



UNIVERSITATEA DIN PITEȘTI
Școala doctorală **Interdisciplinară**
Domeniul fundamental: **Științe inginerești**
Domeniul: **Ingineria materialelor**

**CERCETĂRI INTERDISCIPLINARE PRIVIND MATERIALELE UTILIZATE PENTRU
ECHIPAMENTUL MILITAR DESCOPERIT ÎN SITUL ANTIC BURIDAVA**

– rezumatul tezei de doctorat –

Conducător de doctorat: Prof.univ.dr.habil. Adriana-Gabriela ȘCHIOPU

Mentori: Conf. univ. dr. Constantin Augustus BĂRBULESCU

Conf. univ. dr. fiz. Marian Cătălin DUCU

CS III dr. Sorin Georgian MOGA

Doctorand: Vasile Ovidiu Udrescu

MULȚUMIRI

Doresc să afirm întreaga mea recunoștință față de persoanele care m-au sprijinit pe parcursul întregii cercetări doctorale, fără de care nu aș fi reușit să finalizez cu succes prezenta teză.

În primul rând doresc să-mi exprim întreaga gratitudine și mulțumire conducătorului de doctorat, doamnei prof. univ. dr. habil **Adriana-Gabriela ȘCHIOPU**, pentru îndrumarea și sprijinul acordat pe tot parcursul anilor de studii doctorale, dar mai ales pentru răbdarea, înțelegerea și sfaturile acordate. Se cuvine a recunoaște în mod deosebit abilitatea domniei sale de a mă introduce într-un domeniu neexplorat, dar mai ales pentru încurajările ce m-au făcut să depășesc momentele dificile. Vă mulțumesc pentru efortul depus pentru formarea mea profesională.

Domnului conf. univ. dr. **Constantin Augustus BĂRBULESCU** îi aduc alege mulțumiri nu doar pentru sprijinul profesional acordat în cercetarea științifică, dar și pentru suportul moral oferit pe parcursul întregii perioade de studii doctorale. De asemenea, îmi exprim recunoștința pentru oportunitatea de a pune în practică rezultatele obținute ca urmare a cercetărilor efectuate, dar și pentru susținerea și călăuzirea permanentă a pașilor mei.

Alege mulțumiri doresc să adresez membrilor comisiei de îndrumare: conf. univ. dr. fiz. **Marian Cătălin DUCU** și CS III dr. **Sorin Georgian MOGA** de la Centrul Regional de Cercetare-Dezvoltare pentru Materiale, Procese și Produse Inovative Destinate Industriei de Automobile pentru timpul acordat și pentru îndrumarea constantă pe parcursul elaborării tezei de doctorat.

Mulțumiri deosebite se cuvin aduse și dlui dr. fiz. **Denis Aurelian NEGREA** din cadrul Centrului Regional de Cercetare-Dezvoltare pentru Materiale, Procese și Produse Inovative Destinate Industriei de Automobile, care mi-a fost alături pe întreaga perioadă a cercetării experimentale, putând beneficia de ajutorul și expertiza sa în domeniu.

Îmi exprim recunoștința și pentru domnul **Ion TUȚULESCU**, șef de secție la Muzeul Județean „Aurelian Sacerdoțeanu” Vâlcea și respectiv domnul **Laurențiu Stan MECU**, de la UM 02493 pentru sprijinul oferit în obținerea surselor bibliografice rare, dar și pentru sfaturile de specialitate constante.

Îmi exprim totodată gratitudinea pentru efortul depus de către domnii **Cătălin DRĂGHICI** și **Alexandru NĂLBITORU** în vederea realizării reconstituirilor grafice.

Mulțumiri cordiale adresez și doamnei dr. inginer geolog **Valentina CETEAN** de la Institutul Geologic Român pentru tot sprijinul acordat în vederea caracterizării solurilor arheologice.

Doresc să mulțumesc în mod deosebit domnului **Liviu PREDA**, de la Top Metrology SRL și domnului **Endre KRISTÓF** de la Kimet SRL pentru facilitarea accesului în laboratoarele proprii, fapt ce mi-a permis efectuarea unei caracterizări diversificate a probelor.

Dedic această lucrare familiei mele care mi-a fost alături în permanență și căreia îi mulțumesc pentru toate sacrificiile impuse de implicarea mea în activitățile legate de pregătirea și elaborarea acestei teze. Îi mulțumesc în mod deosebit soției mele, pentru sprijinul oferit la redactarea lucrării de doctorat și pentru că mi-a fost alături nu doar acum, ci permanent.

