

ACTA MVSEI APVLENSIS

APULUM LI

series *ARCHAEOLOGICA ET ANTHROPOLOGICA*

CARPATHIAN HEARTLANDS

*Studies on the prehistory and history of Transsylvania in
European contexts, dedicated to Horia Ciugudean on his 60th
birthday*

NUCLEUL CARPATIC

*Studii privind preistoria și istoria Transilvaniei în context
european, dedicate lui Horia Ciugudean la aniversarea a 60 de
ani*

**Edited by /
Volum îngrijit de:**

**Nikolaus Boroffka
Gabriel Tiberiu Rustoiu
Radu Ota**

ACTA MVSEI APVLENSIS

APVLVM

LI

series *ARCHAEOLOGICA ET ANTHROPOLOGICA*



ALBA IULIA

MMXIV

Fondator

ION BERCIU

Editor

GABRIEL T. RUSTOIU

Colegiul editorial

RADU ARDEVAN - Universitatea „Babeş-Bolyai”, Cluj-Napoca

NIKOLAUS BOROFFKA - Deutsches Archäologisches Institut, Berlin

DANIEL DUMITRAN - Universitatea „1 Decembrie 1918”, Alba Iulia

NICOLAE GUDEA - Cluj-Napoca

VALER MOGA - Universitatea „1 Decembrie 1918”, Alba Iulia

ZENO KARL PINTER - Universitatea „Lucian Blaga”, Sibiu

MARIUS PORUMB - Institutul de Arheologie și Istoria Artei, Cluj-Napoca

VOLKER WOLLMANN - Obrigheim

Colegiul de redacție

HORIA CIUGUDEAN - director

RADU OTA - secretar de redacție

GEORGE BOUNEGRU - membru

CONSTANTIN INEL - membru

GENU POP - webmaster

Adresa de corespondență:

MUZEUL NAȚIONAL AL UNIRII

510010 ALBA IULIA

Str. Mihai Viteazul, 12-14

Tel. 0258/813300

revista.apulum@yahoo.com

www.mnuai.ro; www.muzeuluniriialba.ro; www.anuarulapulum.ro

Correspondence address:

MUZEUL NAȚIONAL AL UNIRII

RO – 510010 ALBA IULIA

Mihai Viteazul St., 12-14

Tel. (+40) (258) 813300

© 2014 MUZEUL NAȚIONAL AL UNIRII, ALBA IULIA

ISSN – 1013-428X

ISSN – 2247 – 8701

ISSN-L – 2247 – 8701

CARPATHIAN HEARTLANDS
Studies on the prehistory and history of
Transsylvania in European contexts, dedicated to
Horia Ciugudean on his 60th birthday

NUCLEUL CARPATIC
Studii privind preistoria și istoria Transilvaniei în
context european, dedicate lui Horia Ciugudean
la aniversarea a 60 de ani

Edited by /
Volum îngrijit de:

Nikolaus Boroffka
Gabriel Tiberiu Rustoiu
Radu Ota

ALBA IULIA 2014

Tehnoredactare: RADU OTA

Traducerea și verificarea textelor în limba engleză: ADINA GOȘA, NIKOLAUS
BOROFFKA, BRÎNDUȘA CIUGUDEAN

Textele nepublicate nu se restituie.



Horia Ciugudean

S U M A R

CONTENTS – SOMMAIRE – INHALT

TABULA GRATULATORIA	XV
COLEGIUL EDITORIAL, Prefață (Preface)	XIX
NIKOLAUS BOROFFKA, Memories with Horia	XXIII
Amintiri cu Horia	XXVII
BIBLIOGRAFIE HORIA CIUGUDEAN	XXXI

STUDII – STUDIES

SABIN ADRIAN LUCA, FLORENTINA MARȚIȘ, ANAMARIA TUDORIE, ADRIAN LUCA, „Consacrarea ritualică” a primei colonizări neolitice din România. Partea II. Locuirea <i>“Ritual Consecration” of the first Neolithic Settlements in Romania. Second part. Habitation.....</i>	1
GHEORGHE LAZAROVICI, CORNELIA-MAGDA LAZAROVICI, SORIN COLESNIUC, SOTE ANGELESKI, Muntele Teasc. Despre sanctuare în natură (I) <i>The Teasc Mountain. On Sanctuaries in the Landscape (I).....</i>	25
ZSOLT SZÉKELY, Mormântul în cistă de piatră de la Șincai (jud. Mureș) <i>The Stone Grave from Șincai (Mureș County).....</i>	81
RADU BĂJENARU, Despre datarea și contextul unui topor fațetat din Oltenia <i>On the Dating and Context of a faceted Axe from Oltenia.....</i>	89
TÜNDE HORVÁTH, Mobility: Transhumants or Immigrants? <i>Mobilitate: transhumanți sau imigranți?.....</i>	99
DALIA ANNA POKUTTA, Food and Cooking in the Únětice Culture <i>Hrană și gătit în cultura Únětice</i>	135
CLAES UHNÉR, A critical View on the Use of Salt in the political Economy of Únětice Societies in the Circumharz Region in eastern Germany	

	<i>O viziune critică asupra folosirii sării în economia politică a societăților Unětice în regiunea Circumharz din estul Germaniei</i>	161
PETER THOMAS,	Copper and Gold – Bronze Age Ore Mining in Transylvania <i>Cupru și aur – exploatarea minereurilor din Transilvania în epoca bronzului</i>	177
SASCHA MAUEL,	A close Association of some Tens of Loom Weights from Aiud – Evidence for the Presence of the Warp – Weighted Loom in Bronze Age Transylvania, Romania <i>Un ansamblu de câteva zeci de greutateți pentru războiul de țesut de la Aiud – Dovezi ale prezenței greutateților pentru urzeală în epoca bronzului din Transilvania, România</i>	195
GABRIEL BĂLAN, RALUCA BURLACU-TIMOFTE, MARIUS RÂZA, TEODOR MUNTEAN,	Situri descoperite recent aparținând culturii Wietenberg <i>New Sites belonging to the Wietenberg Culture</i>	215
CORNELIU BELDIMAN, DAN-LUCIAN BUZEA, DIANA-MARIA SZTANCS, BJÖRN BRIEWIG,	Microscopy of Praehistoric symbolic Artefacts. Wietenberg Zoomorphic Antler Plate discovered at Șoimeni, Harghita County <i>Microscopia unor artefacte preistorice simbolice. Placa zoomorvă din corn de cerb aparținând culturii Wietenberg descoperită la Șoimeni, județul Harghita ...</i>	241
MARCIN S. PRZYBYŁA,	Cladistics, Typology and the Bronze Age Pottery from Cârna <i>Cladistica, tipologia și ceramica epocii bronzului de la Cârna</i>	287
ÁGNES KIRÁLY, JUDIT KOÓS, JÁNOS GÁBOR TARBAY,	Representations of Jewellery and Clothing on Late Bronze Age anthropomorphic clay Figurines from north-eastern Hungary <i>Reprezentări ale podoabelor și îmbrăcăminteii pe figurinele antropomorfe din lut din epoca bronzului în nord-estul Ungariei</i>	307
CRISTIAN SCHUSTER,	Faza Tei V, Aspectul cultural Vlădești II–Fundenii Doamnei, grupul Govora–Fundeni sau grupul cultural Fundenii Doamnei?	

	<i>The Phase Tei V, cultural Aspect Vlădești II – Fundenii Doamnei, the Group Govora-Fundeni or the cultural Group Fundenii Doamnei?.....</i>	341
TIBERIUS BADER, Lanzenspitzen vom Typ Dremajlovka		
	<i>The Dremajlovka type of lance-heads</i>	369
BOGDAN PETRU NICULICĂ, VASILE BUDUI, The Evaluation and spatial Distribution of Bronze Deposits in Bucovina		
	<i>Evaluarea și distribuția spațială a depozitelor de bronzuri din Bucovina</i>	387
BIANKA NESSEL, Bronze Age Portioning of raw Metal–Concepts, Patterns and Meaning of casting Cakes		
	<i>Porționarea metalului brut în epoca bronzului-concepte, modele și semnificația turtelor de turnare</i>	401
ANCA-DIANA POPESCU, O formă de turnare din a doua jumătate a mileniului al II-lea a.Chr. descoperită la Căscioarele		
	<i>A casting Mold dated to the second Half of the 2nd Millennium BC discovered at Căscioarele.....</i>	427
BIBA TERŽAN, Bemerkungen zu einem bimetalenen Vollgriffschwert aus der Hallstattzeitlichen Dolenjsko-Gruppe (SO Slowenien)		
	<i>Considerații privind o sabie bimetalică cu mânerul plin aparținând grupului hallstattian Dalj (SE Slovenia)</i>	445
BEATRICE CIUȚĂ, Considerații arheobotanice prilejuite de descoperirea unor resturi de <i>vitis vinifera</i> în interiorul unui vas de argint (sec. IV B.C.)		
	<i>Archaeobotanical Considerations occasioned by the Discovery of vitis vinifera Remains within a silver Vessel (4th Century BC).....</i>	457
MARIUS-MIHAI CIUȚĂ, Istoria pierdută – istoria recuperată. Cazul Hercules 2013		
	<i>Lost History – Recovered History. The Hercules 2013 Case.....</i>	471
RADU CIOBANU, Statueta lui Hercule ”Farnese” recent descoperită la Apulum – elemente de mitologie comparată, iconografie, tipologie și stil ale unei piese excepționale de artă romană		
	<i>La Statuette d’Hercule Farnèse récemment découverte à Apulum – éléments de mythologie comparée, iconographie, typologie et style d’une pièce exceptionnelle d’art romain.....</i>	491

RADU OTA, O nouă atestare a zeului Pan și câteva considerații privind imaginile iconografice ale divinității la Apulum <i>A new Atestation of the God Pan and some Considerations regarding the Iconographic Images of the Divinity at Apulum</i>	527
CSABA SZABÓ, Notes on a new <i>Salariarius</i> from Apulum <i>Note asupra unui nou salariarius de la Apulum</i>	533
NICOLAE GUDEA, Inscriptiones Tegularum Legionis XIII Geminae 1. Tipologia ștampilelor pe țigle și cărămizi descoperite în castru <i>Inscriptiones Tegularum Legionis XIII Geminae 1. Tiles and Brick Stamps discovered in the Camp – a Typology.</i>	545
MONICA URSU, CLAUDIU TĂNĂSELIA, SERGIU CADAR, MIRCEA CHINTOANU, NICOLAE HAR, DAN ANGHEL, ANCA TIMOFAN, GEORGE BOUNEGRU, Studiu cu privire la compoziția și proveniența mortarelor cu lianți minerali utilizați la construcția edificiilor antice de la Apulum <i>Study on the Composition and Provenience of Mortars with mineral Cement used in the Construction of antique Buildings at Apulum</i>	561
CĂLIN COSMA, Considerații privind un nou tip de zăbală din secolele VII-VIII descoperit pe teritoriul Transilvaniei și Slovaciei <i>Betrachtungen zu einem neuen Trensentyp aus dem 7.-8. JH., der auf dem Gebiet Siebenbürgens und der Slowakei Entdeckt Wurde</i>	593
DAN BĂCUEȚ-CRIȘAN, O locuință medievală timpurie descoperită în anul 1995 la Alba Iulia "Dealul Furcilor". Câteva considerații privind locuirile medievale timpurii de pe teritoriul orașului Alba Iulia <i>Early Medieval Dwelling found at Alba Iulia "Dealul Furcilor" in 1995. Some Considerations about Early Medieval Settlements on the Territory of Alba Iulia</i>	615
AUREL DRAGOTĂ, Tipologia pandantivelor în formă de semilună <i>Typology of Crescent Shaped Pendants</i>	645

RECENZII ȘI NOTE DE LECTURĂ

REVIEWS AND READER'S NOTES

RADU CIOBANU, Alix Barbet, <i>Peintures romaines de Tunisie</i> , ed. Picard, Paris, 2013, 336 pag., 466 fig. alb-negru și color.....	669
RADU CIOBANU, <i>Jupiter on Your Side – Gods and Humans in Antiquity in the Lower Danube Area</i> (Accompanying publication for the thematic exhibitions in Bucharest, Alba Iulia and Constanța: may – september 2013; editor Cristina Georgeta Alexandrescu) Bucharest, 2013, 295 pag., 163 ilustrații alb-negru - text, 149 ilustrații color – catalog.....	675
Lista autorilor.....	681
Indice de autori (2004-2013).....	685

TABVLA GRATVLATORIA

SOTE ANGELESKI – Cluj-Napoca
DAN ANGHEL - Alba Iulia
OLE CHRISTIAN ASLAKSEN - Gothenburg
TIBERIUS BADER - Hemmingen
JOZEF BÁTORA - Bratislava
DAN BĂCUEȚ-CRIȘAN - Zalău
RADU BĂJENARU - București
GABRIEL BĂLAN - Alba Iulia
IOAN BEJINARIU - Zalău
CORNELIU BELDIMAN - București
SÁNDOR BERECKI - Târgu Mureș
KATALIN T. BIRÓ - Budapest
WOJCIECH BLAJER - Krakow
NECULAI BOLOHAN - Iași
NIKOLAUS BOROFFKA - Berlin
RODICA BOROFFKA - Berlin
GEORGE BOUNEGRU - Alba Iulia
BJÖRN BRIEWIG - Berlin
VASILE BUDUI - Suceava
RALUCA BURLACU-TIMOFTE - Cluj-Napoca
DAN-LUCIAN BUZEA - Sfântu Gheorghe
SERGIU CADAR - Cluj-Napoca
MIRCEA CHINTOANU - Cluj-Napoca
DANIELA CIUGUDEAN – Alba Iulia
BEATRICE CIUTĂ - Alba Iulia
MARIUS CIUTĂ - Alba Iulia
SORIN COLESNIUC - Mangalia
CĂLIN COSMA - Cluj-Napoca
GABRIEL CRĂCIUNESCU - Drobeta Turnu-Severin
JANOS DÁNI - Debrecen
WOLFGANG DAVID - München

