

CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE ȘI ESTETICE ALE UNOR MORTARE PE BAZĂ DE VAR-CALCAR-TUF VULCANIC

PHYSICAL-MECHANICAL AND AESTHETIC CHARACTERISTICS OF SOME MORTARS BASED ON LIME-LIMESTONE- VOLCANIC TUFF

ILEANA MOHANU^{1*}, MARIA GEORGESCU², DAN MOHANU³, LIANA MANOLACHE⁴, COSMIN DRĂGĂNOAIA¹

¹S.C. CEPROCIM S.A., Bd. Preciziei, nr. 6, sector 6, București, România

²Universitatea POLITEHNICA București, str. Gheorghe Polizu nr. 1, sector 1, București, România

³Universitatea Națională de Arte, str. G-ral Budișteanu, nr. 19, sector 1, București, România

⁴ Institutul de Cercetări pentru Echipamente și Tehnologii în Construcții – ICECON SA, Șos. Pantelimon, 266, sector 2, București, România

Lucrarea aduce informații cu privire la caracteristicile unor mortare colorate pe bază de var-calcar-tuf vulcanic-nisip de râu, destinate unor lucrări de conservare-restaurare a tencuielilor monumentelor istorice. Au fost efectuate investigații privind proprietățile chimice, fizice și cromatice ale materiilor prime. Au fost realizate compoziții diferite de mortare, fiind caracterizate din punct de vedere fizico-mecanic la termenele de 28 și 56 zile, precum și estetic. Au fost făcute corelații între caracteristicile materiilor prime și cele ale mortarelor. S-a constatat că tipul și proporția de calcar modifică în limite restrânse caracteristicile fizico-mecanice, imprimând mortarelor, în același timp, diferite tonuri luminoase, pastelate.

The paper have information regarding the characteristics of some colored mortars based on lime – limestone-volcanic tuff-river sand, owned to some preservation-restoration works of the historical monuments plasters. Investigation was made regarding chemical, physical and chromatic properties of the raw materials. Different compositions of mortars were performed, being characterized from physical-mechanical point of view at terms of 28 and 56 days, and also aesthetic. Correlations were made between raw materials characteristics and those of mortars. It was stated that the type and limestone proportion modify in restricted limits physical-mechanical characteristics, imprinting to mortars, in the same time, different luminous, pastel tones.

Keywords: lime mortar, limestone, pozzolana, mechanical properties, colour

1. Introducere

Utilizarea materialelor liante în lucrările de conservare-restaurare trebuie să aibă în vedere menținerea calităților fizico-chimice și aspectului nealterat al operei de artă asupra căreia se intervine. Tipurile și calitatea materialelor liante destinate conservării-restaurării monumentelor istorice sunt determinate de natura materialelor prezente în monument. Mortarele de var prezintă, în acest sens, proprietăți mecanice și fizice apropiate de cele ale mortarelor utilizate în zidăria veche și din acest motiv, utilizarea lor în restaurarea monumentelor istorice este de dorit. În literatura de specialitate există studii referitoare la influența naturii și proporției materiilor prime asupra caracteristicilor mortarelor de var, precum și modalități de îmbunătățire a acestora. Factorii care pot influența caracteristicile mortarelor sunt: natura liantului și a agregatului, raportul liant/agregat, raportul apă/liant, prezența unor adaosuri, porozitatea mortarului. Prin controlul acestora se pot modela caracteristicile noilor materiale de restaurare [1-8].

În această lucrare au fost investigate caracteristicile fizico-mecanice și cromatice ale unor mortare realizate din var hidratat, calcar fin, tuf vulcanic și nisip de râu. A fost analizat modul în care tipul și proporția materiilor prime, în cazul

1. Introduction

Using of binder materials in preservation-restoration works must take into account maintaining of physical-mechanical qualities and untainted aspect of the work of art on which is intervened. The types and binder materials quality designated to preservation-restoration of historical monuments are determined by materials nature present in monument. Lime mortars present, in this way, mechanical and physical properties closed to those of the mortars used in old masonry and from this reason, their using in historical monuments restoration is desirable. In specialty literature there are studies regarding to influence of nature and raw materials proportion on the characteristics of lime mortars and also modalities for their improving. The factors that may influence mortars characteristics are: binder and aggregate nature, the ratio binder/aggregate, the ratio water/binder, presence of some additions, mortar porosity. By these control the characteristics of new restoration materials can be modeled [1-8].

In this paper physical-mechanical and chromatic properties of some mortars performed from hydrated lime, fine limestone, volcanic tuff and river sand were investigated. It was analyzed the way in which the type and raw materials proportion, in our case different limestones, influence mortars

* Autor corespondent/Corresponding author,

Tel. +(4021) 318 88 84, E-mail: ileana.mohanu@ceprocim.ro

nostru diferite calcare, influențează calitatea mortarelor. Aceste mortare au fost studiate anterior sub aspectul proceselor fizico-chimice care au loc la întărire [9].

2. Determinări experimentale

2.1. Materiale utilizate

Materiile prime utilizate în realizarea compozițiilor liante au fost: *var calcic hidratat*, *tuf vulcanic*, *calcar*. Acestea au fost caracterizate din punct de vedere chimic, fiind determinată compoziția oxidică a acestora (conform SR EN 196-2 [10]), precum și conținutul de argilă (conform SR EN 933-9 [11]) și carbonul organic total -TOC (conform SR EN 13639 [12]) ale calcarelor (tabelul 1).

quality. These mortars were studied from physical-mechanical point of view which takes place at hardening [9].

2. Experimental determinations

2.1. Used materials

The raw materials used at performing of binder compositions were: *hydrated calcic lime*, *volcanic tuff*, *limestone*. These were characterized from chemical point of view, being determined oxidic composition of these (according SR EN 196-2 [10]), and also clay content (according SR EN 933-9 [11]) and total organic carbon - TOC (according SR EN 13639 [12]) of the limestones (table 1).

Tabelul 1

Compoziția oxidică a materiilor prime / Oxide composition of raw materials

Caracteristica Characteristics (%)	Materia primă / Raw material					
	Var calcic hidratat Hydrated calcic lime V	Tuf vulcanic Volcanic tuff TA	Calcar /Limestone			
			C1 alb white	C2 ocru ochre	C3 roșu red	C4 negru black
PC	29.74	7.75	43.58	24.54	36.67	42.44
SiO ₂	0.13	69.46	0.30	41.59	13.08	3.13
Al ₂ O ₃	0.43	11.91	0.41	2.14	3.28	0.63
Fe ₂ O ₃	0.39	1.60	0.12	0.41	0.30	0.02
CaO	68.04	2.80	54.43	29.66	38.62	53.02
MgO	0.77	0.30	0.49	0.59	5.55	0.59
SO ₃	0.04	0.05	0.03	0.06	0.10	0.16
Na ₂ O	0.23	2.81	0.16	0.26	0.43	0.32
K ₂ O	0.02	1.84	0.04	0.42	1.08	0.10
conținut argilă clay content	-	-	nd	0.84	0.36	0.20
TOC	-	-	0.04	0.03	0.03	0.07
CaCO ₃	-	-	97.20	52.96	68.96	94.68
SiO ₂ reactiv reactive	-	62.41	-	-	-	-

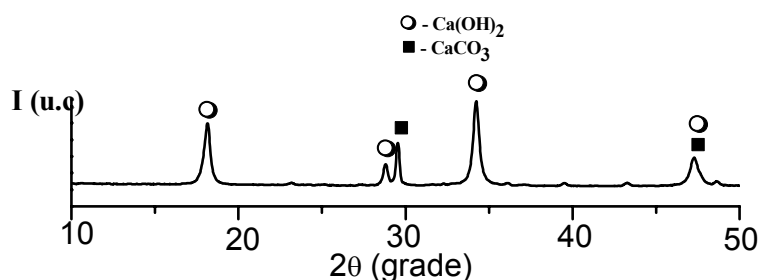


Fig. 1 - Difractograma varului hidratat / X-ray diffraction pattern of hydrated lime.

Analiza de difracție de raze X a pus în evidență faptul că varul hidratat, pulbere, conține preponderent Ca(OH)₂, precum și CaCO₃ (fig. 1).

Tuful conține un procent ridicat de silice reactivă (aproximativ 62%) – determinat prin analiză chimică, iar din punct de vedere structural este compus din aproximativ 50% fază vitroasă, aceste caracteristici conferindu-i un caracter pozzolanic.

Calcarele au fost selectate după nuanțele de culoare, importante din punctul de vedere al

X-rays diffraction analyze, put into evidence the fact that the hydrated lime, powder, contains preponderant Ca(OH)₂, and also CaCO₃ (fig. 1).

The tuff contains a high percent of reactive silica (about 62%) – determined by chemical analyze, and from structural point of view is composed by about 50% vitreous phase, these features confer it a pozzolanic character.