CUPRINS

INTRODUCERE	6
I. CONTEXTUL EUROPEAN ȘI NAȚIONAL AL CERCETĂRIILOR ECHIPAMENTULUI MILITAR DIN DESCOPERIRILE ARHEOLOGICE	8
I.1 Contextul european	8
I.1.1 Mențiuni antice privind metalurgia fierului	8
I.1.2 Sit-urile europene	8
I.1.3 Caracterizarea materialelor arheologice de echipament militar	8
I.2 Contextul național	9
I.2.1 Ateliere și tehnici de prelucrare a fierului și a bronzului	9
I.2.2 Sit-urile naționale	9
I.2.3 Caracterizarea materialelor arheologice de echipament militar	10
II. METODOLOGIA CERCETĂRII EXPERIMENTALE ȘI METODE DE CERCETARE ALE MATERIALELOR ARHEOLOGICE PENTRU ECHIPAMENTUL MILITAR	11
II.1 Direcții de cercetare	11
II.2 Planificarea activităților de cercetare	11
II.3 Prelevarea materialelor arheologice de echipament militar	11
II.4 Metode și mijloace de caracterizare ale materialelor arheologice de echipament militar	11
II.4.1 Caracterizarea macroscopică	11
II.4.2 Scanarea cu radiații X cu ajutorul computerului tomograf	11
II.4.3 Caracterizarea prin microscopie optică	12
II.4.4 Determinarea durității	12
II.4.5 Analiza prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X	12
II.4.6 Analiza microstructurală prin difracție de radiații X	12
II.4.7 Caracterizarea prin microscopie electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopie de radiații X cu dispersie după energie	12
III. CONTRIBUȚII PRIVIND CERCETAREA MEDIULUI ARHEOLOGIC	13
III.1 Caracterizarea solului funerar și a tufului dacitic prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X	13
III.2 Caracterizarea microstructurală a tufului dacitic prin difracție de radiații X	13
III.3 Caracterizarea morfologică și determinarea elementelor tufului dacitic cu ajutorul microscopiei electronice de baleiaj cuplată cu spectroscopia de radiații X cu dispersie după energie	14
III.4 Analiza mineralogică a tufului dacitic	14
III.5 Concluzii privind influența tipului de sol asupra stării de conservare a pieselor de echipament militar descoperite	14
IV. CONTRIBUȚII PRIVIND CERCETAREA MATERIALELOR ARHEOLOGICE DE ECHIPAMENT MILITAR	15
IV.1 Vârful de săgeată	15
IV.1.1 Caracterizarea macroscopică	15
IV.1.2 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X	15
IV.1.3 Caracterizarea prin microscopie electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopia de radiații X cu dispersie după energie	15
IV.1.4 Concluzii privind caracterizarea vârfului de săgeată	15
IV.2 Vârful cu gaură de înmănușare	16
IV.2.1 Caracterizarea macroscopică	16
IV.2.2 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X	16
IV.2.3 Caracterizarea prin microscopie electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopia de radiații X cu dispersie după energie	16
IV.2.4 Concluzii privind vârful cu gaură de înmănușare	16
IV.3 Manșonul	17
IV.3.1 Caracterizarea macroscopică	17

IV.3.2 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X	17
IV.3.3 Caracterizarea prin microscopie electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopia de radiații X cu dispersie după energie	17
IV.3.4 Concluzii privind manșonul	17
IV.4 Lama și mânerul de spadă	18
IV.4.1 Caracterizarea macroscopică	18
IV.4.2 Scanarea cu radiații X cu ajutorul computerului tomograf a lamei de spadă	18
IV.4.3 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X	18
IV.4.4 Concluzii privind caracterizarea lamei și mânerului de spadă	18
IV.5 Teaca de sica	19
IV.5.1 Caracterizarea macroscopică	19
IV.5.2 Scanarea cu radiații X cu ajutorul computerului tomograf	19
IV.5.3 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X	19
IV.5.4 Caracterizarea tecii de sica prin microscopia electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopia de radiații X cu dispersie după energie	19
IV.5.5 Concluzii privind caracterizarea fragmentului de teacă de sica	20
IV.6 Cămașa de zale	20
IV.6.1 Caracterizarea macroscopică	20
IV.6.2 Scanarea cu radiații X cu ajutorul computerului tomograf	20
IV.6.3 Caracterizarea prin microscopie optică	20
IV.6.4 Determinarea durității	21
IV.6.5 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X	21
IV.6.6 Caracterizarea microstructurală prin difracție de radiații X	22
IV.6.7 Caracterizarea prin microscopie electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopia de radiații X cu dispersie după energie	22
IV.6.8 Concluzii privind caracterizarea cămășii de zale	23
IV.7 Spada de tip sarmatic	23
IV.7.1 Caracterizarea macroscopică	23
IV.7.2 Scanarea cu radiații X cu ajutorul computerului tomograf	23
IV.7.3 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X	23
IV.7.4 Concluzii privind caracterizarea spadei de tip sarmatic	23
V. CONTRIBUȚII PRIVIND METALURGIA FIERULUI PENTRU MATERIALELE ARHEOLOGICE DE ECHIPAMENT MILITAR	24
V.1. Descoperiri arheologice privind metalurgia fierului în situl antic Buridava	24
V.2 Tehnologia de obținere și prelucrare a pieselor de echipament militar Buridava	24
V.3 Influența incinerării și a factorilor de mediu asupra compoziției și structurii pieselor de echipament militar Buridava	25
VI. MODEL DE INVESTIGARE A MATERIALELOR ARHEOLOGICE DE ECHIPAMENT MILITAR	26
VII. CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI PERSPECTIVE	28
BIBLIOGRAFIE	33