MIREILLE DAVID-ELBIALI - Geneva
VALENTIN DELEANU - Alba Iulia
LAURA DIETRICH - Berlin
AUREL DRAGOTĂ - Sibiu
FLORIN DRAȘOVEAN - Timișoara
CORNELIU GAIU - Bistrița
ERWIN GÁLL - București
CLAUDIA GERLING - Berlin
ROBERT GINDELE - Satu Mare
ADRIAN GLIGOR - București
BLAGOJE GOVEDARICA - Berlin
HASKEL GREENFIELD - Winnipeg
NICOLAE GUDEA - Cluj-Napoca
SVEND HANSEN - Berlin
NICOLAE HAR - Cluj-Napoca
VOLKER HEYD - Bristol
TÜNDE HORVÁTH - Budapest
CONSTANTIN INEL - Alba Iulia
CAROL KÁCSO - Baia Mare
ELKE KAISER - Berlin
TOBIAS L. KIENLIN - Köln
VALERIU KAVRUK - Sfântu Gheorghe
ÁGNES KIRÁLY - Miskolc
JUDIT KOÓS - Miskolc
GABRIELLA KULCSÁR - Budapest
ILIE LASCU - Alba Iulia
ATTILA LÁSZLÓ - Iași
GHEORGHE LAZAROVICI – Cluj-Napoca
CORNELIA-MAGDA LAZAROVICI - Iași
ADRIAN LUCA - Sibiu
SABIN ADRIAN LUCA - Sibiu
JOSEPH MARAN - Heidelberg
FLORENTINA MARȚIȘ - Timișoara
SASCHA MAUEL - Thessaloniki
FLORIN MĂRGINEAN - Arad

ZSOLT MOLNÁR-KOVÁCS - Cluj-Napoca
LIVIU MARTA - Satu Mare
TEODOR MUNTEAN - Iași
JÓSZEF GÁBOR-NAGY - Cluj-Napoca
RITA NÉMETH - Târgu Mureș
BIANKA NESSEL - Heidelberg
BOGDAN PETRU NICULICĂ - Suceava
ANCA NIȚOI - Sibiu
JOHN O'SHEA - Michigan
RADU OTA - Alba Iulia
NONA PALINCAȘ - București
CHRISTOPHER PARE - Mainz
JAROSLAV PEŠKA - Olomouc
RICHARD PETROVSZKY - Speyer
ZENO KARL PINTER - Sibiu
IOAN PISO - Cluj-Napoca
DALIA ANNA POKUTTA - Gothenburg
CRISTIAN I. POPA - Alba Iulia
ANCA-DIANA POPESCU - București
MARCIN S. PRZYBYŁA - Cracow
COLIN P. QUINN - Michigan
SORIN RADU - Sibiu
LORENZ RAHMSTORF - Mainz
MARIUS RÂZA - Alba Iulia
AGATHE REINGRUBER - Berlin
BOTOND REZI - Târgu Mureș
CĂTĂLIN RIȘCUȚA - Deva
GABRIEL TIBERIU RUSTOIU - Alba Iulia
CRISTIAN SCHUSTER - București
VALERIU ȘÎRBU - Brăila
TUDOR SOROCEANU - Berlin
THOMAS STÖLLNER - Bochum
COSMIN I. SUCIU - Timișoara
CSABA SZABÓ - Pécs
ILDIKÓ SZATHMÁRI - Budapest

ZSOLT SZÉKELY - Sfântu Gheorghe
ALEXANDRU SZENTMIKLOSI - Timișoara
DIANA-MARIA SZTANCS - București
JÁNOS GÁBOR TARBAY - Budapest
CLAUDIU TĂNĂSELIA - Cluj-Napoca
BIBA TERŽAN - Ljubljana
PETER THOMAS - Bochum
ANCA TIMOFAN - Alba Iulia
SORIN TINCU – Hunedoara
GEORGE TOMEGEA - Sibiu
ANAMARIA TUDORIE - Sibiu
JAN TUREK - Pilsen
IOAN - MARIAN ȚIPLIC - Sibiu
CLAES UHNÉR - Gothenburg
MONICA URSU - Cluj-Napoca
HELLE VANDKILDE - Aarhus
MAGDOLNA VICZE - Százhalombatta
STEFAN WIRTH - Dijon
MIHAI WITTENBERGER - Cluj-Napoca
VOLKER WOLLMANN - Obrigheim
PETAR ZIDAROV - Sofia

**STUDIU CU PRIVIRE LA COMPOZIȚIA ȘI PROVENIENȚA
MORTARELOR CU LIANȚI MINERALI UTILIZAȚI LA
CONSTRUCȚIA EDIFICIILOR ANTICE DE LA APULUM**

Monica URSU
Institutul de Cercetări pentru Instrumentație Analitică, Cluj-Napoca
Claudiu TĂNĂSELIA
Institutul de Cercetări pentru Instrumentație Analitică Cluj-Napoca
Sergiu CADAR
Institutul de Cercetări pentru Instrumentație Analitică Cluj-Napoca
Mircea CHINTOANU
Institutul de Cercetări pentru Instrumentație Analitică Cluj-Napoca
Nicolae HAR
Universitatea Babeș-Bolyai, Facultatea de Biologie și Geologie,
Departamentul de Geologie, Cluj-Napoca
Dan ANGHEL
Muzeul Național al Unirii, Alba Iulia
Anca TIMOFAN
Muzeul Național al Unirii, Alba Iulia
George BOUNEGRU
Muzeul Național al Unirii, Alba Iulia

Cuvinte cheie: mortar, Apulum, epocă romană, liant.

Key words: mortar, Apulum, Roman period, cement.

După cucerirea Daciei de către romani, zona orașului Alba Iulia, centrul provinciei Daciei romane, a cunoscut o puternică dezvoltare economică și culturală prin ridicarea a două orașe și a unei fortificații, favorizată de exploatarea miniere din Munții Apuseni, a salinelor de la Ocna Mureș, precum și a potențialului economic oferite de lunca Mureșului și controlul principalei căi de comunicație ce traversa provincia.

Apulum devine sediul Legiunii a XIII-a Gemina și al guvernatorului Daciei romane, aici fiind edificat unul dintre cele mai mari castru din provincie cu laturile de circa 470/440 m, construit în tehnica *opus quadratum*, din două

paramente de piatră fasonată, între care era turnat un emplecton din piatră de râu legată cu mortar¹.

Inițial în jurul castrului legiunii s-a format o așezare civilă numită *canabae*, amintită în anul 160 p.Chr². La Apulum s-au format cu timpul două orașe, unul cu un caracter civil și comercial pe malul Mureșului în actualul cartier Partoș, numit *Municipium Aurelium Apulense*, ridicat la acest grad de împăratul Marcus Aurelius (161-180 p.Chr.) și care va primi după 180 p.Chr. statutul de *colonia* – *Colonia Aurelia Apulensis*. Lângă castrul Legiunii a XIII-a Gemina, din vechile *canabae*, se ridică sub împăratul Septimius Sever (193-211 p.Chr.) *Municipium Septimium Apulense*, avansat, potrivit unor ipoteze, la statutul de *Colonia Nova Apulensis*, amintită în 250 p.Chr³.

Aceste două orașe, poate cele mai importante din Dacia romană, au fost puternice centre politice, economice și culturale ale provinciei. Într-o inscripție din 253 p.Chr. *Colonia Aurelia Apulensis* a fost numită *chrysopolis* (orașul de aur), epitet dat datorită bogățiilor acestui oraș. La început a fost capitala Daciei Superior, iar apoi a Daciei Apulensis. Vestigii păstrate la Muzeul Național al Unirii și în alte muzee din țară și din străinătate stau mărturie asupra conturării unei elevate civilizații clasice romane, putând menționa existența unor temple, terme, edificii publice⁴ și civile⁵, precum și aspecte ale dezvoltării economice (ateliere, cuptoare etc). Inscripții și statui ilustrează existența pe aceste meleaguri a unui mare oraș cu o populație aproximată între 15 000 și 30 000 de locuitori⁶.

Toată această dezvoltare edilitară nu ar fi fost posibilă fără existența în apropierea orașului a unor importante surse de materii prime, respectiv piatră (calcar), ușor de prelucrat și de pus în operă la edificarea clădirilor amintite. Totodată, lucrările de construcții, au implicat, pe lângă piatră și cărămidă folosirea unei mari cantități de lianți minerali (mortare pentru fixarea blocurilor de piatră).

Literatura de specialitate referitoare la istoria arhitecturii oferă numeroase studii ale structurilor spațiale sau ale plasticii decorative, ale edificiilor, monumentelor istorice antice și medievale, între care o importanță deosebită o au cercetările privind cauzele ce produc degradările acestor edificii și procedeele tehnice de intervenție pentru conservarea lor. Asemenea investigații pot avea o deosebită importanță prin valoarea teoretică și aplicarea practică, în special în cadrul lucrărilor de conservare – restaurare unde trebuie să aibă în vedere menținerea calităților fizico-chimice și aspectul nealterat al operei

¹ Moga 1990-1993, p. 210.

² Ota 2012, p. 31.

³ Anghel 1987, p. 17.

⁴ Palatul 2011, p. 14.

⁵ Ciobanu 2005, p. 124.

⁶ Ciobanu 2005, p. 19.

de artă asupra căreia se intervine. Tipurile și calitatea lianților prezenți în ansamblurile monumentelor istorice sunt determinate de natura materialelor folosite, modul de punere în practică, sursele de materii prime din zonă, iar operațiile de conservare și restaurare trebuie să pornească de la premisele acestor caracteristici.

Din materialele specifice construcțiilor antice, respectiv piatra și cărămida, au fost realizate mai multe tipuri de zidării, ce diferă între ele prin modul de punere în operă și dimensiunile elementelor.

Inițial piatra, simbol al perenității și puterii, a fost rezervată construcțiilor cu rol defensiv și edificiilor religioase, mai târziu, folosirea ei pătrunzând treptat și în arhitectura urbană.

Tehnica execuției zidărilor diferă după poziția acestora în construcție (fundatie, elevație, interior, exterior), de epoca în care au fost executate și prin modul de punere în practică, forma, modul de prelucrare și dimensiunile elementelor⁷. Ca direcții principale se pot identifica trei tipuri principale: zidării din piatră naturală: brută, fasonată etc., zidării din cărămidă, zidării mixte din piatră și cărămidă, punerea lor în operă fiind relaționată de utilizarea unui anumit tip de liant, de cele mai multe ori de natură minerală, care permite ridicarea, fixarea și consolidarea structurii⁸.

Pentru o mai bună înțelegere a demersului lucrării de față, a materialelor care stau la baza producerii lianților minerali (mortare de var), vom face o prezentare succintă a categoriilor și a proceselor fizico-chimice care au loc în structura acestora.

A.1. Materiale utilizate în zidării.

a) *Piatra naturală*: extrasă din carieră, conuri de grohotiș, albia râurilor cu formă neregulată pusă în practică în așa numitul *opus incertum* sau piatra de carieră, fasonată și netezită în diferite forme care stă la baza construcțiilor ridicate în tehnica *opus quadratum* sub diferitele sale forme de realizare sau a zidurilor în tehnica *opus vittatum (listatum)* unde blocurile sunt doar cioplite nu și netezite⁹.

Tipurile de roci utilizate sunt cele magmatice: granit, bazalt, andezit; provenite din solidificarea unor topituri magmatice provenite din interiorul pământului, dure, dificil de prelucrat, care au fost puse în practică în special pentru zidăriile realizate în tehnica *opus incertum* și uneori *opus vittatum* și rocile sedimentare: calcar, gresie etc., mult mai puțin dure, fapt care a permis utilizarea lor în tehnica *opus quadratum* și *opus vittatum*¹⁰. Mai puțin folosite, datorită rarității lor, sunt rocile metamorfice, în special, marmura care se

⁷ Focilon 1989, p. 127.

⁸ Vitruvius I, 10.

⁹ Florescu, Daicoviciu, Roșu 1980, p. 243.

¹⁰ Florescu, Daicoviciu, Roșu 1980, p. 244.

regăsește de obicei ca material utilizat pentru realizarea elementelor structural-decorative (coloane, frontoane, cornișe etc.).

b) *Cărămida* este un amestec de argilă cu adaosuri de nisip foarte fin, uscată, apoi arsă în cuptor la temperaturi superioare valorii de 800° C. Cărămizile pot fi debitate în diferite forme și dimensiuni, ce au variat în funcție de necesitate, sau de-a lungul epocilor. Datorită ușurinței fabricării, rezistenței în timp, cărămida, cel mai vechi material de construcție realizat de om, s-a bucurat de o largă utilizare începând din antichitatea greco-romană și până în prezent¹¹.

c) *Mortarele* sunt amestecuri bine omogenizate de lianți, nisip și apă, în care se pot introduce adaosuri active (substanțe cu un caracter plastifiant, de accelerare sau întârziere a prizei, coloranți etc.)¹².

Elementul esențial pentru obținerea mortarelor îl constituie liantul obținut din calcar (CaCO₃; piatră de var), pe lângă care se mai utilizează diverse adaosuri care-i pot conferi sau modifica caracteristicile de bază. Totodată procesul fizico-chimic de transformare a calcarului în var implică un proces tehnologic, aparent simplu, dar care influențează în mod decisiv calitatea acestui material de bază al arhitecturii antice.