The limestones were selected after color nuances, important from designation of this

destinației maselor de acest tip – pentru restaurări de monumente istorice. Ele diferă prin culoare, dar și prin caracteristicile compoziționale - conținutul de calcit (CaCO_3) și silice (SiO_2). Cele mai mari proporții de calcit sunt în calcarele C1 (97,20%) și C4 (94,68%), iar C2 are conținutul cel mai ridicat de silice (41,59%). Culoarea calcarelor a diferit de la alb la negru. Prin analize roentgenografice nu a fost pusă în evidență prezența unor ioni cromofori în fazele mineralogice cristaline identificate. Pentru punerea în evidență a elementelor cromofore s-au realizat analize de energie dispersivă a radiațiilor X (EDX) (fig. 2).

masses type point of view – for restoration of historical monuments. They differ by color, but also by compositional characteristics – calcite content (CaCO_3) and silica (SiO_2). The biggest proportion of calcite are in the limestones C1 (97.20%) and C4 (94.68%), and C2 has the biggest content of silica (41.59%). Limestones color was different from white to black. By roentgenografic analyzes can't be pointed out the presence of some chromophore ions in identified crystalline mineralogical phases. For put into evidence the chromophore elements were performed analyzes of dispersive energy of X-rays radiations (EDX) (fig. 2).

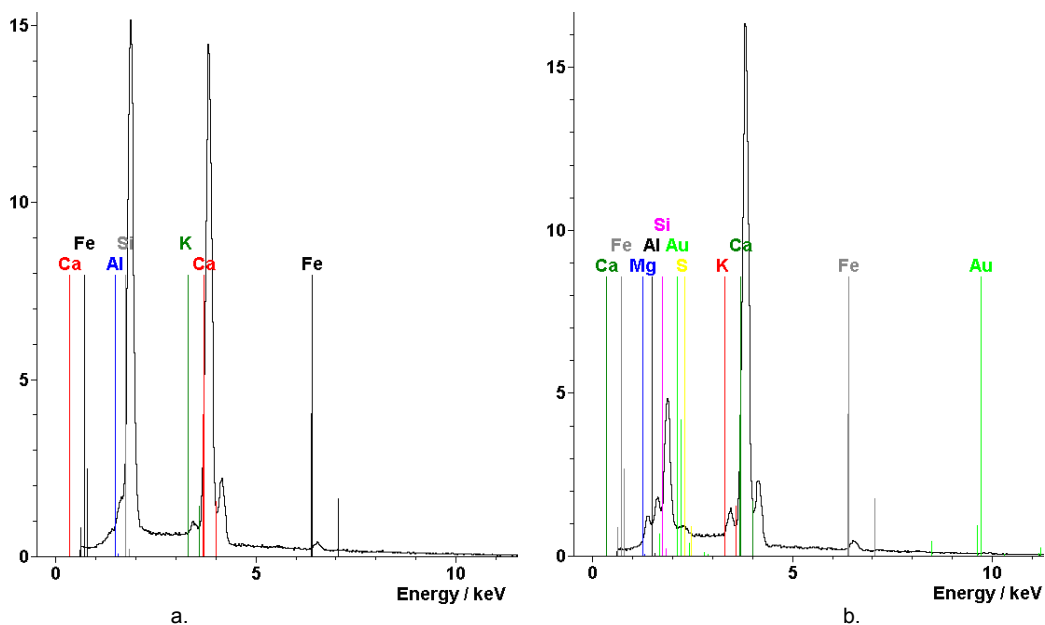


Fig.2 - Spectre EDX pentru: a – calcar C2; b – calcar C3 / Spectra EDX for: a – limestone CO; b – limestone CR.

Spectrele prezentate în figura 2a și b, evidențiază prezența elementului Fe care poate fi responsabil de colorarea calcarelor în nuanțe de ocru (C2) și roșu (C3).

Culorile ocru și roșu sunt date de compuşii cu fier (identificați microscopic): hidroxizi de fier care se află în proporție de 0,5-1% în componenta micritică a calcarului C2 (fig. 3.a), respectiv hematit (2-5%) și limonit (5-10%) în masa micritică și criptocristalină a calcarului C3 (fig. 3.b). Culoarea neagră a calcarului C4 este dată de existența unei faze amorfe de substanță organică sub formă de micro-granule (0,02-0,1 mm), dispersate în masa fundamentală microcristalină, în proporție de 2-5% (fig. 3.c), semnalată și chimic prin cel mai ridicat conținut al carbonului organic total (0,07%).

Densitatea aparentă a calcarelor a fost determinată pe bucăți de calcar, utilizând metoda imersiei conform EN 1015-1010 [13], valorile obținute fiind prezentate în tabelul 2. Scopul a fost de a vedea în ce măsură acest parametru poate influența caracteristicile mortarelor.

Pentru realizarea mortarelor s-a utilizat nisip

Spectra presented in the figure 2a and b, pointed out the presence of Fe element which may be responsible of limestones coloring in nuances of ochre (C2) and red (C3). In case of „black” limestone (C4), the source of this color can't be identified.

Ochre and red color is given by iron compounds (microscopic identified): iron hydroxides which are in proportion of 0.5-1% in micritic component of limestone C2 (fig. 3.a), hematite (2-5%) and limonite (5-10%) in micritic and cripto-crystalline component of limestone C3 (fig. 3.b), respectively. Black color of the limestone C4 is given by the existence of an amorphous phase of organic substance as micro-granules (0.02-0.1 mm), dispersed in fundamental micro-crystalline mass in proportion of 2-5% (fig. 3.c), signaled also chemical by the most highest content of total organic carbon (0,07%).

The apparent density of the limestones was determined on pieces of limestone, using immersion method according to EN 1015-10 [13], the values obtained being presented in Table 2.

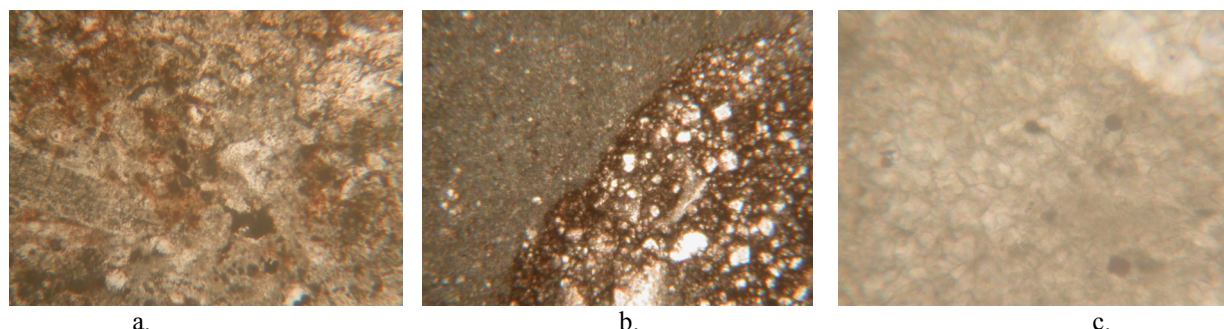


Fig. 3 - Imagini de microscopie optică (Nic. II) ale calcarelor C2 (a), C3 (b), C4 (c)
Microscopic images (Nic. II) of limestones C2 (a), C3 (b), C4 (c).

de râu sortul 0-2 mm, a cărei distribuție granulometrică este prezentată în tabelul 3.

The aim was to see to what extent this parameter can influence the characteristics of mortars.

Tabelul 2

Tabelul 3

Valorile densității aparente a calcarelor
Values of apparent density of the limestones

Tip calcar Limestone type	Densitate aparentă, g/cm ³ Apparent density, g/cm ³
Calcar alb C1 White limestone C1	2.68
Calcar ocru, C2 Ochre limestone, C2	2.28
Calcar roșu, C3 Red limestone, C3	2.72
Calcar negru, C4 Black limestone, C4	2.70

Distribuția granulometrică a nisipului de râu
Grain size distribution of river sand

Clasa granulometrică Grain size class	Trecut pe sită (%) Passed on sieve (%)
< 2 mm	100,00
< 1,25 mm	87,76
< 630 μm	63,60
< 318 μm	17,04
< 160 μm	1,05

Nisipul utilizat conține urme de mică și nu conține bucăți de argilă

In order to perform the mortars, river sand was used the sort 0-2 mm, of which grain size distribution is presented in the table 3.

Used sand contains traces of mica and does not contain clay pieces.

Caracterizare cromatică a materiilor prime

Chromatic characterization of raw materials

Caracterizarea cromatică a materiilor prime a fost efectuată atât prin percepție vizuală, cât și cu un spectrofotocolorimetru tip GRETAG MACBETH (cu sursă de lumină D65 și unghi de incidență 10°), pentru determinarea parametrilor cromatici de pe axe verde-roșu (a*) și albastru-galben (b*), a luminozității (L*) și a saturației, definită de un inel cu unitatea 100, cu centrul la intersecția axelor a* și b*.

Chromatic characterization of raw materials was performed both by visual perception and also with a spectrophotometer, type GRETAG MACBETH (with light source D65 and incidence angle 10°), for determination of chromatic parameters from the axes green-red (a*) and blue-yellow (b*), of luminosity (L*) and of saturation, defined by a ring with the unity 100, with the center at axes intersection a* and b*.