LISTA ABREVIERI

a. Chr. = înainte Christos

aprox. = aproximativ

BSE = electroni retroîmprăștiați

cca. = circa

com. = comuna

CT = computer tomograf

EDXRF = spectroscopie de fluorescență cu radiații X și dispersie după energie

jud. = județ

loc. = localitate

p. Chr. = după Christos

PS = punct de scanare

SE = electroni secundari

sec. = secol

SEM-EDS = microscopie electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopie cu dispersie după energie

XRD = difracție de radiații X

WDS = Spectrometrie de fluorescență cu dispersie după lungimea de undă

INTRODUCERE

Teza de doctorat cu titlul: „*Cercetări interdisciplinare privind materialele utilizate pentru echipamentul militar descoperit în situl antic Buridava*” are ca obiectiv principal al cercetării obținerea răspunsurilor privind originea și tehnicile de prelucrare a armelor descoperite la Buridava, fapt realizat prin analiza, identificarea și caracterizarea structurală a pieselor cercetate.

Necesitatea abordării acestei teme de cercetare este una firească atâta timp cât până în prezent nu s-a procedat la un studiu amplu care să aducă date privind modul în care au fost realizate o serie de arme dacice, materialul din care acestea au fost confecționate, felul în care armele respective au interacționat cu solul arheologic în care au fost depuse.

Deoarece pentru perioada, zona geografică și pentru populația cercetată nu există baze de date privind determinarea elementelor obiectelor realizate, prin studiul de față se dorește realizarea primei baze de date de acest fel, precum și realizarea unui protocol privind manipularea pieselor de echipament militar, prelevarea și pregătirea probelor în vederea caracterizării.

Cu ocazia cercetărilor efectuate începând cu anul 2016 în situl antic Buridava din localitatea Ocnița, județul Vâlcea au fost descoperite o serie de piese de echipament militar. Cu această ocazie, am constatat că, deși astfel de obiecte au fost descoperite într-un număr foarte mare pe întreg teritoriul României, cu excepția câtorva încercări sporadice, acest gen de artefacte au făcut obiectul unor publicații care au avut în vedere doar descrierea fizică a acestor piese.

Teza oferă, pentru prima dată, informații obținute cu ajutorul unor metode de caracterizare, așa cum este cazul investigațiilor efectuate cu ajutorul difracției cu radiații X (XRD), spectometriei de fluorescență cu radiații X și dispersiei după energie (EDXRF), microscopiei electronice de baleiaj cuplată cu spectroscopie cu dispersie după energie (SEM-EDS), tomografiei cu radiații X (CT), microscopiei optice sau determinarea durtății.

În lipsa existenței unor studii ale armamentului din această perioadă și din arealul vizat, care să presupună metode de caracterizare moderne, cu atât mai mult cu cât în literatura de specialitate este invocată o eventuală tehnică de confecționare superioară raportată la momentul realizării pieselor respective, cât mai ales faptul că analiza stratului de coroziune și a produșilor acesteia poate aduce o serie de informații inedite și relevante, se impunea efectuarea unui astfel de demers.

De asemenea, încă de la început, s-a avut în vedere faptul că determinarea elementelor chimice, a fazelor și a structurilor caracteristice pieselor poate conduce la identificarea zăcămintelor ce conțin minereu de fier, acesta fiind un alt mijloc prin care se poate răspunde la întrebarea privind importul sau originea locală a pieselor de armament, situația fiind valabilă și în cazul obținerii metalelor (minerit, separare de minereuri) sau elaborarea aliajelor.

Teza de doctorat este structurată în șapte capitole.

Capitolul I intitulat *Contextul european și național al cercetărilor echipamentului militar din descoperirile arheologice* cuprinde, în prima parte, prezentarea mărturiilor unor antici precum Tacitus, Caesar, Strabon, Diodor din Sicilia sau Pliniu cel Bătrân privind metalurgia fierului pentru perioada studiată. După aceasta urmează prezentarea succintă a stadiului actual al cercetărilor cu detalierea siturilor dacice din afara granițelor României, prezentarea armelor și a metodelor de caracterizare aplicate, precum și pregătirea probelor, rezultatele obținute și concluzii.