A.1.1. Liantul nehidraulic (var gras sau aerian).

Lianții utilizați în fabricarea mortarelor se clasifică, în principal, după modul lor de întărire și sunt de două categorii¹³:

- nehidraulici sau aerieni, care se întăresc în aer, în mediu uscat, iar după întărire nu rezistă la acțiunea apei și se dizolvă (ex. var gras sau aerian);
- hidraulici, care fac priză și se întăresc în mediu umed, în apă, și după întărire rezistă la acțiunea apei (var hidraulic, var roman, var slab).

Ca definiție generală, *varurile* sunt lianți pentru mortare care se produc prin arderea carbonatului de calciu la temperaturi peste limita de calcinare. Varul nehidraulic (var gras sau aerian) este un liant artificial care rezistă numai în mediu uscat și poartă denumirea de var stins sau var pastă și se utilizează în mortarele pentru zidărie și tencuieli¹⁴.

Ciclul de transformare a varului.

Varul gras este un liant pentru mortare care se obține când diferite varietăți de carbonat de calciu de minim 95% CaCO₃, se ard peste limita de calcinare. Calcarul (CaCO₃, piatră de var) extras din carieră sau în urma exploatării conurilor de grohotiș se arde într-un cuptor special, iar prin descompunerea termică la 1000-1200° C se elimină CO₂ și se obține varul nestins CaO (oxidul de calciu) sub formă de bulgări. Acesta, în contact cu umiditatea și

¹¹ Omeniuc, Petriman 2000, p. 133.

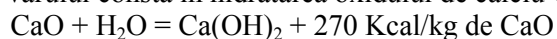
¹² STAS 5583.

¹³ Mercus 1981, p. 174.

¹⁴ Iliescu 1997, p. 2.

CO₂ din atmosfera cu care reacționează, își diminuează proprietățile de liant. Din această cauză transportul și depozitarea se fac în condiții ferite de umezeală.

Stingerea varului: varul stins - Ca(OH)₂ se obține prin tratarea varului nestins cu apa, obținându-se laptele de var care este o suspensie de culoare albă de hidroxidul de calciu (corespunde mineralului portlandit). Procesul de stingere a varului constă în hidratarea oxidului de calciu CaO conform reacției:



Reacția este exotermă (cu degajare de căldură) și o mărire de 2-3 ori a volumului. În funcție de cantitatea de apă adăugată, varul stins se prezintă sub formă de *var stins pastă* (procedeu umed - cantitate mare de apă) sau *var stins praf* (stingerea uscată - cantitate mică de apă).

Stingerea în pastă (procedeu umed): După un anumit timp de la adăugarea apei peste pulberea de var, materialul grosier se sedimentează, deasupra rămânând laptele de var (soluție de hidroxid de calciu). *Varul pastă* este un gel format din miclele alungite de hidroxid de calciu înconjurate cu pelicule de apă, grupate într-o structură tridimensională. Golurile acestei structuri sunt umplute cu o soluție saturată de hidroxid de calciu Ca(OH)₂, iar particulele de apă care înconjoară cristalele de Ca(OH)₂ conferă plasticitate pasteii.

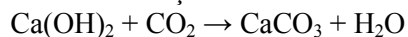
Stingerea uscată: se adaugă varului doar atâta apă încât produsul final să formeze o pulbere uscată.

Varul stins se amestecă bine cu nisip, fără adaos de apă, după care adaugă apă și se malaxează.

Întărirea varului. La întărirea varului gras utilizat la prepararea mortarelor au loc două procese distincte: fizic și chimic.

Procesul fizic constă din pierderea apei din pasta de var prin evaporare sau prin absorbția ei de către materialul poros al suportului pe care se aplică mortarul (tencuială sau zidărie). Prin pierderea apei, nucleele de Ca(OH)₂ se apropie unele de altele formând o rețea compactă și rezistentă, fenomen care determină contracția mortarului concomitent cu mărirea porozității (deoarece varul pastă nu se poate contracta în aceeași măsură cu apa care se elimină). Procesul de întărire prin evaporarea apei sau absorbția ei de către suportul pe care se aplică mortarul este de scurtă durată, având ca efect o rapidă mărire a consistenței mortarului după aplicare.

Procesul chimic de întărire este de lungă durată și se desfășoară după următoarea reacție chimică:



Acest proces este *carbonatarea* hidroxidului de calciu Ca(OH)₂ prin absorbția de bioxid de carbon CO₂ atmosferic, din această reacție chimică rezultând carbonatul de calciu (CaCO₃) și apă. Procesul de carbonatare se manifestă pe fiecare strat de mortar aplicat într-un interval de timp cuprins între

6 și 24 de ore în funcție de temperatură. În lipsa aerului (de exemplu sub apă) nu poate surveni o întărire prin efectul bioxidului de carbon¹⁵. În afară de întărirea prin efectul bioxidului de carbon se produce și o altfel de întărire la unele tipuri de var, și anume, sub apă, în absența aerului, care se datorează unor cantități mai mari (mai mult de 10%) de componente silicioase și argiloase solubile în var și a formării de silicați și aluminați de calciu. De regulă *carbonatarea* este precedată de procesul fizic de întărire a varului, ea neputând avea loc în absența porilor din mortar care rezultă prin eliminarea apei din pasta de var, și care permit accesul bioxidului de carbon în profunzimea masei mortarului. Procesul de carbonatare a pastei de var conferă mortarelor de var rezistențe mecanice sporite, reducerea porozității și o stabilitate mai mare la acțiunea apei¹⁶.

Istoria folosirii mortarelor de var este veche de câteva milenii, timp în care au fost dezvoltate mii de rețete și amestecuri cu proprietăți extrem de diferite pentru acoperirea oricărei situații de punere în operă.

Mortarul (*mortarium* – termen care însemna inițial rezervorul de mortar și ulterior conținutul lui) era fabricat din amestecarea varului cu diferite substanțe numite agregate care împiedicau fisurarea varului după uscare. Prepararea mortarului a reprezentat o tehnică deosebită, romanii excelând în grija de a utiliza proporțiile și metodele corecte de fabricare. Tot ei au introdus mortarul de var în construcții la sfârșitul secolului III a.Chr., sub influențele elenistice care au marcat sudul și centrul Italiei (Campania și Latium), regiuni foarte bogate nu numai în calcar, dar și în *puzzolana*.

Tratatul *De Architectura* al lui Vitruvius Pollio, arhitect și inginer roman, scris probabil înainte de anul 27 a.Chr., menționează că varul se obține „prin arderea pietrei de calcar sau a silicei”, și recomandă un proces de ardere care să reducă greutatea inițială a încărcăturii cuptorului cu o treime. Varul se păstra bulgări (*calx viva*), mai rar hidratat și transformat în praf (*calx extincta*), și frecvent stins până la starea de pastă (*calx macerata*)¹⁷. Varul obținut din piatră densă era destinat lucrărilor de zidărie, iar cel provenit din piatră poroasă tencuielilor. Rețetele vitruviene pentru prepararea mortarului depind de calitatea nisipurilor. Amestecurile presupun trei părți nisip de carieră la una de var, respectiv două părți nisip de râu la una de var. Mortarul cu nisip de râu era mult îmbunătățit prin adăugarea, în proporție de o treime, a unei cantități de cărămidă pisată și cernută. Folosirea varului stins se recomandă pentru restaurări de zidărie pentru că este compatibil cu cărămida și piatra naturală, este permeabil, mult mai ușor și contribuie la păstrarea porozității zidăriei¹⁸.

¹⁵ Iliescu 1997, p. 20.

¹⁶ STAS 5439

¹⁷ Vitruvius II, 5.

¹⁸ La pasta de var se adaugă aproximativ 65% din volum nisip. Nisipul reduce contracțiile în timpul uscării, favorizează carbonatarea, mărește rezistența la compresiune și îngheț. De altfel prin

A.1.2. Liantul hidraulic.

Se obține din amestecuri naturale de calcar și argilă între 5 – 35%¹⁹, la care se mai pot adăuga și alte materiale naturale (materiale piroclastice de tipul tufurilor și cenușilor vulcanice etc.).

Deși inventate de fenicieni mortarele hidraulice au fost perfecționate și puse în practică la scară largă de către meșterii romani începând cu secolul al III-lea a.Chr. Principalul material adăugat este *puzzolana* (praf de Putteoli), un tuf vulcanic rezultat în urma erupțiilor vulcanului Vezuviu²⁰. În tratatul *De Architectura*, Vitruvius Pollio face referire la avantajele tufului vulcanic (*puzzolana*): „Există un fel de praf care produce în mod natural lucruri minunate; el se găsește pe lângă Baiae, în ogoarele municipiilor situate în împrejurimile muntelui Vezuviu. Această pulbere, amestecată cu var și piatră spartă, dă tarie nu numai clădirilor obișnuite, ci chiar digurilor care, zidite în mare, se întăresc sub apă”,²¹. Această descoperire a permis pentru prima dată în istoria omenirii realizarea unor instalații perfect etanșe pentru transportul apei (apeducte, dintre care unele aveau mai mult de 200 km lungime, cisterne etc.)²² precum și turnarea directă a pilonilor de pod în cofraje sau legarea pietrei în același scop²³ (podul construit de Apolodor din Damasc peste Dunare la Drobeta Turnu Severin lucrare realizată fără mutarea completă a albiei fluviului)²⁴. Dificultatea de a procura tuf vulcanic a dus la înlocuirea lui cu cărămidă pisată, materialul obținut fiind numit *cocciopesto*.

Cocciopesto este un material de construcție folosit ca un strat impermeabil pentru pardoseli atât interne, cât și externe, și pentru acoperirea pereților (rezervoare de ex.). Se compune din fragmente de cărămidă minuțios

introducerea nisipurilor cu o cantitate variată de argilă, se facilitează procesul fizico-chimic de formare a prizei. Nisipul adăugat ca și agregat se definește în 3 clase granulometrice: 0-1 mm (15 – 20%), 1-3 mm (30-35%), 3-5 mm (50%). Fără această granulometrie nisipurile și mortarele cu pastă de var devin gelive (înglobează în masa lor apă liberă într-o proporție de până la 60%).

¹⁹ Mercus 1981, p. 201.

²⁰ Pe lângă *puzzolana*, încă din antichitate, au fost utilizate și alte sortimente de tufuri vulcanice din diferite zone ale bazinului Mării Mediterane. Adaosurile hidraulice naturale cele mai des întâlnite se formează prin depunerea cenușilor vulcanice. În timpul erupțiilor puternice, lava, care este o topitură silicioasă, fiind proiectată și pulverizată în atmosferă, suferă o răcire bruscă, astfel încât bioxidul de siliciu rămâne sub formă de sticlă amorfă, neavând timpul necesar pentru a cristaliza. Răcirea bruscă este deci cauza principală a transformării bioxidului de siliciu în stare activă. Cenușile vulcanice se depun apoi în straturi groase, care rămân necimentate sub formă de nisipuri, așa cum sunt produsele numite *puzzolane*. O altă cenușă vulcanică necimentată este *pământul de Santorini*, din arhipelagul grecesc. Alt adaos în lianți îl formează zăcămintele de schelete silicioase de microorganisme numite diatomee. Aceste zăcămintele se găsesc ca rocă poroasă numită *diatomit*, sau sub formă mai compactă numită *tripoli*.

²¹ Vitruvius II, 5.

²² Hodge 2002, p 52.

²³ Harris 2003, p. 25.

²⁴ Dio Cassius LXVIII, 13.

zdrobite, amestecate în masa de var și nisip. Acesta este aplicat în mai multe straturi, caracterizate prin dimensiuni diferite ale granulometriei bucăților de cărămidă pisată²⁵. Arhitectul roman Vitruvius a descris în amănunt tehnica de producere și de punere în operă a mortarului hidraulic, rețetele descrise de el fiind utilizate până în epoca modernă, când alte tipuri de lianți au înlocuit mortarele pe bază de var²⁶. Mortarul de *cocciopesto* are o serie de caracteristici care au favorizat utilizarea lui cum ar fi: permeabilitate foarte scăzută la apă, o durabilitate și o rezistență remarcabilă. Greutatea specifică a *cocciopesto* după uscare este în jurul valorii de 1350 kg/mc, dar aceasta depinde și de mărimea particulelor și tipul agregatelor folosite (nisip, ceramică)²⁷.

Pentru identificarea compoziției și a sursei de materii prime au fost prelevate un număr de zece probe de mortar din diferite edificii de epocă romană și au fost elaborate o serie de metode de analiză.

A.2. Contextele arheologice din care provin probele analizate.

Pentru a putea realiza o privire de ansamblu asupra mortarelor nehidraulice utilizate la punerea în operă a edificiilor antice de la Apulum au fost prelevate probe din diverse contexte arheologice (clădiri civile sau militare etc.), contexte care vor fi prezentate pe scurt, urmând să revenim asupra rezultatelor obținute după cum urmează:

Proba M1. Proba a fost prelevată dintre rosturile blocurilor de calcar, ale clădirii Principiei identificată în centrul castrului roman (zona Piața Cetății) în urma lucrărilor de restaurare a cetății. Este o clădire de formă rectangulară construită din blocuri fasonate de piatră în metoda *opus quadrantum*. La ora actuală edificiul este în curs de restaurare și include în circuitului turistic²⁸.

Proba M2. Proba a fost prelevată dintre rosturile blocurilor de piatră ale unei clădiri situată în partea dreaptă (sudică) a clădirii Principiei (probabil una dintre barăcile castrului). Edificiul a fost identificat în centrul castrului roman (zona Piața Cetății) în urma lucrărilor de restaurare a cetății. Este o clădire de formă rectangulară, zidurile fiind construite din piatră de râu în tehnica *opus incertum*.