Evaluate vizual în stare uscată, de pulbere, materiile prime se prezintă astfel:

Visual evaluated in dry state, of powder, the raw materials are presented as follow:

- varul (V), tuful alb (TA) calcarul alb (C1) fac parte, din punct de vedere cromatologic din categoria non-culorilor, situându-se, în sfera cromatică a lui Runge [14], la polul superior, al Albului și servind, împreună cu Negrul, situat la polul inferior, la ruperea culorilor și obținerea unei infinități de nuanțe degradate până la axa neutrală a griurilor;

- Lime (V), white tuff (TA), white limestone (C1) make part, from chromatologic point of view from non-colors category, being situated, in chromatic sphere of Runge [14], at superior pole, of White and serving, together with the Black, situated at inferior pole, at colors breaking and obtaining of an infinity of damaged nuances up to neutral axle of grey;

- calcarul roșu (C3) aparține categoriei culorilor calde, situat, conform stelei culorilor, concepută de Johannes Itten [15], în zona tonalității Roșu-luminos;

- Red limestone (C3) belongs to warm colors category, situated, according to colors star, conceived by Johannes Itten [15], in the area of Red-luminous tonality;

- calcarul ocru (C2) se situează în zona tonalității Galben-luminos, putând fi calificat de asemenea în categoria culorilor calde;

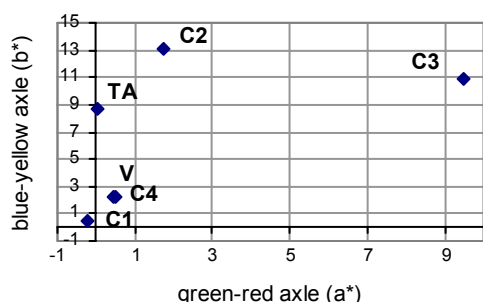
- Ochre limestone (C2) is situated in tonality zone Yellow-luminous, could be also qualified in

- calcarul negru (C4) este situat, de fapt, în categoria Griurilor, producând, datorită contrastului

*simultan*¹, în raport cu tonalitățile roșu și ocru prezentate mai sus, efectul culorilor reci; amestecul griurilor cu ocru sau roșu împinge percepția unor tonalități ale amestecurilor către scala culorilor calde.

Analiza colorimetrică a pus de altfel în evidență situarea aproape a tuturor materiilor prime în sectorul roșu-galben, aproape de intersecția axelor albastru-galben și verde-roșu (fig. 4a). Excepție face calcarul alb (C1), plasat în aria verde-galben, în imediata vecinătate a intersecției celor două axe.

Trebuie făcute câteva observații în legătură cu *calitatea cromatică* a materiilor prime care au intrat în componența amestecurilor, apreciată prin gradul de puritate/saturație a culorilor. În cazul de față, nici una dintre materiile prime utilizate nu poate oferi, prin natura ei, decât un grad limitat de puritate, aflându-se în imediata vecinătate a centrului inelului de saturație (intersecția axelor verde-roșu, albastru-galben). Din punct de vedere al luminozității toate materiile prime sunt luminoase, varul conferind cea mai mare luminozitate (fig. 4b).



warm colors category;

- Black limestone (C4) is actually situated, in Grey category, producing, because of *simultaneous contrast*², in ratio with red and ochre tonalities, above presented, the effect of cold colors; the mixture of grey with ochre or red actuate the perception of some tonalities of the mixtures to scale of warm colors.

Colorimetric analyze put into evidence the situation of almost entire raw materials in red-yellow sector, closed to the intersection of the axles blue-yellow and green-red (fig. 4a). Exception makes the white limestone (C1), located in green-yellow area, nearby intersection of the two axes.

It must do some remarks regarding to *chromatic quality* of raw materials which entered in mixtures component, appreciated by the degree of purity/saturation of the colors. In the present case, neither one from used raw materials can't offer, by its nature, than a limited degree of purity, being nearby the center of saturation ring (intersection of the axles green-red, blue-yellow). From luminosity point of view all raw materials are luminous, the

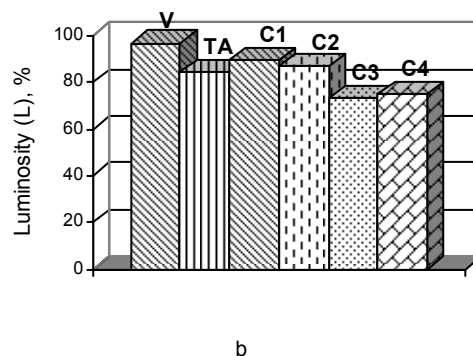


Fig. 4 - Analiza colorimetrică a materiilor prime: a – parametrii cromatici pe axele verde-roșu (a*), albastru-galben (a*); b – luminozitatea, L / Colorimetric analyze of raw materials: a– chromatic parameters on the axles green-red (a*), blue-yellow (a*); b– luminosity, L.

Trebuie menționat că, fără a modifica în mod semnificativ calitatea cromatică a amestecurilor, nisipul a constituit o prezență constantă de la un mortar la altul.

2.2. Condiții experimentale

Au fost realizate 7 compoziții liante în sistemul var-calcar-tuf (tabelul 4), în care s-a păstrat constant raportul var/tuf = 1/0.6 părți gravimetrice. În amestecurile 1- 4 s-a menținut aceeași proporție de calcar, raportată la cantitatea de (var + tuf). De asemenea, a fost variată proporția de calcar, menținându-se constante tipul de calcar și raportul var/tuf (amestecurile 5-7). Proporțiile rețetelor sunt date în rapoarte gravimetrice, raportate la cantitatea de var.

Pentru a da mortarelor o tonalitate cromatică în masă, calcarele au fost măcinate până la fineți corespunzătoare unor rezidii de aprox. 6%, pe sita

lime conferind the highest luminosity (fig. 4b).

It must be mentioned that, without modify in significant way chromatic quality of the mixtures, the sand constituted a constant and unitary presence from one mortar to another.

2.2. Experimental conditions

7 binder compositions were performed in the system lime-limestone-tuff (table 4), in which was kept constant the ratio lime/tuff = 1/0.6 gravimetric parts. In the mixtures 1- 4 was maintained same proportion of limestone, reported to lime quantity (lime + tuff). Also, it was varied limestone proportion, maintaining constant limestone ratio and the ratio lime/tuff (mixtures 5-7). Recipes proportions are given in gravimetric ratios, reported at lime quantity.

¹ *contrastul simultan* – percepția unei culori atrage după sine percepția simultană în vecinătate a complementarei

² *simultaneous contrast* – perception of a color attract simultaneous perception in vicinity of the complementary color

Tabelul 4

Compoziții liante din sistemul var-calcar-tuf / Recipes of binder compositions from the system lime-limestone-tuff

Componenta / Component	Simbol / Symbol						
	1	2	3	4	5	6	7
Var / Lime (V)	1	1	1	1	1	1	1
Calcar alb / White limestone (C1)	0.9						
Calcar ocru / Ochre limestone (C2)		0.9			1.3	0.3	
Calcar roșu / Red limestone (C3)			0.9				1.3
Calcar negru / Black limestone (C4)				0.9			
Tuf vulcanic / Volcanic tuff (TA)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

Tabelul 5

Distribuția granulometrică laser a calcarelor / Laser grain size distribution of the limestones

Materia primă / Raw material	Distribuția granulometrică / Grain size distribution (%)			
	< 3 μm	< 6 μm	< 16 μm	< 32 μm
Calcar / Limestone C1	50.1	68.7	79.5	85.0
Calcar / Limestone C2	47.0	61.8	71.6	79.0
Calcar / Limestone C3	33.4	52.0	71.7	79.6
Calcar / Limestone C4	37.6	55.8	75.3	83.0
Tuf vulcanic / Volcanic tuff TA	18.3	33.2	62.4	77.2