În partea a doua a acestui capitol sunt prezentate atelierele și tehnicile de prelucrare a fierului și a bronzului, cu detalierea numeroaselor descoperiri de cuptoare de redus minereu de pe teritoriul României, din același areal geografic fiind prezentate și siturile în care au fost descoperite piese de echipament militar dacice din secolele I a.Chr – I p. Chr., precum și stadiul caracterizării acestor descoperiri.

Capitolul II denumit *Metodologia cercetării experimentale și metode de cercetare ale materialelor arheologice de echipament militar* cuprinde prezentarea detaliată a obiectivului general, precum și a obiectivelor specifice ale cercetării experimentale, dar și planificarea desfășurării activităților sintetizate în diagrama Gantt.

Cea mai importantă parte a acestui capitol continuă cu stabilirea câtorva reguli privind prelevarea probelor și prezentarea metodelor și tehnicilor de caracterizare (macroscopie, scanarea cu radiații X cu ajutorul computerului tomograf, microscopie optică, determinarea durtății, analiza prin spectometrie de fluorescență cu radiații X, analiza microstructurală prin difracție de radiații X și microscopie electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopie de radiații X cu dispersie după energie) disponibile în: laboratoarele de Materiale Avansate din cadrul CRC&D-Auto al Universității din Pitești, Institutul Geologic al României, Top Metrology SRL și Kimet SRL, Institutul Național pentru Fizica Laserilor, Plasmei și Radiației.

În **Capitolul III** cu titlul: *Contribuții privind caracterizarea mediului arheologic*, în vederea stabilirii modului în care solul și tuful dacitic ce formează stânca pe care au fost depuse piesele de echipament militar a influențat starea de conservare a acestora, s-a procedat la caracterizarea pieselor cu XRF, XRD și SEM-EDS, ocazie cu care s-a efectuat și analiza mineralogică a tufului dacitic. Capitolul e încheiat cu o serie de concluzii privind influența tipului de sol asupra stării de conservare a pieselor de echipament militar descoperite.

Capitolul IV denumit *Contribuții privind caracterizarea materialelor arheologice de echipament militar* este structurat în șapte subcapitole și cuprinde cercetările experimentale efectuate pe un număr de șapte piese diferite de echipament militar descoperite în situl antic de la Buridava, constând în: un vârf de săgeată, un vârf cu gaură de înmănășare, un manșon, un fragment de lamă și un mâner de spadă, un fragment de teacă de sica, o serie de zale provenind de la o cămașă de zale și o spadă de tip sarmatic. După prezentarea rezultatelor caracterizării, adecvate fiecărui tip de armă, toate subcapitolele aferente pieselor de echipament militar se încheie cu concluzii.

Capitolul V cu titlul: *Contribuții privind metalurgia fierului pentru materialele arheologice de echipament militar* prezintă descoperirile din situl antic Buridava care pun în evidență existența unor ateliere metalurgice. Este cazul unor unelte de fierărie, lupe provenite din cuptorul de redus minereu ori fragmente de zgură, acestea din urmă fiind caracterizate cu XRF și XRD. Tehnologiile de obținere și prelucrare a pieselor de echipament militar, ce fac obiectul cercetării experimentale a tezei, sunt însoțite de modele de confecționare în atelier pentru fiecare dintre cele șapte piese de echipament militar studiate.

Întrucât toate armele analizate au fost descoperite în morminte de incinerare, capitolul se încheie cu detalierea influenței incinerării, dar și a factorilor de mediu asupra armelor din situl antic Buridava studiate.

În **capitolul VI** numit: *Model de investigare a materialelor arheologice de echipament militar* s-a avut în vedere realizarea unor proceduri care încep încă din momentul descoperirii echipamentului militar și care urmăresc tot parcursul pieselor până la caracterizarea efectuată în laborator. Modelul de investigare are în vedere experiența acumulată în cei aproape patru ani de cercetări doctorale pe de o parte, iar pe de altă parte, în conformitate cu standardele și procedurile arheologice, urmărește obținerea de informații privind mai ales determinarea elementelor obiectelor, dar cu protejarea și conservarea artefactelor analizate.

Capitol VII cu titlul *Contribuții originale și perspective* relevă contribuția originală privind programul de cercetare experimentală și datele inedite obținute, care pot deschide noi oportunități privind reconstituirea unor piese de echipament militar dacic, fapt dovedit inclusiv prin publicarea articolelor menționate în debutul acestui capitol, articole ce validează cercetările experimentale.