Proba M3. Proba reprezintă un fragment de stuc descoperit în interiorul unui edificiu identificat în partea de sud a orașului Alba Iulia, (str. Încoronării, nr. 39)²⁹. Clădirea era complexă, cu mai multe etape de construcție, și a aparținut unei persoane înstărite din elita societății romane de la Apulum. Clădirea, o așa

²⁵ Tudor 1974, p. 51.

²⁶ Vitruvius II, 6.

²⁷ STAS 5439.

²⁸ Săpături arheologice realizate de colectivul Muzeului Național al Unirii.

²⁹ Ciobanu 2005, p. 123.

numită *insula*, prezenta mai multe camere, încălzite cu *hypocaust* și decorate cu pictură în frescă și decorațiuni din stuc³⁰.

Proba M4. Fragment de tencuială pictată în tehnica *al fresco*³¹ cu pigmenți minerali de culoare roșie provenită din edificiul descris anterior.

Proba M5: Fragment de mortar care sigila capacul, de cutia unui sarcofag roman din piatră.

În cadrul cercetării arheologice preventive de la Alba Iulia – Stația de Epurare, desfășurată în intervalul martie-septembrie 2013, au ieșit la iveală o serie de descoperiri surprinzătoare din punct de vedere arheologic. Dintre acestea menționăm mai multe nivele de locuire databile începând cu mijlocul sec al III-lea alături de două noi arii de înmormântare.

În unitatea de cercetare denumită suprafața 9 au ieșit la iveală mai multe morminte de înhumăție și incinerăție. Un loc central în dispunerea lor, îl ocupa un sarcofag mare de calcar. Acesta a fost descoperit sigilat cu mortar. Din datele preliminare avem de-a face cu un sarcofag roman, refolosit fie spre finalul stăpânirii romane în Dacia, fie în perioada următoare. Aceste concluzii ne sunt furnizate și de dimensiunile diferite ale celor două părți componente (*arca* și *operculum*), dar și de sistemul diferit de îmbinare al acestora. Sigilarea cu mortar a sarcofagului ne-a indicat faptul că acesta nu a fost jefuit, aspect relativ rar întâlnit³².

Probele M6 – M10. Cercetarea arheologică sistematică Apulum II (*Municipium Septimium Apulense*) – Ravelinul Sf. Francisc de Paola desfășurată între anii 2009-2011, în sectorul de sud al așezării civile a castrului Legiunii XIII Gemina, a avut ca rezultat descoperirea a două locuințe romane orientate VNV-ESE ale căror ziduri s-au conturat de la -0,40 /- 0,60 m, după îndepărtarea unui strat consistent de țigle și cărămizi romane aparținând acoperișurilor prăbușite³³.

³⁰ Stucul este un material realizat de un agregat, un liant și apă (poate fi pe bază de var sau nisip). Stucul este aplicat umed și se întărește până la un solid foarte dens care este folosit ca strat decorativ pentru pereți și tavane și ca un material sculptural și artistic, în arhitectură. Stucul poate fi utilizat pentru a acoperi și alte materiale de construcție (caramidă, chirpici sau lemn) prin turnare în tipare aplicate direct pe suport sau realizate separat, fiind apoi aplicate prin lipire cu mortar. Stucul pe bază de var este un material relativ greu, care poate fi spart sau ciobit cu mâna, fără prea mari dificultăți și este, de obicei, alb. Stucul a fost folosit ca material sculptural și artistic în sistemele de decor arhitectural ale multor culturi antice: egipteană, minoică, reliefurile etrusce. În arta romană republicană târzie și de la începutul Imperiului, stucul a fost utilizat pe scară largă pentru decorarea bolților pentru că se adapta mult mai bine decât marmura sau alte tipuri de rocă la curbura plafonului, totodată fiind mult mai ieftin, mai ușor de prelucrat și de pus în practică.

³¹ Fresca (derivat din cuvântul *fresco* - proaspăt) este o pictură murală executată pe o tencuială proaspătă, în care culoarea este încorporată chimic prin fenomenul de carbonatizare a varului și poate fi astfel conservată un timp nelimitat.

³² În prezenta materialul descoperit se află în cercetare, colectivul fiind compus din: Ilie Lascu, Radu Ota și George Bounegru.

³³ Timofan 2010, p. 105-109.

Zidurile ale căror elevații se păstrează parțial (înălțimea zidurilor deasupra nivelului de călcare este de 0,50 - 0,70 m) au fost afectate pe alocuri de intervenții din perioada romană, fie de gropi medievale sau moderne. Tehnica de construcție a acestora este *opvs mixtvm*³⁴, asizele din blocuri de calcar și gresie verzuie legate cu mortar fiind urmate de cele din cărămizi. În apareiajul zidurilor se constată amplasarea în lateral (paramente) a blocurilor mai mari din calcar, gresie sau piatră de râu, iar mijlocul este umplut cu pietriș de râu și mortar (*emplecton*). Mostrele de mortar au fost prelevate în anul 2010 de la câteva ziduri aparținând acestor locuințe romane, dar și de la o fază de construcție anterioară celei de sec. III p.Chr.

Pornind de la aspectele planimetrice, tehnice și stratigrafice ale clădirii descoperite, dar și pe baza caracteristicilor materialului arheologic, cele două locuințe romane aflate în zona civilă (*Municipium Septimium Apulense*) de la sud de castrul legiunii XIII Gemina, pot fi datate în prima jumătate a sec. III p.Chr., cu o continuare de locuire și după această perioadă³⁵. La ora actuală ruinele sunt dezvelite, fiind propuse pentru restaurare și redarea lor circuitului turistic.

B. Elaborarea metodelor (spectrometrice, microscopice, difractometrice) de analiză pentru mortare cu lianți minerali.

Tehnologia utilizată pentru determinările spectrometrice analitice ale probelor de mortare cu lianți minerali luate în studiu în cadrul studiului de față este complexă și performantă: ▪ ICP-AES, Spectrometria de emisie atomică în plasmă cuplată inductiv (metode distructive) ▪ ICP-MS, Spectrometria de masă cu plasmă cuplată inductiv (metode distructive) ▪ XRF, Fluorescența de Raze X, (metode nedistructive). Pentru studiul mineralogic și petrologic aparatura este ▪ XRD, difractometrul cu raze X ▪ Microscop optic polarizant Nikon, cu cameră fotografică pentru preluarea imaginilor microscopice.

B. 1. Metode analitice distructive bazate pe utilizarea ICP-AES.

Metoda aplicată pe ICP-AES este distructivă (invazivă) deoarece microelementele se determină din soluțiile probelor mineralizate chimic. Spectrometria de emisie atomică în plasmă cuplată inductiv se bazează pe atomizarea și ionizarea probei, urmată de excitarea atomilor și ionilor, respectiv emisia spontană a radiației. În cadrul emisie, atomii care au absorbit suficientă energie prin coliziuni cu speciile existente în plasmă ajung în stare excitată, apoi revin la starea fundamentală prin emisie de radiație luminoasă. Spectrul de emisie este în funcție de natura și concentrația probei din plasmă. Lungimea de undă este specifică fiecărei specii de atomi, iar intensitatea radiației este în funcție de concentrația speciei respective.

³⁴ Lugli 1957, p. 514.

³⁵ Ota 2012, p. 139.

B.1.1. Condiții pentru determinarea elementelor prin ICP-AES.

Proba lichidă este transformată în aerosol care trece printr-o cameră de nebulizare (pentru îndepărtarea picăturilor) înainte de a fi introdus în plasmă. Introducerea probelor lichide se poate realiza în regim continuu sau discontinuu. Se calibrează aparatul utilizând amestecuri de soluții standard de calibrare. Se spală sistemul cu blanc pentru reactivi după fiecare standard utilizat. Înaintea începerii determinărilor pe probe, se reanalizează soluția cea mai concentrată de standard de referință, considerându-l o probă de analizat. Se începe analiza, spălând sistemul cu blanc de reactiv. Între probe consecutive, se aspiră și se spală sistemul cu blanc de reactiv. Concentrațiile determinate sunt de ordinul ppm (mg/l), ppb ($\mu\text{g/l}$). Aparatul nu este portabil, iar metoda este distructivă.

B.1.2. Modul de lucru, concluzii.

Pentru probele de mortar se aplică următoarea metodă de lucru:

- *mineralizarea probei*: eșantionul de mortar pentru analiză se cântărește analitic, se adaugă acidul sau amestecul de acizi (acid azotic, acid clorhidric) pentru mineralizare, se ridică temperatura amestecului de reacție până la dezagregarea totală a probei. Din supernatantul relativ liber de sedimente obținut după filtrare se determină microelementele.

- *proba martor (blank)* se pregătește în paralel, folosind aceleași cantități din toți reactivii cu excepția probei de analizat.

- *soluțiile de calibrare* pentru ICP-AES sunt necesare pentru trasarea curbelor de calibrare ce vor acoperi intervalul de concentrații al elementelor care urmează a fi determinate. Calibrarea se face folosind soluții standard de concentrație cunoscută, iar curba de calibrare obținută este liniară pentru marea majoritate a elementelor. Dintr-un standard stoc multielement se prepară soluțiile de calibrare corespunzătoare pentru fiecare element, se aduce la semn cu apă ultrapură și se omogenizează. Aceste soluții corespund unor concentrații de 0.1 mg/l... 6.0 mg/l.

Cu ajutorul spectrometrului este analizat spectrul emis în funcție de natura și concentrația probei din plasmă. Pentru evitarea interferențelor, reactivi de digestie (de exemplu acid azotic, acid sulfuric, apa regală) vor trebui adăugate soluțiilor etalon (de referință).

Concluzii: metoda ICP-AES de analiză multielementală (majoritatea elementelor din sistemul periodic, metale grele), oferă o bună precizie și acuratețe, iar în practică se pot analiza aproximativ 70 de elemente din sistemul periodic. Aparatul nu este portabil, iar metoda este distructivă. Avantajul principal al plasmii cuplate inductiv este faptul că din cauza temperaturii ridicate și a timpului lung de staționare a probelor în plasmă, interferențele chimice sunt practic absente.

B. 2. Metode analitice distructive bazate pe utilizarea ICP-MS.

Spectrometria de masă cu plasmă cuplată inductiv (ICP-MS) este utilizată pentru analiza elementală cu limite de detecție scăzute, sensibilitate

ridicată și o bună precizie. ICP-MS este un spectrometru de masă cu limite de detecție scăzute, sensibilitate ridicată și o bună precizie. Sistemele de introducere a probei în spectrometrul de masă sunt variate și adaptate aplicațiilor. Cea mai răspândită metodă este *nebulizarea* dintr-un nebulizator Meinhart cu o cameră de pulverizare ciclonică, a unei soluții lichide, urmând ca aerosolii cu diametrul mai mic să fie introduși în plasmă.

B. 2.1. Categoriile de analize efectuate și sistemul de introducere al probelor.

Există trei mari categorii de tipuri de analize care pot fi efectuate folosind instrumentul Perkin-Elmer SCIEX Elan DRC II (cu quadrupol și un singur detector): *Analiza semicantitativă* oferă în cazul unei probe necunoscute informații despre tot spectrul de masă al probei. Această metodă se poate folosi cu succes în aplicații care necesită amprentări. *Măsurătorile de raport izotopic* sunt posibile de efectuat cu un ICP-MS datorită faptului că ionii, nu fotonii, sunt detectați de instrument ICP-MS cu quadrupol care poate determina rapoarte izotopice pentru anumite aplicații, acolo unde precizia înaltă nu este o condiție stringentă. *Analiza cantitativă* reprezintă cel mai precis mod de analiză pentru un instrument ICP-MS.

Probele sunt substanțe lichide, filtrate și omogene, pentru ca rezultatul să fie reprezentativ pentru proba considerată. În mod uzual, limitele de detecție sunt sub 1 $\mu\text{g/L}$, acestea putând ajunge până la 1 ng/L în condiții speciale de analiză.

B. 2. 2. Modul de lucru; concluzii.

Analizele cantitative sunt analize ale concentrației unuia sau mai multor elemente din proba de analizat aflată în stare lichidă. Acestea sunt o metodă precisă și s-a aplicat pentru analiza probelor de mortar roman. Calibrarea aparatului se face folosind soluții standard de concentrație cunoscută, iar curba obținută este liniară pe mai multe ordine de mărime. Se pot măsura concentrații de la fracțiuni de $\mu\text{g/l}$ până la câteva mg/l . Pentru probele de mortar se aplică metoda de lucru (*mineralizarea* probei de mortar) descrisă la paragraful anterior B.1.2. *Proba martor* se pregătește în paralel, folosind aceleași cantități din toți reactivii cu excepția probei de analizat. *Soluțiile de calibrare* pentru ICP-MS sunt necesare pentru trasarea curbelor de calibrare și sunt preparate dintr-un standard stoc multielement. Aceste soluții corespund unor concentrații de 10 $\mu\text{g/l}$... 100 $\mu\text{g/l}$. Pentru a evita interferențele, reactivi de digestie (acid azotic, apa regală etc.) ultrapuri se vor adauga soluțiilor etalon de referință.

Concluzii: ICP-MS oferă o excelentă posibilitate pentru determinarea concentrației în urme și ultraurme - mg/L (ppm), $\mu\text{g/L}$ (ppb) a microelementelor din probele aduse prin mineralizare în soluție. Avantajele spectrometriei de masă cu plasmă cuplată inductiv sunt multiple, instrumentul este ideal pentru analize de urme și ultraurme. Dezavantajele includ problema interferențelor, natura distructivă a metodei de analiză, costuri de utilizare și întreținere relativ mari.