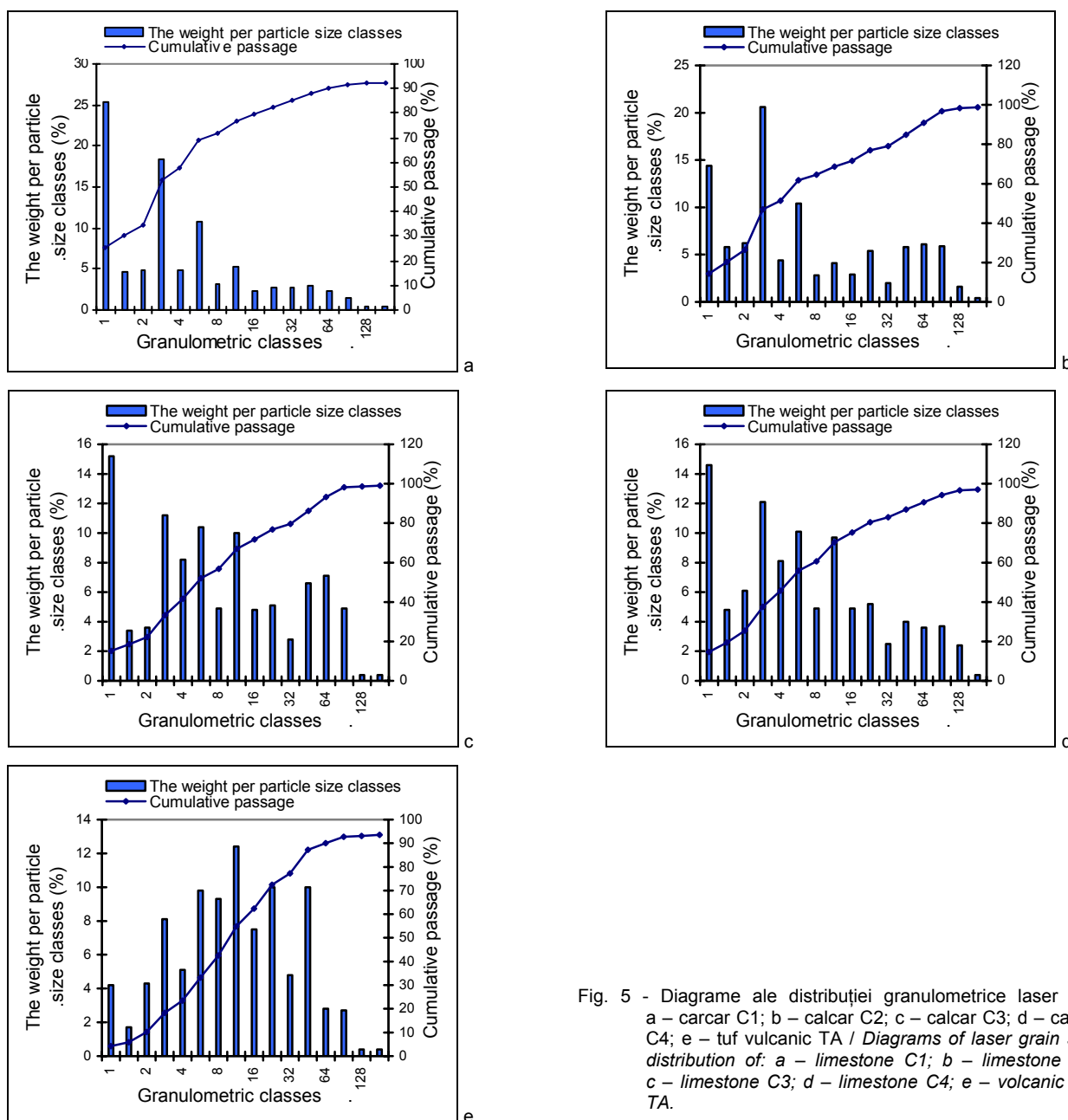


Fig. 5 - Diagrame ale distribuției granulometrice laser ale: a – calcar C1; b – calcar C2; c – calcar C3; d – calcar C4; e – tuf vulcanic TA / Diagrams of laser grain size distribution of: a – limestone C1; b – limestone C2; c – limestone C3; d – limestone C4; e – volcanic tuff TA.

cu ochiuri de 90 μm . La aceeași finețe a fost măcinat și tuful vulcanic în scopul de a-i mări reactivitatea. Distribuția granulometrică laser a acestora a fost determinată cu granulometrul laser CILAS 715, în suspensie apoasă, rezultatele fiind prezentate în tabelul 5.

Diagramele analizelor granulometrice efectuate pe calcare prezintă, în toate cazurile, un spectru larg de distribuție, cu aspect nesimetric, care evidențiază aportul mare de material fin granular (trecerea cumulativă atinge valoarea de 50% pentru toate calcarele la un diametru mediu de particulă de 6 μm) (fig. 5 a-d). Diagrama distribuției granulometrice laser a tuful vulcanic evidențiază un spectru aproape uniform – monomodal, similar unei distribuții gaussiene (fig. 5e).

Fiecare amestec liant a fost amestecat cu nisip de râu în proporție de 1:1,17 părți gravimetrice material liant:nisip, rezultând mortarele corespunzătoare: M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7. Mortarele au fost realizate prin omogenizarea componentelor în moară de laborator, cu spirale, timp de 1,5 ore.

2.3. Metode de încercare

Mortarele au fost caracterizate din punct de vedere fizic (densitate aparentă, absorbție de apă, aderență la suport, permeabilitate la vaporii de apă), mecanic (rezistență mecanică la încovoire și compresiune). Determinările au fost efectuate pe epruvete confecționate din mortarul proaspăt, a cărui consistență, determinată cu masa de împrăștiere conform SR EN 1015-3 [16], a fost de 140 ± 10 mm. Standardele sau modul de lucru utilizate sunt prezentate în cele ce urmează.

Densitatea aparentă s-a determinat conform SR EN 1015-10 [13] prin metoda hidrostatică, la termenele de 28 și 56 zile.

Absorbția de apă, determinată pe epruvete prismatice de $4 \times 4 \times 16$ cm, a constat în cântărirea probei uscate, imersarea treptată, apoi totală în apă distilată. Cântărirea probei umede s-a efectuat după 24 ore de la imersarea totală, cântărirea repetându-se la interval de 2 ore până când diferența de greutate între 2 cântăriri nu a depășit 0,2%.

Absorbția de apă (abs) s-a determinat la termenele de 28 și 56 zile și s-a exprimat procentual, pe baza formulei:

$$\text{abs} = (m_1 - m_0)/m_0 \times 100 (\%)$$

unde: m_0 reprezintă masa uscată a epruvetei, în g;

m_1 – masa umedă a epruvetei, în g.

Aderența la suport s-a determinat conform SR EN 1015:12 [17], cu mențiunea că aplicarea mortarului s-a efectuat pe o cărămidă plină, umezită în prealabil, iar grosimea stratului aplicat a fost de aproximativ 6 mm. Testarea s-a efectuat cu aparatul DYNA Z16, la termenul de 28 zile. Valorile

În order to give to mortars a chromatic tonality in mass, the limestones were grinded up to finenesses corresponding to some residues of about 6%, on sieve with meshes of 90 μm . At same fineness was grinded also the volcanic tuff, in order to increase its reactivity. Laser grain distribution of these was determined with CILAS 715 laser granulometer, in aqueous solution, the results being presented in the table 5.

Grain size analyses diagrams performed on limestones present, in all cases, a large spectrum of distribution, with non-symmetric aspect, which point out high contribution of fine granular material (cumulative passing reach the value of 50% for all limestones at an average diameter of particle of 6 μm) (fig. 5 a-d). Diagram of laser grain size distribution of volcanic tuff points out an almost uniform-monomodal spectrum, similar to a Gauss distribution (fig. 5e).

Each binder mixture was mixed with river sand in proportion of 1:1.17 gravimetric parts binder: sand, resulting corresponding mortars: M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7. Mortars were made by mixing the components in the laboratory mill, with spirals, for 1.5 hours.

2.3. Testing methods

The mortars were characterized from physical point of view (apparent density, water absorption, adherence at support, permeability at water vapors) and mechanical (mechanical strength at bending and compression). Measurements were performed on specimens made from fresh mortar whose consistency, determined according to EN 1015-3 [16] by spreading method, was 140 ± 10 mm. Standards and working methods are listed below.

Apparent density was determined according SR EN 1015-10 [13] by hydrostatic method, at the terms of 28 and 56 days.

Water absorption was determined on prismatic specimens of $4 \times 4 \times 16$ cm. The determination consists in weighing of dried sample, staged then total immersion in distilled water. The weighing of wet sample was performed after 24 hours from total immersion, the weighing being repeated at interval of 2 hours when the difference of weight between 2 weighs does not exceed 0,2%.

Water absorption (abs) was determined at the terms of 28 and 56 days and was procentual expressed, based on formula:

$$\text{abs} = (m_1 - m_0)/m_0 \times 100 (\%)$$

where: m_0 represents dry mass of the specimen, in g;

m_1 – wet mass of specimen, in g.

Adherence at support was determined according to SR EN 1015:12 [17], with the mention that mortar application was performed on a solid brick, previously wetted, and layer thickness was

de aderență sunt exprimate în N/mm^2 . Aderența la suport este evaluată și prin modul de rupere, care poate fi în mortar, la interfața mortar-suport sau în suportul pe care se aplică mortarul pentru testare.

Rezistența mecanică la încovoiere și compresiune s-a determinat conform SR EN 1015-11 [18]. Epruvetele au fost încercate la termenele 28 și 56 zile.

Permeabilitatea la vaporii de apă este o caracteristică de care trebuie să se țină seama în cazul mortarelor destinate conservării-restaurării monumentelor istorice. Permeabilitatea la vaporii de apă s-a determinat la termenul de 28 zile, conform standardului SR EN 1015-19 [19] pe epruvete cilindrice, păstrate în condițiile precizate de standard. Determinarea s-a efectuat cu soluție apoasă saturată de KNO_3 . Mortarele au fost analizate și din punct de vedere *romatic* atât prin examinare vizuală, cât și cu un spectrofotocolorimetru tip GRETAG MACBETH, pentru determinarea parametrilor cromatici L^* , a^* , b^* .

Consistența mortarelor în stare proaspătă a fost 140 ± 10 mm.