Totodată este menționat faptul că prima contribuție constă în însăși descoperirea pieselor de echipament militar în cadrul cercetării de teren. O altă contribuție este reprezentată de realizarea modelului de investigare a materialelor arheologice de echipament militar.

În privința perspectivelor, prin intermediul unor protocoale încheiate cu Muzeul Brăilei „Carol I”, respectiv Complexul Muzeal „Curtea Domnească” din Târgoviște s-au creat premisele reluării cercetărilor efectuate cu ocazia tezei de doctorat pentru alte arme din alte situri arheologice, cu respectarea metodologiei și cunoștințelor dobândite în urma cercetării interdisciplinare privind materialele utilizate pentru echipamentul militar descoperit în situl antic Buridava.

Teza de doctorat se finalizează cu lista referințelor bibliografice ce cuprinde un număr de 159 de surse bibliografice.

I. CONTEXTUL EUROPEAN ȘI NAȚIONAL AL CERCETĂRILOR ECHIPAMENTULUI MILITAR DIN DESCOPERIRILE ARHEOLOGICE

I.1. Contextul european

I.1.1 Mențiuni antice privind metalurgia fierului

O mențiune antică mai amplă privind metalurgia fierului, transmisă în scris până astăzi, îi aparține lui Pliniu cel Bătrân. Acesta, în lucrarea sa *Historia Naturalis* din anul 79 p. Chr., în cuprinsul cărții XXXIV, alături de o serie de metale, amintește și de metalele feroase.

Despre activitatea metalurgică din insula Elba obținem informații și mai ample din partea lui Diodor din Sicilia, istoric roman, dar de origine greacă ce a trăit aproximativ între anii 80 a. Chr. și 21 p. Chr. și, din opera sa, *Biblioteca*, scrisă în patruzeci de cărți, dar care nu s-au păstrat decât parțial. Informațiile care ne interesează se păstrează în cartea a V-a.

I.1.2 Sit-urile europene

Unul dintre cele mai importante sit-uri dacice a cărei viețuire a fost determinată ca fiind între sec. I a. Chr. - I p. Chr. din afara teritoriului actual al României, este cel situat în Ucraina în districtul Mala Kopanja, aflat la 30 km distanță de granița cu România. Având în vedere anvergura așezării fortificate și a descoperirilor, deși zona era semnalată încă din anul 1893, cercetările sistematice au demarat în anul 1977 [Kot. 15, p. 191], ele continuând și în prezent.

O a doua așezare dacică fortificată de importanță deosebită este reprezentată de sit-ul de la Zemplín din Slovacia, menționată și publicată din punct de vedere arheologic încă din anul 1803 [Kri. 90, p. 245].

Cea de-a treia dată, chiar dacă mai modestă și de dimensiuni mai reduse față de celelalte două (64 x 60 m), este aceea de la Solotvina, Ucraina. Aici, cercetările începute în anul 1967, au pus în valoare existența de locuințe, de fortificații constând în val și șanț [Kot. 95, pp. 72-73]. În privința echipamentului militar, prezența acestuia nu a fost atât de însemnată, acesta fiind reprezentat de un vârf de săgeată și un pumnal curb, ambele din fier [Vas. 02, p. 74].

I.1.3 Caracterizarea materialelor arheologice de echipament militar

Prezentarea probelor

Printre puținele metode de caracterizare aplicate asupra unor piese de echipament militar, considerate ca aparținând dacilor, se numără cele efectuate pe o teacă, respectiv cămașă de zale din secolele I-II p. Chr. de la Zemplín din Slovacia. Singurele alte analize metalografice efectuate asupra unor arme dacice descoperite în context internațional, în afară de cele de la Zemplín, au fost realizate, într-o primă instanță, asupra unui număr de 9 probe prelevate din situl dacic de la Malaya Kopanya din Ucraina (fig. I.2).

Analiza macroscopică a celor 9 probe pune în evidență, pe lângă faptul că acestea sunt acoperite integral de un strat consistent de produși de coroziune și relevă faptul că în situația a 6 din cele 9 probe (fig. I.2 - a), e), f), g), h), i) acestea au fost îndoite intenționat, în 3 dintre cazuri (fig. I.2 g), h), i)) procesul tehnologic de îndoire a condus la ruperea armelor.