ICP-MS se poate folosi cu succes pentru analize rapide de urme, ultraurme ale elementelor, amprentare sau raport izotopic, folosind probe din domenii variate. Concentrația oricărui tip de probă care poate fi adusă în soluție lichidă, poate fi măsurată prin spectrometria de masă cu plasmă cuplată inductiv. În domeniul obiectelor de patrimoniu metoda se poate utiliza doar în cazurile în care prelevarea probelor este permisă de specialiști.

B. 3. Metoda analitică nedistructivă bazată pe utilizarea XRF.

XRF – Fluorescența de Raze X prezintă avantajul că este o metodă nedistructivă în cazul investigării artefactelor din muzee și a colecțiilor de artă, precum și în cazul investigării lor *in situ*. Pentru analiza mortarelor sau a solului se folosește o librărie special calibrată pentru acest tip de probe. Limitele de detecție sunt cu 1-2 ordine de mărime mai mari decât în cazul tehnicii ICP-MS, însă avantajul spectrometriei de raze X îl reprezintă mobilitatea sa, precum și viteza de analiză.

B. 3.1. Principiul de funcționare al XRF, modul de lucru, concluzii.

Innov-X a dezvoltat un sistem XRF portabil, compact, care elimină sursele radioactive și este cel mai mic, rapid și mai versatil analizor portabil existent. Aparatul permite identificarea și cuantificarea elementelor chimice de la de la K la U prin realizarea unei proceduri de lucru pentru analize compoziționale *in-situ* (la sediile muzeelor sau pe șantierul arheologic prin folosirea spectrometrului portabil Innov-X Alpha 4500). Acesta este conectat printr-o interfață USB la un PC portabil, atașat direct de instrument sau montat pe un stand. Calculatorul PC conține programe de comandă și analiză, iar softul care controlează instrumentul a fost folosit în modul specific aliajelor, ceea ce înseamnă că sunt efectuate două citiri, una pentru mase mici și o a doua scanare pentru mase mari.

Concluzii: Fluorescența de raze X (XRF) este un instrument puternic pentru analiza nedistructivă a elementelor chimice prezente în obiecte de artă și materiale arheologice. Domeniile în care se aplică această metodă nedistructivă sunt deosebit de variate. Acuratețea mare a determinărilor și limitele de detecție mici ale aparatului, îl fac ideal pentru aceste provocări unice în studiul artefactelor. Rezultatele obținute în urma analizei obiectelor de patrimoniu cultural cu *XRF* portabil au un impact deosebit în domeniul restaurării și conservării, deoarece furnizează informații utile privind compoziția, proveniența, tehnologia, autenticitatea și datarea artefactelor fără ca acestea să fie deteriorate.

B. 4. Metodele de studiu mineralogice și petrografice.

În procesele de restaurare a unor monumente de patrimoniu, pe lângă necesitatea utilizării unor materiale similare, identice sau asemănătoare din punct de vedere structural - textural și compozițional, este importantă cunoașterea proceselor care au dus la degradarea monumentului suspus

restaurării (componenții mineralogici afectați, tipul de proces de alterare și natura acestuia). Metodele fizice de investigare permit identificarea naturii materialului investigat (natural sau sintetic, tipul de material, natura mineralogică și petrografică etc.) și a provenienței acestuia. Studiile mineralogice și petrografice sunt aplicabile la mortarele cu lianți minerali pentru a caracteriza compoziția mineralogică, structura și textura lianților, identificarea materiilor prime utilizare în obținerea lor și eventual rețetele utilizate. Analizele de mortar roman s-au efectuat prin: *difractometrie cu raze X* și prin *microscopie optică în lumina polarizată*.

B. 4. 1. Difractometrul cu raze X (XRD).

Difractometrul cu raze X permite studiul compușilor minerali cristalizați. Utilizarea razelor X la studiul difractiv al compușilor minerali cristalizați se bazează pe faptul că lungimea de undă a acestor radiații (0,1-100 Å) este de același ordin de mărime cu distanțele dintre nodurile rețelelor cristaline studiate. Planele reticulare din substanță cristalizată reflectă razele X, fenomen controlat de lungimea de undă (λ) a radiației incidente, distanța dintre planele reticulare (d) și unghiul de incidență (θ) a radiației, conform relației: $n\lambda = 2d \sin \theta$. Cea mai frecvent utilizată este metoda Bragg – Brentano în care proba adusă în stare de pulbere (30-40 microni), este supusă unei iradiații cu raze X. Valoarea distanțelor interplanare (d) și intensitatea reflexelor permit identificarea speciilor minerale supuse analizei.

B. 4. 2. Microscopul optic polarizant.

Studiul microscopic al compușilor cristalini în lumină transmisă este important și permite identificarea și caracterizarea complexă a fiecărei specii minerale printr-o serie de proprietăți optice. Studiile microscopice permit determinarea unor caracteristici definitorii ale rocilor naturale sau ale produselor sintetice de tip mortar/beton/ceramică: textura și structura, definirea tipului petrografic, modul de legare dintre compușii minerali, natura liantului dintre granulele minerale, fenomenele de alterare, pori și incluziuni etc. Din proba de studiat se confecționează secțiuni subțiri care sunt plăci cu grosimi de 20 – 40 μm , obținute prin șlefuirea unui fragment din proba de analizat. Șlefuirea se realizează cu carborundum sau praf de șmirghel în prezența apei sau în mediu uscat, dacă materialele se dizolvă în apă. După ce s-a obținut o suprafață plană a probei, eșantionul se lipește pe o lamă de sticlă cu balsam de Canada sau cu rășină sintetică. În continuare se va șlefui fragmentul de probă pe partea opusă lamei de sticlă până la obținerea grosimii dorite. Controlul grosimii secțiunii subțiri se face cu microscopul polarizant, urmărindu-se culorile de interferență ale cuarțului și feldspaților și este bună atunci când nu se mai observă culori de interferență ridicate la cuarț și feldspați (când acestea lipsesc, se vor lua ca etalon alte minerale din secțiunea subțire). După ce grosimea standard a fost obținută, pe suprafața secțiunii se lipește lamela de sticlă, cu rol de protecție. Cu

ajutorul camerei fotografice atașată la microscop se pot prelua imagini ale materialelor studiate.

C. Experimentări, metode de analiză.

În studiul etapei sunt luate o serie de probe de mortar care aparțin monumentelor și ruinelor castrului roman și a altor edificii din anticul Apulum, care vor fi studiate cu aparatură performantă prin metode de analize fizico-chimice adecvate. Mortarul servește la legarea între ele a elementelor de zidărie (cărămidă, blocuri de piatră) sau la tencuieli. Este un amestec bine omogenizat de nisip, liant și apă, care se întărește aerian sau hidraulic, în funcție de natura liantului utilizat.

Se prezintă în continuare rezultatele obținute prin analiza probelor de mortar prin metode spectrometrice distructive și nedistructive, precum și prin metode mineralogice difractometrice și microscopice:

C.1. Rezultate experimentale obținute prin analiza probelor de mortar prin metode spectrometrice distructive (ICP-AES, ICP-MS) și nedistructive.

C. 1. 1. Analiza probelor arheologice de mortar prin metode spectrometrice distructive (ICP-AES, ICP-MS).

Aparatele utilizate sunt spectrometrul de masă cu plasmă cuplată inductiv (ICP-MS) și spectrometrul de emisie atomică în plasmă cuplată inductiv (ICP-AES), care permit determinarea elementelor în urme și ultraurme (ordinul ppm, ppb) din soluții. Probele au fost aduse în soluție prin mineralizare conform standardelor, sau în digester cu microunde. Au fost analizate din soluții probele de mortar notate M-1, M-2, ...M-10. În Tabel 1 sunt prezentate rezultatele analizelor [mg/kg] efectuate prin ICP-AES sau ICP-MS asupra probelor.

Tabel 1. Rezultate experimentale obținute prin metode distructive cu ICP-AES și ICP-MS.

Aparat	Elem.	Probe de mortar									
		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10
	determ.	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
ICP-AES	Mg	2983.0	2640.0	1973.0	2273.0	1733.0	2707.0	2547.0	3033	2203	2990
ICP-AES	Al	8433.0	6267.0	3933	10867	2777	8567	10533	6833	8200	6133
ICP-AES	K	1743.0	1780.0	684	1601	584	2340	2137	2497	1558	1448
ICP-AES	Na	350.0	350.0	1063	1563	453	337	750	520	580	353
ICP-MS	Li	35.2	21.6	10.9	34.4	3.6	29.8	35.0	26.1	27.0	22.3

ICP-MS	Mn	866.0	604.0	364	449	421	867	764	631	683	379
ICP-MS	Ba	259.2	175	108	158	209	144	187	164	158	75
ICP-MS	Sc	7.0	5.4	2.4	6.1	0.7	8.6	9.2	5.4	7.9	4.0
ICP-MS	V	69.9	47.9	29.4	71.2	10.0	74.7	62.7	59.1	53.7	36.2
ICP-MS	Cr	56.1	72.0	80.4	83.5	11.2	92.4	99.2	65.8	93.7	63.2
ICP-MS	Co	8.7	7.6	4.5	7.8	2.2	10.7	11.6	8.4	9.7	5.7
ICP-MS	Ni	24.5	23.5	18.8	21.4	13.2	29.1	26.2	24.2	21.2	19.8
ICP-MS	Cu	19.6	13.1	5.4	11.6	3.5	15.8	17.8	10.9	14.2	5.4
ICP-MS	Zn	67.5	39.6	17.7	40.0	28.0	60.4	78.3	45.4	50.0	28.2
ICP-MS	Ga	6.6	4.5	2.3	6.1	0.9	6.2	7.3	4.8	5.3	2.9
ICP-MS	As	374.1	498	760	526	684	385	515	542	468	702
ICP-MS	Br	32.9	39.6	50.0	35.5	44.1	22.5	32.2	32.4	28.6	41.7
ICP-MS	Rb	36.8	22.1	13.5	29.4	6.8	34.0	35.7	19.7	23.5	9.4
ICP-MS	Sr	215.1	310	222	189	250	172	154	173	116	160
ICP-MS	Y	15.2	12.0	9.5	14.5	9.8	16.3	16.2	11.8	11.4	7.8
ICP-MS	Zr	4.0	7.2	4.9	15.3	1.0	8.0	13.5	7.7	12.7	4.3
ICP-MS	Nb	1.7	1.7	1.9	2.4	1.7	1.6	2.7	1.9	2.3	1.4
ICP-MS	Mo	10.3	7.6	8.7	8.1	1.0	14.3	16.2	10.4	14.2	4.6
ICP-MS	Sn	9.1	2.4	1.2	1.0	10.2	1.0	1.1	4.8	9.1	1.7
ICP-MS	Cs	1.2	0.8	0.6	1.4	0.3	1.1	1.3	0.7	0.8	0.3
ICP-MS	La	17.1	10.0	7.3	14.3	4.2	16.2	17.0	12.5	11.4	6.3
ICP-MS	Ce	41.0	23.8	13.5	31.5	4.5	38.3	39.6	29.5	27.4	11.5
ICP-MS	Pr	5.5	3.1	2.0	4.1	0.9	4.9	4.8	3.5	3.2	1.6

ICP-MS	Nd	22.9	13.3	8.6	16.9	3.8	20.2	19.6	14.3	13.2	6.8
ICP-MS	Sm	5.1	3.1	2.0	3.6	0.8	4.5	4.3	3.2	2.9	1.5
ICP-MS	Eu	1.2	0.8	0.5	0.9	0.2	1.1	1.0	0.8	0.7	0.4
ICP-MS	Gd	6.0	3.8	2.6	4.4	1.3	5.5	5.2	3.9	3.6	2.0
ICP-MS	Dy	4.2	2.9	1.9	3.2	1.1	3.6	3.5	2.6	2.5	1.4
ICP-MS	Er	1.9	1.4	1.0	1.6	0.6	1.6	1.6	1.2	1.2	0.7
ICP-MS	Yb	1.8	1.3	0.9	1.5	0.6	1.5	1.6	1.1	1.2	0.6
ICP-MS	W	0.9	0.8	0.7	0.7	0.1	0.8	1.0	0.8	0.9	0.4
ICP-MS	Pb	173.3	16.4	13.0	13.4	4.0	12.1	16.1	14.9	11.8	7.3

C1.2. Analiza probelor arheologice de mortar prin metode nedistructive cu XRF.

Determinările experimentale ale probelor de mortar au fost efectuate prin analiză nedistructivă cu XRF- spectrometru portabil Innov-X Alpha 4500 pe probele de mortar roman (M-1...M-10). Metoda este adecvată pentru concentrații mari de elemente - rezultatele obținute prin XRF sunt exprimate în mg/kg sau procente. În Tabel 2 sunt prezentate rezultatele determinărilor cu XRF - în mg/kg (Ca și în procente %).

Tabel 2. Rezultate experimentale obținute prin metoda nedistructivă cu XRF.

Aparat	Element	Probe de mortar									
		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10
		mg/kg g	mg/kg g	mg/kg g	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
XRF	Ca	209953	372803	616601	522329	388949	425111	284533	176953	341054	376626
XRF	Ca(%)	21	37	62	52	39	43	28	18	34	38
XRF	Mn	687	315	218	241	825	498	634	450	394	359
XRF	Fe	17554	7579	3498	10407	9561	13327	20280	11289	14621	11322
XRF	Ti	1834	1571	688	1421	1702	2308	2731	1482	2023	1788

Se constată o compoziție chimică apropiată a elementelor din probele analizate, ceea ce conduce la concluzia că materialele au avut o proveniență comună.