3. Rezultate și discuții

3.1. Caracteristici fizico-mecanice

Mortarele prezintă valori ale *densității aparente* cuprinse între $1,64 \text{ g/cm}^3$ (M6) și $1,79 \text{ g/cm}^3$ (M7) la termenul de 28 zile, valori care cresc ușor la termenul de 56 zile cu $0,01\text{-}0,04 \text{ g/cm}^3$ (fig. 6a).

Valorile *absorbției de apă* se situează între $16,29\%$ (M7) și $19,97\%$ (M6) la termenul de 28 zile (fig. 6b), fiind comparabile cu cele ale stratului *arriccio*³ din monumentele istorice. Absorbția de apă determinată pe câteva probe de mortare prelevate din monumente istorice s-a dovedit a fi foarte variată, tinzând către valori destul de ridicate, de la aproximativ 16% la 22% în cazul unui strat *arriccio* și chiar mai mari ($35\text{-}40\%$) în cazul unui strat *intonaco*⁴. Densificarea probelor la termenul de 56 zile conduce la micșorarea absorbției de apă cu $2,42\text{-}3,01\%$ față de termenul de 28 zile.

Din punct de vedere al *rezistențelor mecanice la compresiune*, s-a observat o variație mică a valorilor acestora la termenul de 28 zile, situându-se între $2,5 \text{ MPa}$ (M1) și $2,9 \text{ MPa}$ (M6). Valorile se diferențiază mai mult la termenul de 56 zile, rămânând, totuși, în limite destul de strânse, anume între $3,1 \text{ MPa}$ (M1) și $4,0 \text{ MPa}$ (M6) (fig.7).

După cum se constată, mortarele obținute în acest sistem au rezistențe mecanice mici, spre moderat, optime pentru operațiuni de conservare-restaurare de tratare a lacunelor existente în suportul picturii murale și tencuielilor monumentelor istorice. Conform standardului SR EN 998-1 [20], mortarele sunt de tip CSII, ale căror rezistențe sunt între $1,5$ și 5 MPa .

of about 6 mm. Testing was performed with the device DYNA Z16, at the term of 28 days. Values of adherence are expressed in N/mm^2 . Adherence at support is also evaluated by breaking way, which can be in mortar, at the interface mortar-support or in the support on which is applied the mortar for testing.

Mechanical strength at bending and compression was determined according to SR EN 1015-11 [18]. The specimens were tested at the terms of 28 and 56 days.

Permeability at water vapors is a characteristic which must be taken into consideration in case of mortars designated to preservation-restoration of historical monuments. Permeability at water vapors was determined at the term of 28 days, according to standard SR EN 1015-19 [19] on cylindrical specimens, kept in the conditions specified by standard. Determination was performed with saturated aqueous solution of KNO_3 . Mortars were also analyzed from *chromatic* point of view, both by visual examination, and with a spectro-photo-colorimeter type GRETAG MACBETH, for determination of chromatic parameters L^* , a^* , b^* .

3. Results and discussions

Determinations were performed on specimens from mortars of which consistency in fresh state was 140 ± 10 mm.

3.1. Physical-mechanical characteristics

Mortars from this system presents values of *apparent density* comprised between $1,64 \text{ g/cm}^3$ (M6) and $1,79 \text{ g/cm}^3$ (M7) at the term of 28 days, values which increase slowly at the term of 56 days with $0,01\text{-}0,04 \text{ g/cm}^3$ (fig. 6a).

Values of *water absorption* are situated between $16,29\%$ (M7) and $19,97\%$ (M6) at the term of 28 days (fig. 6b), being comparable with those of *arriccio* layer from historical monuments. Water absorption determined on some mortars sampled from historical monuments was proved to be very different, inclining to high values, from about 16% to 22% in case of *arriccio* layer even higher ($35\text{-}40\%$) in case of *intonaco* layer. Samples densification at the term of 56 days led to decreasing of water absorption with $2,42\text{-}3,01\%$ in comparison with the term of 28 days.

From *mechanical strengths at compression* point of view, it was remarked a low variation of these values at the term of 28 days, being situated between $2,5 \text{ MPa}$ (M1) and $2,9 \text{ MPa}$ (M6). The values are more different at the term of 56 days, however remaining, in enough tight limits, namely between $3,1 \text{ MPa}$ (M1) and $4,0 \text{ MPa}$ (M6) (fig. 7).

³ *arriccio* – termen utilizat în restaurare pentru primul strat de tencuială, aplicat pe zidărie / term used in the restoration for the first layer of plaster applied to masonry

⁴ *intonaco* – este un strat subțire de tencuială, aplicat pe *arriccio* și care este suportul picturii murale / is a thin layer of plaster, which is applied on *arriccio* layer and represents mural painting support

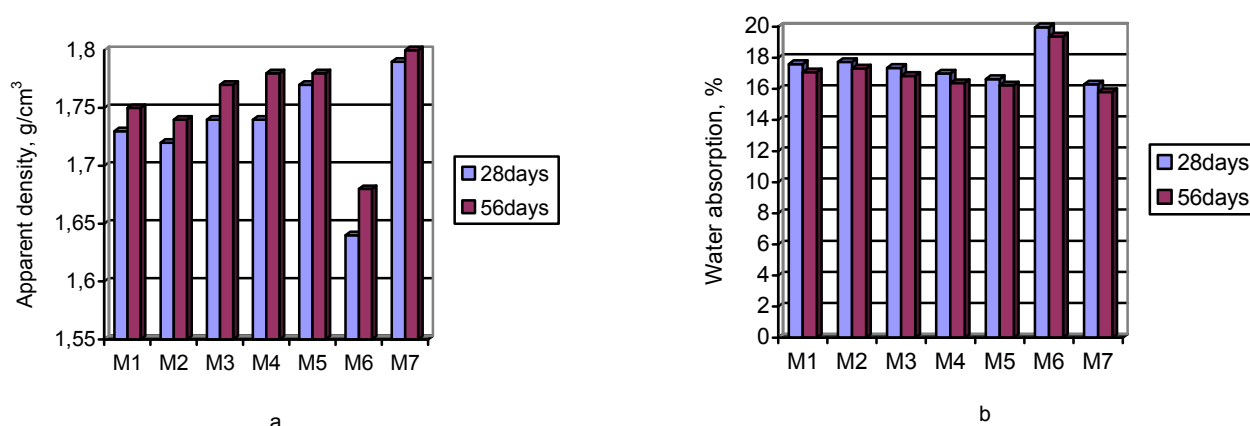


Fig. 6 – Variația densității aparente (a) și a absorbției (b) funcție de compoziția mortarului / Variation of apparent density (a) and water absorption (b) function of the mortar composition.

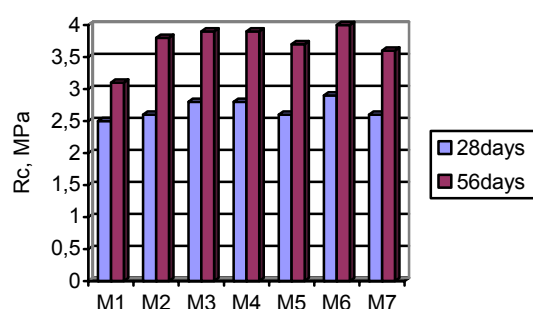


Fig. 7 - Rezistențe la compresiune (R_c) ale mortarilor, la termenul de 28 și 56 zile / Mechanical strengths at compression (R_c) of the mortars, at the terms of 28 and 56 days.

Influența tipului de calcar. În cazul mortarilor M1, M2, M3 și M4 în care raportul var:tuf (1:0,6) și proporția de calcar (0,9 părți gravimetrice) sunt constante, dar în care diferă tipul de calcar, se observă diferențe mici ale valorilor densității (de 0,02 unități la 28 zile și 0,04 unități la 56 zile). Densitatea mortarilor se corelează cu densitatea calcarelor. Densitate mai mică (fig. 6a) prezintă mortarul M2 care conține calcar ocru C2, calcar care are densitatea cea mai scăzută dintre toate calcare (2,38% față de 2,68 – 2,72%).

Asupra rezistențelor mecanice la compresiune, tipul de calcar pare să nu aibă influență, mai ales la termenul de 28 zile, unde diferența între masele liante este de maxim 0,3 MPa (fig. 8b). Micile diferențe de rezistență pot fi cauzate de distribuția granulometrică a calcarelor, în care partea fină, sub 6 μm , ajunge de la 52% la 68,7% (fig. 8a). Din figura 8b nu se constată deosebiri semnificative între rezistențele mecanice ale compozițiilor cu calcare având diferite proporții de fracție sub 6 μm . Posibil, să intervină distribuția granulometrică globală a calcarelor.

La termenul de 56 zile, față de cel de 28 zile, valorile rezistenței mecanice cresc în aceeași manieră, după cum se observă din figura 8b, procentul de creștere fiind de la 24% (M1) la 39%

As is stated, the mortars obtained in this system have low mechanical resistances, to moderate, optimum for operations of preservation-restoration of treatment of existent lagoons in the support of mural picture and historical monuments plasters. According to the standard SR EN 998-1 [20], the mortars are of type CSII, of which strengths are between 1.5 and 5 MPa.