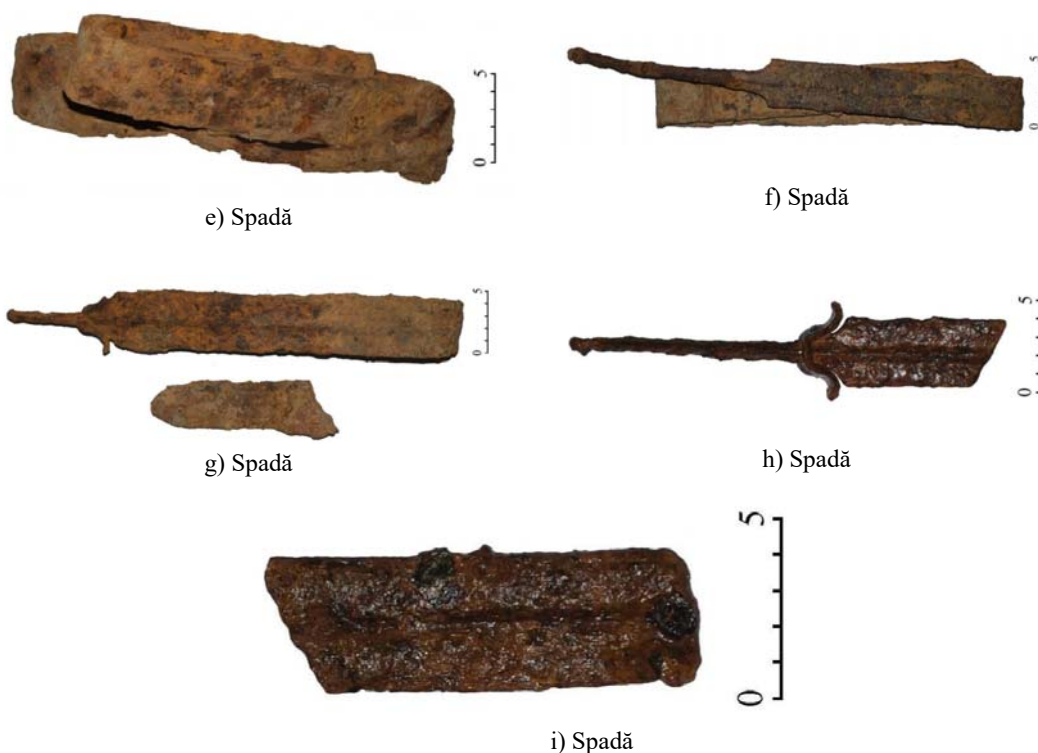


Fig.I.2 Echipament militar de la Malaya Kopanya
[Mih.09, p. 145, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 163]

I.2 Contextul național

I.2.1 Ateliere și tehnici de prelucrare a fierului și a bronzului

În Dacia, cele mai importante minereuri din care se putea extrage fierul în urma procedurii de reducere erau următoarele: magnetitul (71,4% Fe), hematitul (70% Fe), limonitul (63% Fe), sideritul (48,3% Fe) și calcopiritul (46,6% Fe) [Glo. 79, p. 15].

În Dacia sunt documentate, într-o primă fază, cuptoarele în groapă care erau săpate de regulă în argilă refractară și care puteau fi folosite atât la prăjirea cât și la reducerea minereului, iar mai apoi avem de a face cu o serie de cuptoare de dimensiuni mai mari, cuptoare ce erau construite fie în pantă pentru asigurarea tirajului pe cale naturală, și cuptoare care foloseau tirajul artificial cu ajutorul foalelor [Ioa. 00, pp. 68-71].

Cuptorul monoșarjă avea neajunsul că trebuia demontat aproape în întregime pentru scoaterea lupei de fier [Ist. 10, p. 810].

Cuptorul plurișarjă era prevăzut în partea lui inferioară (conform unor cuptoare datate la începutul secolului I a. Chr. la Doboșeni) cu o placă demontabilă, astfel încât lupa de fier putea fi extrasă fără demontarea cuptorului [Ist. 10, p. 810].

Cea mai vehiculată temperatură în literatura de specialitate care se putea atinge în cuptoarele de redus minereul de fier este de 1.000 - 1.100°C [Ioa. 00, p. 36], iar pentru a se putea ajunge la această temperatură se recurgea la o serie de soluții printre care și aceea de a se folosi materiale de construcție cu rol refractar.

Studierea tehnicii necesare obținerii obiectelor din bronz prezintă importanță în studiul echipamentului militar, pentru perioada prezentului studiu predomină piesele de armament realizate din fier. Bronzul este totuși folosit cel puțin din două raționamente: o dată că este ușor ca și greutate (din acest raționament în antichitate multe coifuri erau realizate din bronz), dar și ușor de prelucrat, fiind foarte maleabil.

I.2.2 Sit-urile naționale

În zona Olteniei și Munteniei, au fost descoperite o serie de piese de echipament militar contemporane cu cele de la Ocnîța, Buridava dacică și care prezintă importanță pentru studiul de față. Astfel, printre cele mai importante sit-uri se regăsesc și cele de mai jos.