C. 2. Rezultate experimentale obținute prin analiza probelor arheologice de mortar prin metode mineralogice difractometrice și microscopice.

Analiza probelor arheologice de mortar roman (M-1...M-10), provenite din edificii romane datate II – III p.Chr., din perimetrul localității Alba Iulia, au fost efectuate prin metoda difractometrică cu raze X (XRD) și prin microscopie optică în lumină polarizată (microscopul polarizant).

C. 2. 1. Analiza probelor arheologice de mortar prin metoda difractometria cu raze X (XRD).

Determinarea caracteristicilor mineralogice ale probelor de mortar (M-1...M-10) au fost realizate prin metoda difractometriei cu raze X (metoda pulberii), utilizând un difractometru Bruker D8 Advance, cu anticatod de Cu, în intervalul $2\theta = 2 - 65$ grade.

S-a constatat că probele de mortar (M-1...M-10) analizate prin difracție cu raze X au o compoziție mineralogică asemănătoare, foarte omogenă. Pentru exemplificare se prezintă spectrul de difracție al probei M-1 și M-10. Mineralele identificate în proba (M-1) sunt cuarț, calcit, portlandit, montmorillonit. În Fig. 1 se prezintă spectrul de difracție al probei M-1, iar în Fig. 2 se prezintă spectrul de difracție al probei M-10:

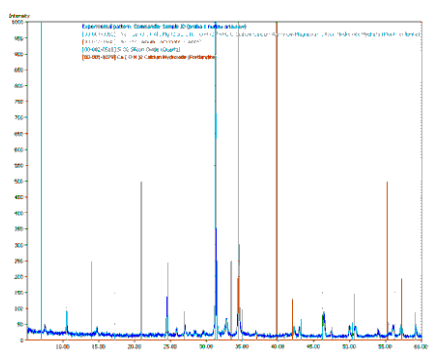


Fig. 1. Spectrul de difracție al probei M-1.

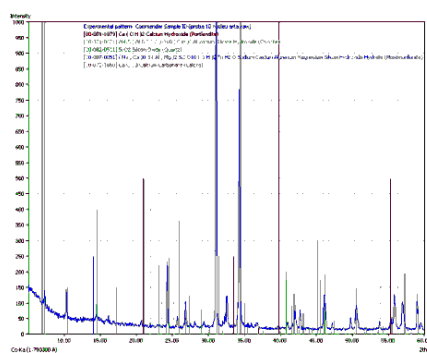


Fig. 2. Spectrul de difracție al probei M-10.

Mineralele identificate din probele (M-2...M-5) sunt cuarț, calcit, portlandit, montmorillonit, clorite. Probele (M-6...M10) au aceeași proveniență - mortar, edificii romane, zona de sud a canabelor (Ravelin – 10).

Difracția cu raze X a acestor probe a pus în evidență o compoziție mineralogică foarte omogenă, reprezentată prin compuși minerali de cuarț, calcit, montmorillonit, portlandit, clorite.

Concluzii: Această compoziție indică următoarele: mortarele studiate sunt preparate din materiale care provin din aceeași sursă, după o rețetă respectată cu strictețe, nisipul cuarțos este agregatul utilizat pentru prepararea mortarelor, ca liant era utilizat un amestec de var (oxid de calciu) care prin hidratare duce la formarea portlanditului și argila montmorilonitică cu clorit, eventual cu adaos de calcar măcinat. Este posibilă geneza secundară a calcitului, prin procese de carbonatare a mortarului și transformarea portlanditului în carbonat de calciu sub influența apei cu dioxid de carbon atmosferic dizolvat.

C. 2. 2. Analiza probelor arheologice de mortar prin microscopie optică în lumină polarizată.

Prin microscopia optică în lumină polarizată au fost analizate probele de mortar roman (M-1...M-10) din care au fost realizate secțiuni subțiri în vederea studiului microscopic. Pentru determinările caracteristicilor probelor de mortar (structural-texturale și compoziționale) investigațiile au fost realizate cu un microscop polarizant Nikon. Cu ajutorul unei camere digitale au fost preluate imagini microscopice din probele analizate.

C. 2. 2. 1. Caracteristici structural-texturale.

Probele de mortar studiate prezintă structură porfiroclastică (**Fig. 3 și 4**), dată de prezența unor fragmente (claste) de dimensiuni mai mari (până la 4.00 mm), prinse într-o matrice fin cristalizată și textură poroasă. Clastele sunt reprezentate atât de fragmente minerale cât și de fragmente litice. Porii sunt goluri cu aspect neregulat (în imagini apar negri pentru că este vizibilă sticla preparatului care este izotropă din punct de vedere optic).

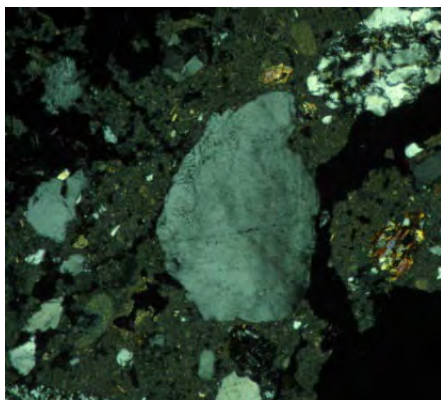


Fig. 3. Aspect structural porfiroclastic și textură poroasă. Clastele sunt reprezentate de fragmente minerale de cuarț și fragmente litice de cuarțit (N+,35X) (proba M- 1).

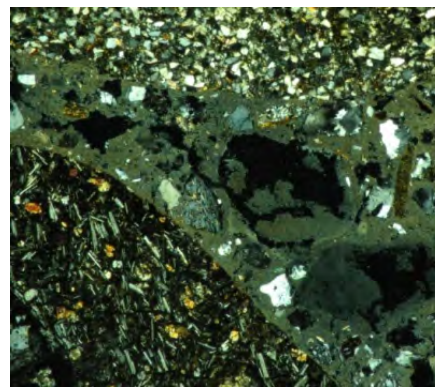


Fig. 4. Clast de natură vulcanică (bazalt; stânga jos) în mortar cu structură porfiroclastică și textură poroasă, (N+ 35X) (proba M-6).

C. 2. 2. 2. Caracteristici compoziționale.

Se prezintă caracteristicile compoziționale ale probei M-1 (**Fig. 5 și 6**) și M-6 (**Fig. 7 și 8**).

În compoziția probelor de mortar studiate sunt prezente două componente de bază, și anume agregatul și matricea mortarului.

1. *Agregatul* - este constituit din fragmente (claste) minerale și litice cu dimensiuni corespunzătoare nisipului (0-4 mm; STAS 662: 2002). Clastele minerale sunt reprezentate prin cuarț, feldspați, piroxeni, hornblendă etc. (**Fig. 5 și 7**). Fragmentele litice identificate sunt de compoziție corespunzătoare gresiilor curțo-micacee, cuarțitelor, șisturi sericite și bazaltului.

2. *Matricea mortarelor* - este fin cristalizată și în compoziția acesteia au putut fi identificate portlanditul și calcitul. În plus mai sunt prezenți compuși minerali de tipul mineralelor argiloase, neidentificabili prin microscopie optică în lumină polarizată însă puși în evidență prin difractometrie cu raze X.

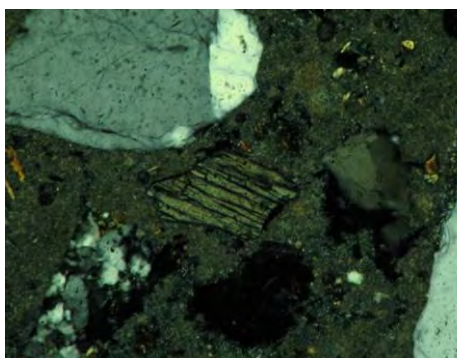


Fig. 5. Claste de cuarț și piroxeni în matrice fin cristalizată. (N+, 55X) (proba 1).

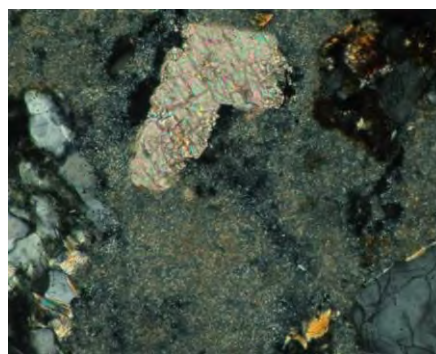


Fig. 6. Calcit în matricea mortarului (N+, 60 X) (proba 1).

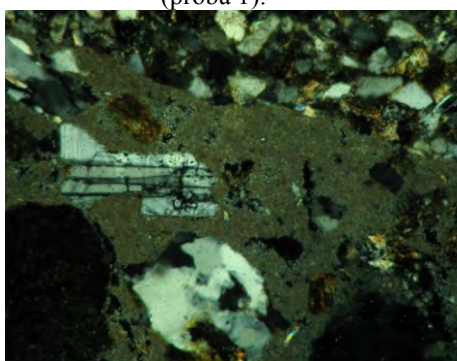


Fig. 7. Fragmente litice de gresie și cuarțit și cristloclast de feldspat (N+, 55 X) (proba M-6).

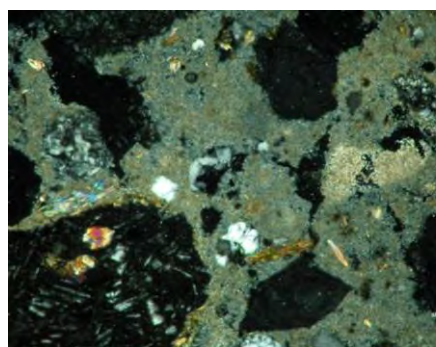


Fig. 8. Litoclast de rocă vulcanică și fragmente de cuarț în matrice carbonată (N+, 45 X) (proba M-6).

Investigațiile realizate prin metode de microscopie optică în lumină polarizată și difractometrie cu raze X a permis identificarea constituenților mortarelor și a caracteristicilor lor compoziționale:

- agregatul: este constituit din fragmente de cristale (cristaloclaste) și de roci (litice). Cristaloclastele sunt reprezentate prin cuarț, piroxeni, hornblendă, feldspați (plagioclazi și ortoclazi) etc. Fragmentele litice sunt de cuarțit, șisturi sericitice, bazalte, gresii cuarțo-micacee etc.

- matricea: fin cristalizată, în care apar minerale reprezentate de calcite, portlandit, minerale argiloase.

Calcitul din matricea mortarului poate fi atât de proveniență din agregat cât și rezultatul proceselor de carbonatare a portlanditului în contact cu dioxidul de carbon atmosferic.

Prezența mineralelor argiloase în matricea mortarului sugerează utilizarea unor rețete tipice mortarelor romane, în care adaosul de minerale argiloase este cunoscut ca fiind între 25-35%³⁶.

D. Baze de date cu rezultatele obținute.

D1. Culegere date pentru baza de date.

Pe baza studiului cu privire la proveniența și compoziția mortarelor cu lianți minerali din edificii antice și a rezultatelor obținute prin analizele spectrometrice, microscopice, difractometrice s-au cules datele necesare completării bazei de date. Culegerea datelor s-a concretizat în construcția a patru tabele de rezultate obținute în urma analizei a 10 probe de mortar din diferite locații și puncte de prelevare: • Tabel 1 - catalogarea probelor. • Tabel 2 - rezultatele analizei XRF • Tabel 3 - rezultatele analizei ICP-AES • Tabel 4 - rezultatele analizei ICP-MS.

D. 2. Completarea bazei de date. Tabelele realizate au fost importate în programul Excel unde s-au construit sheet-urile pentru fiecare tabel. S-a verificat corespondența informațiilor pentru fiecare artefact după cod probă pe care îl avea atribuit. Verificarea s-a făcut în scopul eliminării alocării eronate de informații și pentru o ușurință ulterioară în corelația dintre tabele. Prin aplicația Microsoft Access s-au importat tabelele în program și s-a construit tabela de relaționare între ele. Pentru o vizualizare cât mai ușoară a datelor s-a realizat un formular numit *Fișe mortar 2013* (**Fig. 9**) prin care se pot vizualiza datele introduse și, de asemenea, se pot completa date pe structura informațiilor prezentate în formular. Interogarea datelor se poate face prin derularea indicatorului atribuit fiecărei probe sau prin funcția *căutare* după codul probă. Alte date obținute pot completa baza de date și vor crește valoarea informatică a acesteia. În forma finală a bazei de date se va construi și funcția de interogare

³⁶ Mercus 1981, p. 200.

după caracteristică, funcție care va ajuta la analiza statistică a datelor și interpretarea lor.

Cariere de piatră documentate arheologic și documentar în zona orașului Alba Iulia.

Cele mai apropiate surse pentru obținerea materialelor de construcție (în special blocuri de calcar) și a materiei prime pentru obținerea mortarelor, în perioada romană, medievală și modernă în zona orașului Alba Iulia se găseau, în apropiere, în zona piemontană a limitei estice a Munților Trascău, la o distanță de circa 6-7 km de oraș, la nord de depresiunea Ampoi – Ampoița.

Prezența acestora este legată de evoluția geologică a zonei, în special de fenomenele care au dus la formarea Munților Apuseni, respectiv a Munților Trascău.

Structura în pânze a Munților Trascău este rezultatul orogenezei alpine din timpul Cretacicului (mișcările mezocretacice din Albian și laramice din Senonian)³⁷. Post - orogeneza, limita estică a Munților Apuseni a avut o evoluție complexă datorită contactului cu Depresiunea Transilvaniei. Astfel, structurile orogene ale Munților Trascău vin în contact cu depozite sedimentare paleogene, miocene, pliocene și cuaternare³⁸.