Influence of limestone type. In case of the mortars M1, M2, M3 and M4 in which the ratio lime:tuff (1:0,6) and limestone proportion (0.9 gravimetric parts) are constant, but in which differ limestone type, are remarked low differences of density values (of 0.02 unities at 28 days and 0.04 unities at 56 days). Mortars density is correlated with limestones density. Lower density (fig. 6a) presents the mortar M2 which contain ochre limestone C2, limestone which has the lowest density from all limestones (2.38% in comparison with 2.68 – 2.72%).

On mechanical resistances at compression, limestone type seems not to have influence, especially at the term of 28 days, where the difference between binder masses is of maximum 0.3 MPa (fig. 8b). Low differences of resistance may be caused by grain size distribution of the limestones, in which fine part, below 6 μm , reach from 52% to 68.7% (fig. 8a). From the figure 8b it is not remarked significant differences between the mechanical resistances of the compositions of limestone with different proportions of fraction less than 6 μm . It is possible to intervene overall size distribution of limestone.

At the term of 56 days, in comparison with that of 28 days, the values of mechanical strength increase in the same manner, as is remarked from the figure 8b, increasing percent being from 24% (M1) to 39% (M3, M4) and 46% (M2). The lowest value of the resistance at this term has the mortar M1 (3.1 MPa in comparison with 3.8-3.9 MPa in case of the mortars M2-M4). This behavior may be put on silica contained in the limestones C2-C4.

This may become slow reactive because of

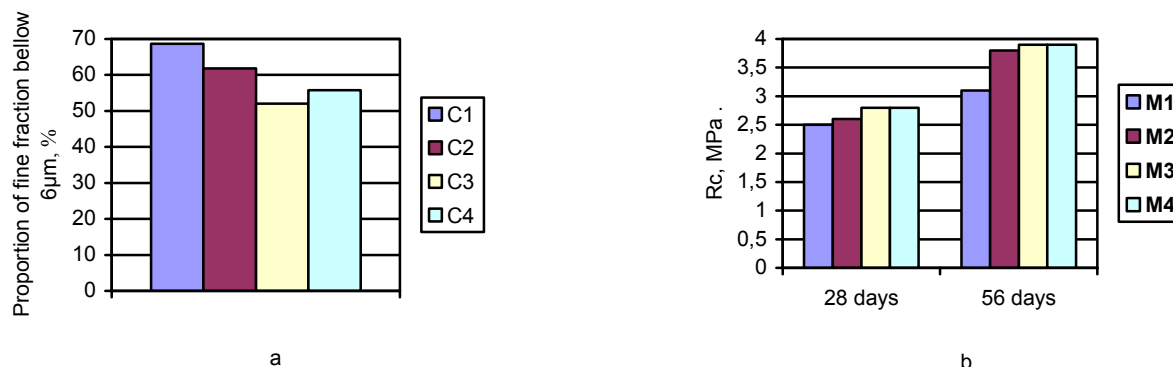


Fig.8 - Corelarea rezistențelor mecanice la compresiune cu proporția de fracțiune fină (sub 6 μm): a – calcare - trecut sub 6 μm; b – mortare - rezistența la compresiune la 28 și 56 zile / Correlation of mechanical resistances at compression with proportion of fine below 6 μm: a – limestones – passed below 6 μm; b – mortars – strength at compression at 28 and 56 days.

(M3, M4) și 46% (M2). Valoarea cea mai mică a rezistenței la acest termen o are mortarul M1 (3,1 MPa față de 3,8-3,9 MPa în cazul mortarelor M2-M4). Această comportare poate fi pusă pe seama silicei conținută în calcarele C2-C4. Aceasta poate deveni ușor reactivă datorită fineții avansate a calcarelor și poate reacționa, în acest fel, cu portlanditul din mortarul proaspăt cu formarea unei cantități suplimentare de hidrocompuși de tip CSH, mai accentuat la termenul de 56 zile [9].

Influența proporției de calcar. Din datele obținute la termenul de 28 zile s-a constatat, după cum era de așteptat, creșterea valorilor densității odată cu creșterea proporției de calcar. De exemplu, în cazul mortarelor cu calcar C2 densitatea crește de la 1,64 g/cm³ – mortar M6 cu 0,3 părți calcar, la 1,77 g/cm³ – mortar M5 cu 0,9 părți calcar (fig. 9a). Implicit, mortarele respective prezintă o scădere a absorbției de apă odată cu creșterea conținutului de calcar, de la 19,97% la 16,63% (fig. 9b). La termenul de 56 zile se păstrează aceeași variație a valorilor densității și absorbției de apă funcție de conținutul de calcar.

advanced fineness of limestones and may react, in this way, with the portlandite from fresh mortar with formation of a supplementary quantity of hydrocompounds of type CSH, more accentuated at the term of 56 days [9].

Influence of limestone proportion. From the data obtained at the term of 28 days was stated, as it was expected, increasing of density values in the same time with increasing of limestone proportion. For example, in case of mortars with limestone C2 the density increases from 1.64 g/cm³ – mortar M6 with 0.3 limestone parts, at 1.77 g/cm³ – mortar M5 with 0.9 limestone parts (fig. 9a). Implicitly, respective mortars present a decreasing of water absorption in the same time with increasing of limestone content, from 19.97% to 16.63% (fig. 9b). At the term of 56 days are kept in same variation of density values and water absorption depending on limestone content.

In case of mechanical resistances these values decrease with increasing of limestone quantity, it having the role of aggregate. This thing can be saw in the case of same mortars (M6, M2,

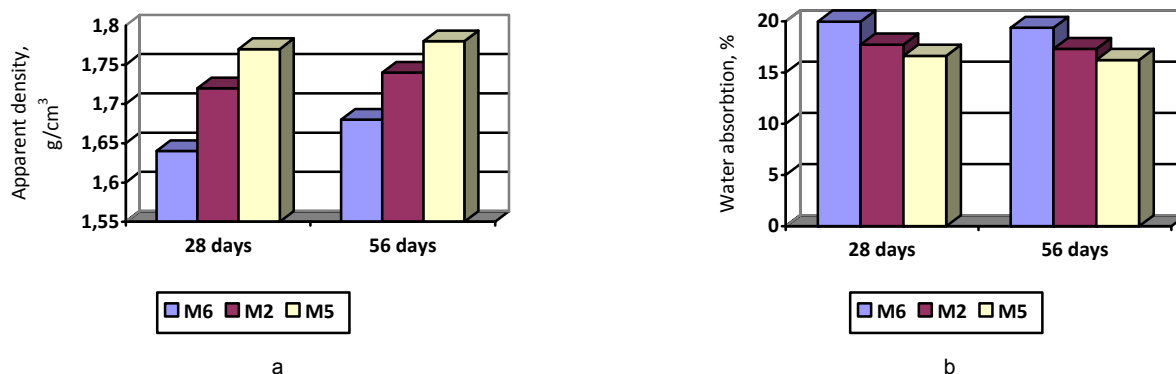


Fig. 9. Variația valorilor densității (a) și a absorbției de apă (b) funcție de conținutul de calcar / Variation of apparent density values (a) and of water absorption (b) depending on limestone content

În cazul rezistențelor mecanice, valorile acestora scad cu creșterea cantității de calcar, acesta având rol de agregat. Acest lucru se poate vedea în cazul aceluiași mortare (M6, M2, M5) cu calcar C2 a cărui proporție crește de la 0,3 la 1,3 părți gravimetrice (fig.10a), precum și în cazul

M5) with limestone C2 of which proportion increase from 0.3 to 1.3 gravimetric parts (fig.10a), and also in the case of mortars with limestone C3, where the proportion increase from 0.9 parts (M3) to 1.3 parts (M7) (fig. 10b).

The values of *adherence to support* and the

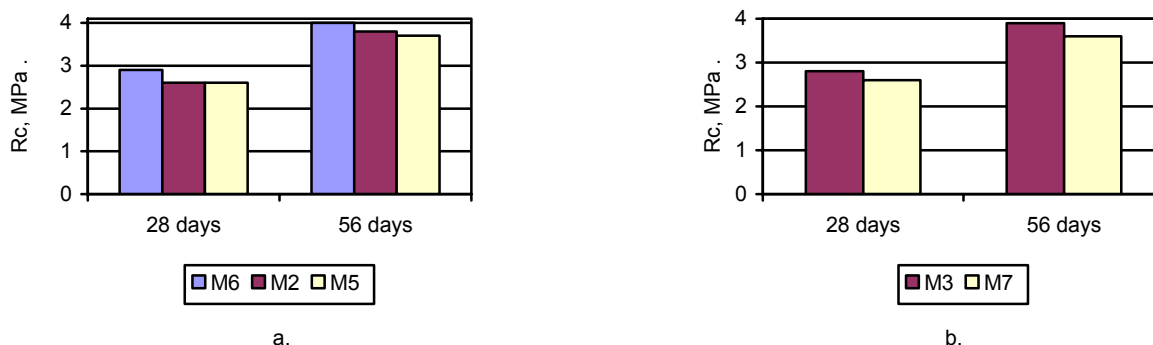


Fig. 10 - Variația rezistențelor mecanice cu proporția de calcar: a – ocru C2; b – roșu C3 / Variation of mechanical strengths with limestone proportion: a – ochre C2; b – red C3.

mortarelor cu calcar C3, unde proporția crește de la 0,9 părți (M3) la 1,3 părți (M7) (fig. 10b).