Bălănești, Com. Bălănești, jud. Gorj

În anul 2105 în punctul Dealul Mare în pădurea aflată între satele Drăgoeni și Bălănești au fost descoperite de către persoane dotate cu detectoare de metale, posibile morminte de incinerare ce conțineau: trei cuțite *sica* și o teacă, un vârf de lance și un alt vârf de lamă. Situl a fost datat în sec. I a. Chr.

Beharca, com. Coțofenii din Față, jud. Dolj

Într-un punct necunoscut dintr-un sit geto-dacic neidentificat, în cursul anilor 1980, în loc. Beharca a fost descoperit un echipament militar constând în două spade și un vârf de sulită ce au fost datate ca aparținând sfârșitului sec. II a.Chr. - începutului sec. I a.Chr.

Călărași, jud. Dolj

Aproximativ în anul 1943, într-un mormânt descoperit pe un câmp aflat la sud de sat în timpul efectuării unor munci agricole, au fost descoperite și un pumnal *sica*, respectiv două vârfuri de lance. Situl a fost datat în sec. I a. Chr. [Sir. 16, a, p. 71].

Cetățeni - jud. Argeș

În întreaga localitate au fost descoperite morminte și piese de echipament militar, dar o parte dintre acestea au fost încadrate de multe ori eronat fie în perioada evului, mediu, fie în epoca bronzului sau în alte perioade. Mai mult decât atât, diverse astfel de piese nu se găsesc în inventarul muzeelor, așa cum este cazul unei săbii care se preciza că ar fi fost confecționată din aur [Măn. 14, p. 73].

Chirnogi, Jud. Călărași

În anul 1971, în loc. Chirnogi, în cartierul Rudărie, a fost descoperită o așezare Latène aparținând geto-dacilor [Tro. 75, p. 127], iar în punctul „Terasa rudarilor” a fost identificată și cercetată o necropolă de incinerare și înhumare ce conținea morminte din toate perioadele istorice, dar și morminte dacice [Vin. 13, p. 127]. Situl a fost datat în sec. II - I a.Chr.

Corcova, jud. Mehedinți

Făcând parte cel mai probabil dintr-un mormânt de incinerare descoperit în anul 1975, armele (spadă, pumnal *sica* cu teacă, vârf de lance) au fost găsite împreună cu o cană cu rol de urnă funerară în care se aflau oasele calcinate și două fibule fragmentare ce au ajutat la stabilirea cronologică a întregului material [Sir. 99, p. 220]. Situl este datat în a doua jumătate a sec. II a.Chr. - prima jumătate a sec. I a.Chr.

Corlate, jud. Dolj

În anul 1931, într-un punct neprecizat exact, dar menționat ca fiind proprietatea unui anume V.G. Paleolog [Plo. 48, p. 21], într-un mormânt de incinerare considerat la acea dată ca fiind celtic, cunoscut ca mormântul nr. 1, printre alte obiecte au fost descoperite o serie de arme constând în: spadă cu teacă, *umbo* și fragmente de scut. Situl a fost datat în a doua jumătate a sc. II a.Chr. - prima jumătate a sec. I a.Chr.

Cornești, jud. Gorj

În anul 1957, pe raza satului Bălava, într-un posibil mormânt de incinerare considerat celtic la acea dată, au fost descoperite echipamente militare constând în: spadă din fier, cuțit de luptă, vârf de lance, *umbo* [Răd. 19, p. 84]. Situl a fost datat în sec. II-I a. Chr.

Ocnița, Județul Vâlcea

Situl dacic Buridava, situat pe dealul Cosota, are parte de o extrem de lacunară publicare și cunoaștere a publicului sau a mediului științific a echipamentului militar. Deși este menționată varietatea și numărul mare a pieselor de armament, acestea rămân în cea mai mare parte necunoscute. Situl este datat în sec. II.a. Chr.-I.p.Chr.

1.2.3 Caracterizarea materialelor arheologice de echipament militar

Situația echipamentului militar de la Buridava, loc. Ocnița, jud. Vâlcea, precum și cel din Oltenia și Muntenia, de altfel de pe întreg cuprinsul actual al României, în perioada propusă pentru studiu este evident una incompletă. Dintre neajunsurile centralizării și catalogării acestui segment se remarcă faptul că el se limitează la actualul stadiu al cercetării și cunoașterii, după cum este de asemenea limitat la nivelul pieselor publicate.

Lipsa analizelor specifice pe piesele metalice ale echipamentului militar nu poate decât să conducă la o situație neclară, iar în lipsa datelor ce pot fi obținute cu ajutorul tehnicilor moderne de caracterizare, specialiștii se lansează într-o serie întreagă de speculații ce, în multe situații, conduc la îndepărtarea de adevărul istoric. Totodată, este necesară analizarea situației din siturile lumii geto-dacice deoarece fără analogiile oferite de către acestea nu se poate realiza în mod profesionist studiul echipamentului militar de la Buridava.

