFISCDI-CNCS, ID-2241/2008 project funds (Romanian Ministry of Education). We also wish to thank to Prof. Dr. Roman Koch for his help in interpreting X-ray diffraction and polarizing microscope images and for providing the necessary infrastructure for these analysis.

4. M. Benea, M. Gorea & N. Har, *Tegular materials from Sarmizegetusa – Mineralogical and physical characteristics of the raw material*, Romanian Journal of Materials, 2010, **40** (3), 228-236.
5. M.D. Ilie, *Geological research in Transylvanian Basin (Alba Iulia - Sibiu - Făgăraș – Rupea area)*. Geological Comitee Yearbook, 1955, **XXVIII**, 251 (in romanian).
6. R. Koch, & P. Rothe, X-ray mineralogy studies - Leg 43.- In: Rep. DSDP, 1979, **XLIII**, 1019-1041; Washington.
7. G. Müller & M. Gastner, *The “Karbonat-Bombe” a simple device for the determination of the carbonate content in sediments, soils, and other materials*. N. Jb. Mineral., Mh, 1971, **10**, 466.
8. W.C. Krumbein, *Application of Logarithmic Moments to Size Frequency Distribution of Sediments*. Journal of Sedimentary Petrology, 1936, **6** (1), 35.
9. R.L. Folk, *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Texas: Hemphill Publishing Co., 1974, 182.



Mănăstirea Cisterciană Cârța – vedere de ansamblu dinspre est
Cârța Cistercian Monastery – overview from the east.

Foto: Anamaria Mihăilă