Valorile aderenței la suport și modul de rupere sunt prezentate în tabelul 6.

În standardul SR EN 998-1 [20] nu se specifică pentru aderență o anumită valoare, ci se impune să se respecte valoarea declarată. În fișa tehnică a produsului pentru restaurare LEDAN TB1 [21], valoarea aderenței este de 0,08 N/mm². Valorile de aderență obținute sunt sub 0,3 N/mm², astfel că ținând cont de cele menționate, aceste valori sunt corespunzătoare pentru mortare de var care se utilizează în conservarea-restaurarea monumentelor. De asemenea, modul de rupere este în principal în masa mortarului, ceea ce confirmă că au bună aderență la suport și că nu există riscul de a degrada suportul pe care este aplicat, prin smulgerea materialului din suport.

breaking way are presented in the table 6.

The standard EN 998-1 [20] does not specify a value for adhesion, but it must respect the declared value. In technical data sheet of the product for restoration LEDAN TB1 [21], adherence value is of 0.08 N/mm². Obtained adherence values are below 0.3 N/mm², so that taking into account the above mentioned, these values are corresponding for lime mortars which are used in monuments preservation-restoration. Also, the breaking way is mainly in mortar mass, fact which confirms that they had adherence to support and that there is not the risk to damage the support on which is applied, through material getting out from support.

Values of permeability at water vapors are presented in the table 7.

Tabelul 6

Aderența mortarelor din sistemul var-calcar-tuf-nisip de râu
Adherence of the mortars from the system lime-limestone-tuff-river sand

Cod mortar Mortar code	Aderența mortarelor, 28 zile / Mortars adherence, 28 days	
	Valoare aderență Adherence value N/mm ²	Mod rupere / Breaking way
M1	0.07	80% în masa liantă / in binder mass + 20% la interfață / at interface
M2	0.12	100% în masa liantă / in binder mass
M3	0.19	65% în masa liantă / in binder mass +35% la interfață / at interface
M4	0.09	60% în masa liantă / in binder mass +40% la interfață / at interface
M5	0.18	60% în masa liantă / in binder mass +40% la interfață / at interface
M6	0.25	80% în masa liantă / in binder mass +20% la interfață / at interface
M7	0.26	100% în masa liantă / in binder mass

Tabelul 7

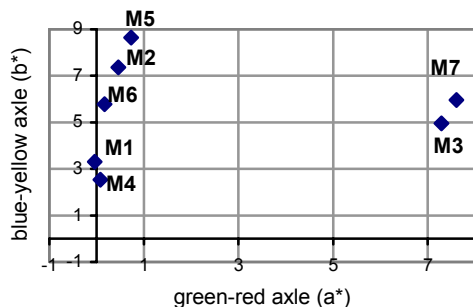
Permeabilitatea la vaporii de apă a mortarelor din sistemul var-calcar-tuf-nisip de râu
Permeability to water vapors of the mortars from the system lime-limestone-tuff-river sand

Cod mortar Mortar code	Permeabilitate la vaporii de apă / Permeability at water vapors		
	Permeanța Permeance (kg/m ² sPa)	Flux de vaporii de apă Flow of water vapors (kg/s)	Coefficientul de permeabilitate la vaporii de apă Coefficient of permeability at water vapors
M1	4.12 x 10 ⁻¹¹	6.41 x 10 ⁻¹⁰	4.735
M2	4.02 x 10 ⁻¹⁰	6.21 x 10 ⁻⁹	0.485
M3	4.19 x 10 ⁻¹⁰	6.43 x 10 ⁻⁹	0.465
M4	4.60 x 10 ⁻¹⁰	7.11 x 10 ⁻⁹	0.42
M5	1.98 x 10 ⁻¹²	3.14 x 10 ⁻¹¹	98.95
M6	4.13 x 10 ⁻¹⁰	6.39 x 10 ⁻⁹	0.469
M7	4.01 x 10 ⁻¹⁰	6.18 x 10 ⁻⁹	0.485

Valorile *permeabilității la vaporii de apă* sunt prezentate în tabelul 7. Din datele prezentate se observă că valorile permeanței la vaporii de apă sunt cuprinse în general între $4,01 \times 10^{-10}$ și $4,60 \times 10^{-10}$ kg/m²sPa. Excepție fac mortarul M1 care are o valoare mai mică cu un ordin de mărime ($4,12 \times 10^{-11}$ kg/m²sPa) și M5 cu două ordine de mărime ($1,98 \times 10^{-12}$ kg/m²sPa). În literatura de specialitate [22, 23] se face referire la cerințele de bază ale unui material de acoperire (tencuire), printre care și permeanța la vaporii de apă, care se recomandă să fie 2×10^{-10} până la 6×10^{-10} kg/m²sPa. Conform acestor date, mortarele M2, M3, M4, M6 și M7 au o bună permeabilitate la vaporii de apă. De asemenea, pentru ca un material să fie cât mai permeabil, coeficientul de permeabilitate trebuie să fie cât mai mic. Standardul SR EN 998-1:2004: "Specificație a mortarelor pentru zidărie. Partea 1: Mortare pentru tencuire și gletuire" [20] impune pentru coeficientul de permeabilitate la vaporii de apă, o valoare mai mică de 15 în cazul "mortarelor pentru renovare (R)". În acest caz, cele mai bune valori le prezintă mortarele M1, M2, M3, M4, M6 și M7. În fișele tehnice ale unor produse de restaurare acest coeficient este de 0,01 până la 6 [21, 24]. Pe baza rezultatelor obținute se observă că mortarele care conțin peste 0,9 părți gravimetrice calcar ocru devin mai puțin permeabile la vaporii de apă.

3.2. Evaluarea caracteristicilor estetice: caracterizarea cromatică și estetică a mortarelor

Din amestecurile materiilor prime prezentate au rezultat mortare colorate care alcătuiesc o succesiune de la cald la rece de tonuri luminoase, pastelate. Predomină tonalitățile luminoase de gri, situate dominant în sectorul galben-roșu, al culorilor calde, aproape de intersecția axelor verde-roșu, albastru-galben, una singură (proba M1) intrând în aria galben-verde, a culorilor reci (fig. 11a). Mortarele care conțin calcar alb (M1) și ocru (M2, M5, M6) au o luminozitate spre maxim (89-92), iar cea a mortarelor care conțin calcar roșu (M3, M7) și negru (M4) este mai mică, datorată unei luminozități mai scăzute a calcarelor respective (11b).



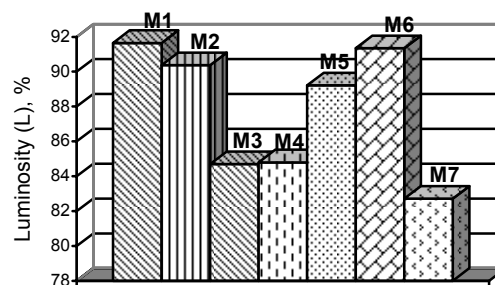
a

From presented data is remarked that the water vapor permeance values are generally comprised between 4.01×10^{-10} and 4.60×10^{-10} kg/m²sPa. Exception make the mortar M1 which has a lower value with a size order (4.12×10^{-11} kg/m²sPa) and M5 with two size orders (1.98×10^{-12} kg/m²sPa). In specialty literature [22, 23] is make reference at basis requirements of a covering material (plastering), through which the water vapor permeance, which is recommended to be 2×10^{-10} up to 6×10^{-10} kg/m²sPa. According to these data, the mortars M2, M3, M4, M6 and M7 have a good permeability at water vapors. Also, in order to a material to be as much permeable as possible, permeability coefficient must be as low as possible. The standard SR EN 998-1:2004: "Specification of mortars for masonry. Part 1: Mortars for plastering and rendering" [20] impose for permeability coefficient at water vapors, a value lower than 15 in case of "mortars for renovation (R)". In this case, the best values are presented by the mortars M1, M2, M3, M4, M6 and M7. In the technical data sheet of some products of restoration this coefficient is of 0.01 up to 6 [21, 24]. Based on obtained results it is remarked that the mortars which contain over 0.9 gravimetric parts ochre limestone become less permeable at water vapors.

3.2. Evaluation of aesthetic characteristics: chromatic and aesthetic characterization of the mortars

From presented raw materials mixtures had resulted colored mortars which compose a succession from warm to cold of luminous, pastel colors. It prevails luminous tonalities of grey, situated dominant in yellow-red sector, of warm colors, closed to the axles intersection green-red, blue-yellow, just one (sample M1) being comprised in yellow-green area, of cold colors (fig. 11a).

Mortars that contain white limestone (M1) and ochre (M2, M5, M6) have a luminosity to maximum (89-92), and that of mortars which contain red limestone (M3, M7) and black (M4) is lower, because of a lowest luminosity of respective limestones (11b).



b

Fig. 11 - Analiza colorimetrică a mortarelor: a – parametrii cromatici pe axele verde-roșu (a*), albastru-galben (b*); b – luminozitatea, L
Colorimetric analyze of the mortars: a – chromatic parameters on the axes green-red (a*), blue-yellow (b*); b – luminosity (L).