Arealul la care ne referim se încadrează în limita estică a părții central sudice a Munților Trascău, în zona de contact dintre Valea Ampoiului, care realizează delimitarea de extremitatea nord-estică a Munților Metaliferi și afluenții de stânga din bazinul mijlociu-inferior al aceluiași râu. Din punct de vedere geologic, formațiunile mezozoice sunt reprezentate prin calcare jurasice (de tip Starmberg) ce apar sub formă de petice în Dealul Dumbrava (Bilag) și prin cretacicul inferior și superior, respectiv conglomerate, gresii și argile prezente pe areale mari în Dealul Dumbrava și Piemontul Trascăului.

Eocenul este semnalat pe suprafețe mici în Dealul Bilag (marne, argile, calcare, gresii), iar oligocenul îl întâlnim la sud de Valea Ighiului, apoi de-a lungul Ampoiului în Munții Metaliferi și în Dealul Bilag, fiind reprezentat prin conglomerate, gresii, argile marnoase vârgate și violacee³⁹. Tot pe areale relativ restrânse apare miocenul reprezentat prin conglomerate și calcare badeniene în Dealul Măgulici și prin marne nisipoase și nisipuri în restul piemontului Trascăului, între văile Bucerdea și Ighiu⁴⁰.

Formațiunile cele mai răspândite sunt cele holocene alcătuite din pietrișuri și nisipuri ce acoperă culoarul Oiejdea-Șard, de unde pătrund tentacular de-a lungul văilor Ampoi, Ighiu, Țelna și Bucerdea.

³⁷ Balintoni 1997, p. 55.

³⁸ Măhăra, Argeșel 1993, p. 5.

³⁹ Anghel, Măhăra, Munteanu 2006, p. 17.

⁴⁰ Măhăra, Argeșel 1993, p. 11.

Principala carieră utilizată în epoca romană și probabil singura era situată la nord de orașul antic Apulum, exploatarea fiind amplasată în hotarul comunei Ighiu, satul Ighiel în punctul numit Baiă. Cercetările arheologice au identificat în această zonă urme de locuire din perioada romană, precum și o necropolă, inventarul funerar fiind caracteristic coloniștilor originari de pe coasta Dalmată, aduși în Dacia datorită specializării lor în operațiuni miniere⁴¹. Exploatarea de carieră, la suprafață, a avut ca principal scop obținerea blocurilor de calcar necesare edificării castrului și a locuințelor publice și civile ale orașelor romane de la Apulum⁴².

Din punct de vedere geologic acest depozit calcaros, de vârstă mezozoică, este bogat în depozite fosilifere și asociat cu marnocalcare, gresii și calcarenite (stratele cu *Aptychus*)⁴³ (**Fig. 10**).

Aspectul plăcut, duritatea scăzută a materialului de bază cu implicațiile directe legate de prelucrarea lui, posibilitatea de a putea extrage blocuri compacte de mari dimensiuni pentru realizarea monumentelor funerare (sarcofage de 2,5 x 1,5 m realizate dintr-un singur bloc) a făcut ca acest depozit de calcare să constituie sursa ideală de materie primă pentru meșterii pietrari romani. În paralel, ca urmare a operațiilor de extragere și prelucrare a blocurilor de calcar, a rezultat o mare cantitate de piatră sfărâmată (de căzătură), ideală pentru obținerea varului și implicit a mortarelor. Nisipul era disponibil din belșug în albia râului Ampoi, iar lemnul necesar pentru cuptoarele de var era oferit de pădurile ce acoperă versanții piemontului Munților Trascău și ai Munților Metaliferi (Munții Vințului).

Cariera de la Ighiel (Baie) va continua să fie folosită până la începutul sec. al XVIII-lea pentru edificarea unor monumente din Alba Iulia și împrejurimi precum Catedrala Catolică, biserica Bethlen, catedrala din Sebeș, elemente arhitectonice din piatră ale bisericilor și clădirilor din satele Văii Ampoiului, cruci de morminte etc (**Fig. 11 și 12**).

Edificarea mării fortificații bastionare de la Alba Iulia la începutul sec. al XVIII-lea (1715-1738) va implica, încă o dată, în istoria orașului utilizarea

⁴¹ Macrea, Protase 1959, p. 442.

⁴² Ciobanu 2005, p. 123.

⁴³ În Juristic se produc modificări puternice în aria carpatică. La sfârșitul Jurasicului, partea sudică a Munților Apuseni funcționa ca un geosinclinal numit geosinclinalul Mureșului, când apar principalele depozite calcaroase. În Cretacicul inferior are loc o transgresiune a mării apțiene și depunerea de conglomerate și gresii cu intercalații de marne. Urmează apoi mai multe etape de transgresiuni marine în urma cărora se depun conglomeratele din zona Bucerzii și marne nisipoase fosilifere. Odată cu individualizarea Depresiunii Transilvaniei, în Senonianul superior, apele se retrag ajungând în Eocen la marginea Dealului Bilag, iar în Oligocenul inferior începe să se formeze un mic golf cu apă salmastră în regiunea Ighiului. Procesul de înaintare și retragere a liniei țărmului mării sarmatice continuă până în Pliocen, când apele se retrag complet din golful Ighiului.

unei mari cantități de piatră, fapt care va duce la epuizarea carierei de la Ighiel și deschiderea uneia noi pe hotarul satului Șard (comuna Ighiu) în punctul numit Baia⁴⁴, situat pe versantul sudic al Dealului Dumbrava (425,5 m), sectorul sud-vestic al Dealului Bilag (**Fig. 13 și 14**).

Spre deosebire de calcarul exploatat de la Ighiel roca extrasă la Șard (Baia) este o gresie cu ciment carbonatic, ușor de prelucrat, dar foarte abrazivă, caracterizată de unul dintre arhitecții care au coordonat lucrările la cetate ca fiind de culoare albastră (**Fig. 15**)⁴⁵.

Cele două depozite cariere Ighiel (Baie) și Șard (Baia) sunt situate aproximativ de-o parte și de alta a culoarului Șard – Bucerdea, un vechi curs al râului Mureș, ele făcând parte din același strat de depunere geologică.

Cu toate că în areal sunt prezente un număr mare de chei formate în calcare jurasice unde sunt documentate o serie de exploatări de piatră din perioada modernă pentru obținerea de materie primă pentru construcții sau var pentru mortare, se pare că aceste surse, mai greu accesibile, nu au fost utilizate în epoca antică (Cheile Ampoiței).

Primele informații documentare cu privire a exploatarea pietrei pentru obținerea varului datează tot din secolul al XVIII-lea când localitatea Meteș (Metesz) își schimbă denumirea⁴⁶, pentru scurtă vreme, în cea de Varnitza, dar se exploatează calcare de slabă calitate, specifice (olistolitelor, klipelor de calcar caracteristice Văii Ampoiului) de vârstă aptian-albiană (cretacicul inferior). Aceste blocuri, aparținând formațiunii de Meteș s-au desprins dintr-o faleză calcaroasă și au alunecat pe taluzul continental, fiind apoi prinse în sedimentele flișului cretacic în zona marină litorală, ulterior fiind modelate de agenții exogeni ca forme de relief pozitive, cu dezvoltare locală (sub formă de stânci izolate).

Începând din secolul al XVIII-lea și până la mijlocul sec al XX-lea aceste klippe calcaroase vor fi exploatare, în special pentru producția de var, dar și pentru piatra necesară drumurilor (Pietrele Ampoiței⁴⁷, Piatra Varului de la Meteș), fapt care va duce la modificarea lor și chiar la dispariția aproape completă a unor astfel de formațiuni, cum este Piatra Corbului de la Poiana Ampoiului (**Figura 16 și 17**).

Din acest punct de vedere este posibil ca anumite klippe calcaroase din zona Ampoița - Șard - Dealul Bilag să fi fost utilizate și în epoca romană, acest

⁴⁴ Toponimul "Baia" definește o exploatare minieră de suprafață sau de adâncime.

⁴⁵ Anghel 2007, p. 85.

⁴⁶ Suci 1967, p. 393.

⁴⁷ Inventarul 1949 -1968. (În perioada 1956 – 1968, între sursele de profit ale comunei Ampoița apar încasările realizate din exploatarea calcarului, din zona Calcarelor de la Ampoița, precum și din Cheile Ampoiței, exploatări sistate o dată cu declararea celor două obiective ca rezervații naturale).

aspect implicând studierea lor din punct de vedere al posibilităților existenței unor urme, de natură antropică, care pot identifica eventuale exploatările miniere, aceste aspecte fiind uneori dificile de evidențiat dintr-o analiză sumară a posibilelor obiective.

**STUDY ON THE COMPOSITION AND PROVENIENCE OF MORTARS
WITH MINERAL CEMENT, USED IN THE CONSTRUCTION OF ANTIQUE
BUILDINGS AT APULUM**

SUMMARY

After the conquest of Dacia by the Romans, the area of modern Alba Iulia, ancient Apulum, the centre of the province Dacia, experienced a strong economic and cultural development. At Apulum two cities formed over time; one of civil and commercial character on the banks of the Mureș in the modern quarter of Partoș, named *Municipium Aurelium Apulense* in Antiquity, and beside the castrum of the Legion XIII Gemina, probably from old *canabae*, under emperor Septimius Sever (193-211) the *Municipium Septimium Apulense* was raised.

All the building activity was not possible without sources of raw material in the vicinity of the city, especially limestone, which was easy to work and to use in the building structures of the two cities. At the same time the construction works, besides stone and bricks, made necessary the use of large quantities of mineral binders (mortars for fixing the stone blocks).

This study attempts to determine the provenance and composition of mortars used as binders in the antique buildings at Apulum.

In order to do this, 10 samples from various archaeological contexts were taken: the *principiei* building, military barracks in the castrum, civil buildings in the area south of the caes, mortar used to seal a sarcophagus found west of *Municipium Aurelium Apulense*.

The samples were analyzed by destructive and non-destructive methods: ICP-AES, Inductive Coupled Plasma Mass-Spectrometry (ICP-MS) (destructive methods), XRF, portable X-Ray Fluorescence - Alpha Series™ (non-destructive method). For the mineralogic and petrographic study the used apparatus was XRD, X-Ray diffractometer, Polarizing optical microscope with fotografic camera for the processing of ICP-AES microscopic images, .

The experimental results obtained document a chemical composition close to that of the analyzed samples, which indicates that the studied mortars were prepared from materials of the same provenance, after a strictly followed recipe: quartz sand as aggregate in the mortar, with a mixture of lime (calcium oxide) which forms portlandite with water, and montmorillonite clay with chlorite, perhaps with added crushed limestone. The conducted experiments indicate that the materials had a common origin.

The composition gives the following indications: the studied mortars were prepared from materials of a common origin, according to a strictly followed recipe: quartz sand as aggregate in the mortar, with a mixture of lime (calcium oxide) which

forms portlandite with water, and montmorillonite clay with chlorite, perhaps with added crushed liemstone.

The main, and probably only, quarry used during the Roman period was located north of the antique city of Apulum, on the territory of the modern commune of Ighiu, near Ighiel village at the place named Baie. Archaeological research has identified Roman settlement there, as well as a necropolis, the inventory of which is characteristic for the original colonists coming from the Dalmatian coast, who were brought to Dacia because of their specialization in mining. The exploitation of the quarry had, at first view, the aim of obtaining limestone for the building of the castrum and public and civil buildings of the Roman cities of Apulum. Parallel to that, as a consequence of the extraction and working of stone blocks, a large quantity of crushed stone was obtained, ideal for producing the lime and, implicitly, the mortars.

LIST OF TABLES AND FIGURES

Tabel 1: Rezults of experiments using destructive methods (ICP-AES and ICP-MS).

Tabel 2: Rezults of experiments used non-destructive methods (XRF).

Fig. 1: Diffraction spectrum of sample M-1.

Fig. 2: Diffraction spectrum of sample M-10.

Fig. 3: Porfiroclastic structure and porous texture. Clasts represent the aggregate used when making the plaser, while the pores/holes are depicted in black (N+, 45X) (sample M-1).

Fig. 4: Porfiroclastic structure and porous texture. Clasts are represent by cristaloclasts and lithoclasts (N+ 45X) (sample M-6).

Fig. 5: Clasts of quartz and pyroxene in fine crystalline matrix. (N+, 45X) (sample M-1).

Fig. 6: Calcie in the mortar matrix (N+, 60 X) (sample 1).

Fig. 7: Lithic fragments of snadstone and quatzite and cristaloclasts of feldspat (N+, 45 X) (sample M- 6).

Fig. 9: Model of the datasheet for the administration of results.

Fig. 10: Fossil-bearing liemstone from Ighiel quarry (Baie), Roman monument of the 2nd-3rd Century AD.

Fig. 11: Ighiel quarry (Baie) at present.

Fig. 12: Ighiel quarry (Baie).

Fig. 13: Şard quarry (Baia).

Fig. 14: Şard quarry (Baia).

Fig. 15: Limestone from the Şard quarry (Baia), bastion fortification wall, block with masters sign.

Fig. 16: Piatra Corbului at Poiana Ampoiului (documentary photography 1899, MNUAI collection).

Fig. 17: Piatra Corbului (Poiana Ampoiului) at present.