Din punct de vedere vizual, mortarele se află într-un raport cald-rece, datorat contrastului simultan, conform căruia, prezența în vecinătate a unei culori calde (/rece) poate accentua tonalitatea rece (/caldă) a mortarului.

4. Concluzii

În lucrare au fost caracterizate o serie de mortare, realizate din var hidratat, calcar măcinat până la un reziduu pe sita cu ochiuri de 90 μm , de aproximativ 6%, tuf vulcanic și nisip de râu, fiind investigată, în același timp, influența naturii și proporției componentelor asupra caracteristicilor acestora.

Pe baza rezultatelor determinărilor efectuate se poate aprecia că toate mortarele prezintă:

- valori mici ale densității aparente și valori ale absorbției de apă comparabile cu cele ale stratului de *arriccio* din monumentele istorice;
- valorile rezistențelor la compresiune sunt corespunzătoare unor materiale de intervenție în conservarea-restaurarea monumentelor istorice;
- o bună aderență la suport, cu mod de rupere în masa mortarului;
- o bună permeabilitate la vaporii de apă, excepție făcând mortarul cu 1,3 părți gravimetrice calcar ocru.

Tipul și proporția de calcar au o anumită influență asupra caracteristicilor mortarelor în sensul că:

- micile diferențe de densitate ale calcarelor imprimă mortarelor, în componența cărora intră, ușoare variații ale valorilor aceleiași caracteristici;
- la termenul de 56 zile, mortarele care conțin calcar cu silice în compoziție au rezistențe mecanice la compresiune mai mari decât mortarul cu calcar fără silice, posibil ca urmare a unei ușoare activări a silicei prin măcinarea avansată a calcarelor.
- fiecare tip de calcar, prin culoarea lui, imprimă mortarelor nuanțele specifice, într-o succesiune de la cald la rece de tonuri luminoase, pastelate;
- prin creșterea proporției de calcar, crește densitatea și scade absorbția de apă a mortarelor, ca urmare a stucturii mai dense a acestuia în comparație cu varul carbonatat pe care îl înlocuiește, iar rezistențele mecanice la compresiune au o ușoară scădere.

Se poate preciza că, utilizarea diferitelor tipuri de calcar a condus la obținerea unor mortare cu caracteristici fizico-mecanice care se mențin în limite restrânte și care, în același timp, imprimă acestora diferite tonuri luminoase, pastelate.

From visual point of view, the mortars are in a ratio hot-cold, because of simultaneous contrast, according to which, the presence in vicinity of a warm color (/cold) may accentuate cold tonality (/warm) of the mortar.

5. Conclusions

In the paper were characterized, a series of mortars, performed from hydrated lime, limestone ground to a residue on sieve 90 μm , approx. 6%, volcanic tuff and river sand, being investigated, in the same time, nature influence and components proportion on their characteristics.

Based on the results of performed determinations it may be appreciated that all mortars present:

- low values of apparent density and values of water absorption comparable with those of *arriccio* layer from historical monuments;
- values of compression strength are adequate to intervention materials in historical monuments preservation-restoration;
- good adherence at support, with breaking way in mortar mass;
- a good permeability at water vapors, exception making the mortar with 1.3 gravimetric parts ochre limestone.

The type and proportion of limestone develop an influence on mortars characteristics in the way that:

- low differences of density of the limestones impress to mortars, within composition, low variations of same characteristic values;
- at the term of 56 days, the mortars which contain limestones with silica in composition have mechanical strengths at compression higher than the mortar with limestone without silica, possible as consequence of a low activation of silica through advanced grinding of limestones.
- each type of limestone, through its color, impress to mortars specific nuances, in a succession from warm to cold of luminous, pastel tones;
- by limestone proportion increasing, the density increases and water absorption of mortars decreases, as consequence of more dense structure of this in comparison with carbonated lime on which this replaced it, and the mechanical compression strengths have a low decreasing, because of increasing the proportion of fine in mortar.

It may specify that, using of the different types of limestones lead to obtaining of some mortars with physical-mechanical characteristics

Mulțumiri:

Datele prezentate în acest articol au fost obținute în cadrul Proiectului „Materiale liante pe bază de var utilizate în refacerea continuității și coeziunii tencuielilor monumentelor istorice – TENCVAR”, contract PN II 72-214/2008 și face parte integrantă din teza de doctorat “Mase liante minerale pentru conservarea și restaurarea monumentelor istorice”, faza finală de elaborare.

Autorii mulțumesc Doamnei lect. univ. dr. ing. Anca Luca - Universitatea București, Facultatea de Geologie și Geofizică, Departamentul Mineralogie pentru ajutorul oferit la analizele de microscopie optică.

REFERENCES

1. I. Papayianni and M. Stefanidou – The role of fines in lime-based mortar’s technology, Romanian Journal of Materials, 2011, **41** (1), 26.
2. F.M.A. Henriques, V.M. Rato – The influence of grain size distribution on the performance of mortars, in Proceedings of the 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Stockholm, ICOMOS, Sweden, 2004, p. 1001-1008.
3. J. Lanas and J.I. Alvarez – Masonry repair lime-based mortars: Factors affecting the mechanical behavior, Cement and Concrete Research, 2003, **33** (10), 1867.
4. S. Pavia and B. Toomey – Influence of the aggregate quality on the physical properties on natural feebly-hydraulic lime mortars, Materials and Structure, 2008, **41** (3), 559.
5. P. Deryse, J. Elsen and M. Waelkens – Study of ancient mortars from Salassos (Turkey) in view of their conservation, Cement and Concrete Research, 2002, **32** (9), 1457.
6. G. Baronio, L. Binda and N. Lombardi – The role of brick pebbles and dust in conglomerates based on hydrated lime and crused bricks, Construction and Building Materials, 1997, **11** (1), 33.
7. I. Papayianni and M. Stefanidou – Strength-porosity relationships in lime-pozzolan mortars, Construction and Building Materials, 2006, **20** (9), 700.
8. R. Cerny, A. Kunca, V. Tydlit, J. Drchalova and P. Rovnanikova – Effect of pozzolanic admixtures on mechanical, thermal and hygric properties of lime plasters, Construction and Building Materials, 2006, **20** (10), 849.
9. M. Georgescu, I. Mohanu, G. Voicu, V. Coțofană – physical and chemical processes at hardening of some lime–limestone–volcanic tuff composites, in press in U.P.B. Sci. Bull., 2011.
10. xxx, SR EN 196-2:2006 – Methods of testing cement. Part 2: Chemical analysis of cement.
11. xxx, SR EN 933-9:2009 – Tests for geometrical properties of aggregates. Part 9: Assessment of fines — Methylene blue test.
12. xxx, SR EN 13639 – Determination of total organic carbon in limestone

which are maintain in restricted limits and that, in the same time, imprint to these different luminous, pastel tones.

Aknowledgements:

The data presented in the paper are obtained within the project “Binder materials based on lime used in remaking of continuity and plasters cohesion from historical monuments” – TENCVAR”, contract PN II 72-214/2008 and make integrant part from doctorate thesis “Mineral binder masses for preservation and restoration of historical monuments”, final phase of elaboration.

The authors wish to thank to lect. univ. dr. ing. Anca Luca - University of Bucharest, Faculty of Geology and Geophysics, Department of Mineralogy, for her help in optical microscopy analysis.

13. xxx, SR EN 1015-10:2002/A1:2007 – Methods of test for mortar for masonry - Part 10: Determination of dry bulk density of hardened mortar.
14. Hajo Duchting, Comprendre et creer la couleur, Dessain et Tolra, Paris, 1990, ISBN 2-249-27817-2.
15. Johannes Itten, Art de la couleur, Dessain et Tolra, 1961, ISBN-EAN13: 2047202019.
16. xxx, SR EN 1015-3:2005 – Methods of test for mortar for masonry. Part 3: Determination of consistence of fresh mortar (by flow table).
17. xxx, SR EN 1015-12:2001 – Methods of test of mortar for masonry - Part 12: Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates.
18. xxx, SR EN 1015-11:2002/A1:2007 – Methods of test for mortar for masonry. Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar.
19. xxx, SR EN 1015-19:2003/A1:2007 – Methods of test for mortar for masonry. Part 19: Determination of water vapour permeability of hardened rendering and plastering mortars.
20. xxx, SR EN 998-1:2004: Specification for mortar for masonry – Part 1: Rendering and plastering mortar.
21. xxx, Data Sheet LEDAN TB1 – building material for layer *intonaco*.
22. M. Bomberg, M. Pazera and P. Ellringer, 3E Wall for all climates: Part2: A proposed solution, International Building Lime Symposium 2005, Orlando, Florida, 2005, March 9-11.
23. M. Pazera, M. Bomberg - Applying lessons from clay-brick veneer to design a stucco mix , www.thebestconference.org/pdfs/031_EE9-2.pdf, 05.09.2010.
24. xxx, Data Sheet K-Lime, Kilwaugther Chemical Company Limited – plastering materials for coat finish.