Abrevieri bibliografice

- Anghel 1987 - Gh. Anghel, *Alba Iulia*, București, 1987.
- Anghel *et alii* 2006 - Gh. Anghel, Gh. Măhăra, M. Munteanu, *Șard-un sat de Țara Vinului*, Alba Iulia, 2006.
- Anghel 2007 - Gh. Anghel, "Maestri ticinesi in Transilvania alla fine del XVII-e al'Inizio dal XVIII secolo", în *Maestri Ticinesi in Transilvania tra Cinquecento e setecento*, Cluj Napoca, 2007, p. 81-148.
- Balintoni 1997 - I. Balintoni, *Geotectonica terenurilor metamorfice din România*, Ed. Carpatica, Cluj Napoca, 1997.
- Ciobanu 2005 - R. Ciobanu, „Sala cu picturi și hypocaust din așezarea romană Apulum II”, *Apulum*, XLII, 2005, p. 123-132.
- Dio Cassius - Dio Cassius, *Istoria romană*.
- Focilon 1989 - H. Focilon, *Arta sculptorilor romanici*, Ed. Meridiane, București, 1989.
- Florescu, Daicovicu, Roșu, 1980 - R. Florescu, H. Daicovicu, L. Roșu, *Dicționar enciclopedic de artă veche a României*, București, 1980.
- Harris 2003 - R. Harris, *Pompeii*, 2003.
- Hodge 2002 - A. T. Hodge Roman, *Aqueducts and water supply*, Bristol, 2002.
- Iliescu 1997 - M. Iliescu, *Betoane și lianți minerali*, Note de curs, 1997.
- Inventarul 1949-1968 - *Inventarul sfatului popular al comunei Ampoița, Arhivele Naționale ale României*, Nr. fond. 977, Nr. inv. 2466.
- Lugli 1957 - G. Lugli, *La tecnica edilizia romana. Con particolare riguardo a Roma e Lazio*, Roma, 1957.
- Măhăra, Argeșel 1993 - Gh. Măhăra, I. Popescu-Argeșel, *Munții Trascău*, București, 1993.
- Mercus 1981 - A. Mercus, *Mineralogie și petrografie tehnică. Îndrumător pentru lucrări practice și curs*, Universitatea București, 1981.
- Moga 1990-1993 - V. Moga, „Cercetări recente în castrul de la Apulum, Palatul Apor Alba Iulia”, *Apulum*, XXVII-XXX, 1990-1993, p. 209-222.
- Omeniuc, Petriman 1980 - M. Omeniuc, I. Petriman, „Restaurarea unui cuptor roman de ars material de de construcții”, *Peuce*, XIII, 1980, p. 133-139.
- Ota 2012 - R. Ota, *De la canabele Legiunii a XIII-a Gemina la Municipium Septimium Apulense*, Alba Iulia, 2012.
- Palatul 2011 - *Palatul guvernatorului Daciei romane de la Apulum. O redescoperire a patrimoniului*, Catalog de expoziție, Alba Iulia, 2011.
- Suciu 1967 - C. Suciu, *Dicționar istoric al localităților din Transilvania*, vol. I, București, 1967.
- STAS 5439 - STAS 5439 – 56 Lianți hidraulici neclincherizați. Încercări fizice și mecanice.

- STAS 5583 - STAS 5583 – 57 Pământuri argiloase pentru mortarele de construcție.
- Timofan 2010 - A. Timofan, „Cercetarea arheologică sistematică Apulum-Cetatea Alba Carolina (Ravelinul Sf. Francisc de Paola), sectorul de sud al așezării civile a castrului Legiunii XIII Gemina - campania 2009”, *Terra Sebus*, 2, 2010, p. 105-116.
- Tudor 1974 - D. Tudor, „Les pont de Trajan a Drobeta- Turnu Severin”, *Biblioteca Historiae Romaniae*, București, 1974, p. 47 -134.

Fise mortar 2013

ID: Descriere: Clădire identificată în centrul castrului roman (zona Piata Cetății) în urma lucrărilor de restaurare a cetății. Est o clădire de formă patrată construită din blocuri fasonate de piatră în metoda opus quadratum. La ora actuală edificiul este în curs de restaurare și oferă circuitului turistic. Datare epocă romană, sec II - III d. Chr.

COD Proba:

Denumire: mortar, epoca romană, clădirea tezaurului din castrul Legiunii aXIII-a Gemina

Rezultate XRF

	mg/kg
Ca	209953,0
Ca (%)	21,0
Mn	687,0
Fe	17554,0

Rezultate ICP-AFS

	mg/kg
Tl	1834,0
Mg	2983,3
Al	8433,3
K	1743,3
Na	350,0

Rezultate ICP-MS

	mg/kg		mg/kg
Li	35,2	Nb	1,7
Ba	259,2	Mo	10,3
Mn	866,1	Sn	9,1
Sc	7,0	Cs	1,2
V	69,9	La	17,1
Cr	56,1	Ce	41,0
Co	8,7	Pr	5,5
Ni	24,5	Nd	22,9
Cu	19,6	Sm	5,1
Zn	67,5	Bu	1,2
Ga	6,6	Gd	6,0
As	374,1	Dy	4,2
Br	32,9	Er	1,9
Rb	36,8	Yb	1,8
Sr	215,1	W	0,9
Y	15,2	Pb	173,3
Zr	4,0		

Fig. 9. Model de fișă pentru gestionarea rezultatelor.

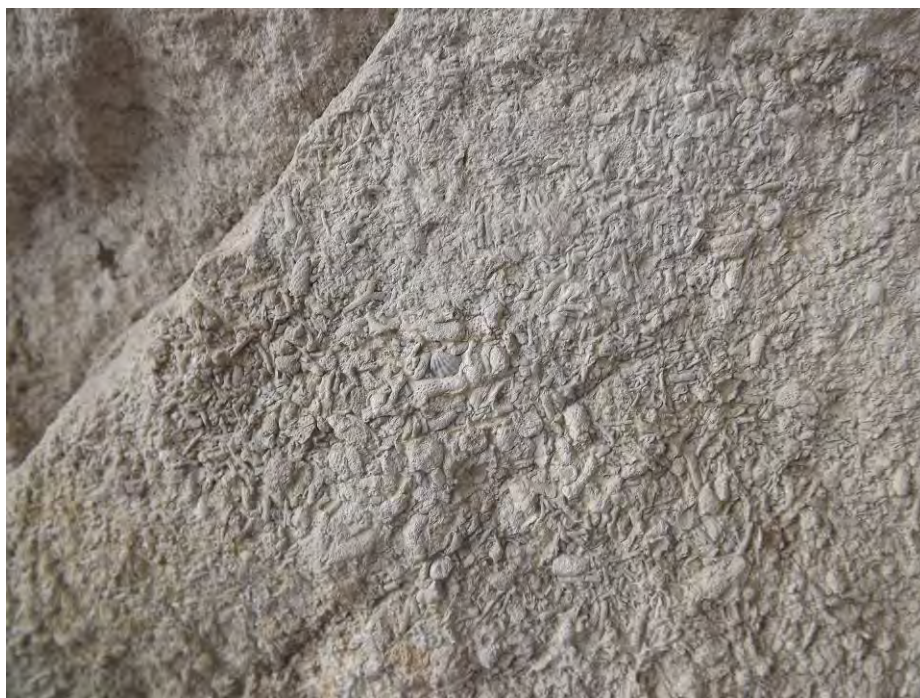


Fig. 10. Calcar fosilifer din cariera Ighiel (Baie), monument roman sec. II-III p.Chr.



Fig. 11. Cariera Ighiel (Baie) la ora actuală.



Fig. 12. Cariera Ighiel (Baie).



Fig. 13. Cariera Şard (Baia).



Fig. 14. Cariera Șard (Baia).



Fig. 15. Gresie cu ciment carbonatic din cariera Șard (Baia), zidul fortificației bastionare, bloc cu însemn de pietrar.



Fig. 16. Piatra Corbului de la Poiana Ampoiului (fotografie documentară 1899, colecția MNUAI).



Fig. 17. Piatra Corbului (Poiana Ampoiului) la ora actuală.

LISTA AUTORILOR

Dan Anghel - Muzeul Național al Unirii, Alba Iulia, dnanghel@yahoo.com

Sote Angeleski - Cluj-Napoca, s_angeleski@yahoo.com

Tiberius Bader - Hemmingen, tib.bader@web.de

Dan Băcuet-Crișan - Muzeul Județean de Istorie și Artă, Zalău, bacuet@yahoo.com

Radu Băjenaru - Institutul de Arheologie "Vasile Pârvan", București, radu.bajenaru@gmail.com

Gabriel Bălan - Muzeul Național al Unirii, Alba Iulia, liviugabrielbalan@yahoo.com

Corneliu Beldiman - «Dimitrie Cantemir» Christian University, Faculty of History, Bucharest; Romanian Scientific Society for Interdisciplinary Research, Bucharest; belcor@gmail.com

George Bounegru - Muzeul Național al Unirii, Alba Iulia, bounegru_g_viziru@yahoo.com

Björn Briewig - German Archaeological Institute, Berlin, bjoerndebrie@yahoo.de

Vasile Budui - "Ștefan cel Mare" University, Suceava, Faculty of History and Geography, Department of Geography, vbudui@yahoo.com

Raluca Burlacu-Timofte - Universitatea "Babeș-Bolyai", Cluj-Napoca, raluburlacu@gmail.com

Dan-Lucian Buzea - National Museum of the Eastern Carpathians, Sfântu Gheorghe, buzealuci@yahoo.com

Sergiu Cadar - Institutul de Cercetări pentru Instrumentație Analitică Cluj-Napoca, sergiu.cadar@icia.com

Mircea Chintoanu - Institutul de Cercetări pentru Instrumentație Analitică Cluj-Napoca, chintoanu_m@yahoo.com

Radu Ciobanu - Muzeul Național al Unirii, Alba Iulia, pufu_ciobanu@yahoo.com

Beatrice Ciută - Universitatea "1 Decembrie 1918", Alba Iulia, beatriceciuta@yahoo.com

Marius Ciută - Universitatea "Lucian Blaga", Sibiu, mariusciuta@yahoo.com

Sorin Colesniuc - Muzeul de Arheologie Callatis, Mangalia, sorinmarcelcolesniuc@yahoo.com

Călin Cosma - Institutul de Arheologie și Istoria Artei, Cluj-Napoca, cosma.calin@yahoo.com

Aurel Dragotă - Universitatea „Lucian Blaga”, Sibiu, reludragota@yahoo.com

Nicolae Gudea - Universitatea "Babeș-Bolyai", Cluj-Napoca

Nicolae Har - Universitatea "Babeș-Bolyai", Facultatea de Biologie și Geologie, Departamentul de Geologie, Cluj-Napoca, nicolae.har@ubbcluj.ro

Tünde Horváth - Budapest, tundehorvath4@gmail.com

Cornelia-Magda Lazarovici - Institutul de Arheologie, Iași, magdamantu@yahoo.com

Gheorghe Lazarovici - Universitatea „Lucian Blaga”, Sibiu, ghlazarovici@yahoo.com

Adrian Luca - Muzeul Național Brukenthal, Sibiu, luca_adrian_sibiu@yahoo.com

Sabin Adrian Luca - Universitatea „Lucian Blaga”, Sibiu, sabinadrian.luca@ulbsibiu.ro; Muzeul Național Brukenthal, Sibiu, sabin.luca@brukenthalmuseum.ro

Florentina Martiș - Muzeul Banatului, Timișoara, tina.martis@yahoo.com

Sascha Mauel - Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, kontakt@mauel.dk

Teodor Munteanu - Universitatea "Alexandru Ioan Cuza", Iași, teddy_muntean@yahoo.com

Bianka Nessel - ERC Project "BronzeAgeTin" Institute of Earth Sciences Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Heidelberg, Bianka.Nessel@geow.uni-heidelberg.de

Bogdan Petru Niculică - Bukovina Museum, Suceava, niculicab@yahoo.com

Radu Ota - Muzeul Național al Unirii, Alba Iulia, eractum@yahoo.com

Dalia Anna Pokutta - Department of Archaeology, University of Gothenburg, Gothenburg, dalia.anna.pokutta@gu.se

Anca-Diana Popescu - Institutul de Arheologie "Vasile Pârvan", București, ancadiana_popescu@yahoo.com

Marcin S. PRZYBYŁA - Institute of Archaeology, Jagiellonian University, Cracow, mszprzybyla@gmail.com

Marius Râza - Universitatea "1 Decembrie 1918", Alba Iulia, raza_marius@yahoo.com

Cristian Schuster - Institutul de Arheologie „Vasile Pârvan” – Centrul de Tracologie, București, cristianschuster@yahoo.com

Csaba Szabó - University of Pécs, Pécs, szabo.csaba.pte@gmail.com

Zsolt Székely - UBB, Extensia Sf. Gheorghe, Sf. Gheorghe, szekely.zsolt@fspac.ro

Diana-Maria Sztancs - «Dimitrie Cantemir» Christian University, Faculty of History, Bucharest; Romanian Scientific Society for Interdisciplinary Research, Bucharest; beldiana22@yahoo.com

Claudiu Tănăselia - Institutul de Cercetări pentru Instrumentație Analitică Cluj-Napoca, claudiu@tanaselia.ro

Biba Teržan - Univerza v Ljubljani Filozofska fakulteta Oddelek za arheologijo, Ljubljana, ljubinka.terzan@ff.uni-lj.si

Peter Thomas - Deutsches Bergbau-Museum Bochum Forschungsbereich Montanarchäologie, Peter.Thomas@Bergbaumuseum.de

Anca Timofan - Muzeul Național al Unirii, Alba Iulia, anca.timofan@yahoo.com

Anamaria Tudorie - Muzeul Național Brukenthal, Sibiu, anamaria.tudorie@brukenthalmuseum.ro

Claes Uhnér - Department of historical studies, University of Gothenburg, Gothenburg, claes_uhner@hotmail.com

Monica Ursu - Institutul de Cercetări pentru Instrumentație Analitică, Cluj-Napoca, monaursu5@yahoo.com