II. METODOLOGIA CERCETĂRII EXPERIMENTALE ȘI METODE DE CERCETARE ALE MATERIALELOR ARHEOLOGICE PENTRU ECHIPAMENTUL MILITAR

II.1 Direcții de cercetare

Obiectivul general

Prin aplicarea metodelor de caracterizare, se obțin informații prețioase cu privire la tipurile de materiale folosite pentru confecționarea armelor, dar și informații privind tehnologia folosită în vederea obținerii acestora.

Obiectiv specific 1: în privința echipamentului militar al geto-dacilor din sec. I a.Chr. se impune o mai atentă analiză a întregului material descoperit până în prezent, reevaluarea datelor și prelucrarea din nou a materialului descoperit în urmă cu aproape un secol, mare parte a armelor - mai ales cele descoperite în prima jumătate a sec. XX - fiind atribuite unor altor populații decât cea getică sau geto-dacică.

Obiectiv specific 2: posibila identificare a unor aliaje considerate în prezent ca fiind necunoscute în antichitate, dar care erau în uz la acea dată sau doar identificarea unei anumite ponderi ale unor elemente din aliajele folosite pentru confecționarea armelor descoperite la Buridava, va ajuta la umplerea unor goluri privind informația din perioada cercetată.

Obiectiv specific 3: cu ajutorul unor metode de caracterizare (XRF, XRD, SEM-EDS, CT ș.a.) se urmărește realizarea obiectivelor specifice ce constau în mod concret în determinarea cantitativă și calitativă a elementelor din care armele sunt confecționate, precum și procesul tehnologic ce a condus la realizarea acestora.

Obiectiv specific 4: diseminarea periodică a rezultatelor se realizează prin publicarea rezultatelor cercetării.

II.2 Planificarea activităților de cercetare

Planificarea activităților pentru cei patru ani de studii doctorale sunt realizate conform diagramei Gantt.

II.3 Prelevarea materialelor arheologice de echipament militar

Toate piesele de echipament militar caracterizate au fost descoperite în situl de la Buridava dacică din localitatea Ocnița, județul Vâlcea, în cadrul cercetării arheologice sistematice realizate de către Universitatea din Pitești.

Încă din primele momente ale descoperirii, imediat după ce piesele sunt scoase din mediul de zăcere, prima grijă este aceea de a asigura starea de conservare a acestora. În acest sens, piesele de echipament militar sunt izolate de oxigen și umiditate prin împachetarea în folii sterile.

Având în vedere principiul de la care se pleacă în cercetarea arheologică potrivit căruia trebuie obținut maximul de informații, piesele de echipament militar descoperite la Buridava dacică au fost supuse caracterizării prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X, difracție de radiații X, microscopie electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopie de radiații X cu dispersie după energie, computer tomograf cu radiații X.

II.4 Metode și mijloace de caracterizare ale materialelor arheologice de echipament militar

II.4.1 Caracterizarea macroscopică

Macroscopia este prima etapă de studiu și control al materialelor, din punct de vedere al principiului utilizat fiind o metoda optică de caracterizare [Flo. 09, pp. 32-33].

Analiza macroscopică se efectuează prin examinarea cu ochiul liber, cu lupa sau cu microscopul stereo a suprafețelor materialelor metalice nepregătite în prealabil (solidificare, condensare, etc.) sau a unor suprafețe special pregătite, proba de analizat trebuind să fie cât mai reprezentativă, motiv pentru care este sau nu supusă atacului cu reactivi chimici [Suc. 08, p. 10].

II.4.2 Scanarea cu radiații X cu ajutorul computerului tomograf

Scanarea cu radiații X cu ajutorul computerului tomograf este folosită pentru a realiza imagini multiple de transmisie bidimensională (2D) ale unui obiect din diferite orientări. Aceste imagini sunt apoi procesate, folosind programe speciale, pentru a construi o imagine tridimensională (3D) a obiectului, inclusiv geometria sa interioară.

În ceea ce privește studiul echipamentului militar, scanarea cu radiații X cu computerul tomograf reprezintă în anumite situații singura metodă de caracterizare. Concret, cu ajutorul tomografului Nikon XT H 450 au putut fi investigate obiecte care au fost prelevate cu tot cu pământ, obiectele fiind înglobate în solul respectiv. S-a procedat astfel deoarece piesele de armament respective erau corodate în totalitate, iar simpla încercare de a înlătura solul protector ar fi condus la pulverizarea acestora, fără a avea posibilitatea stabilirii formei, dimensiunii sau a altor elemente distinctive ale pieselor de armament.

II.4.3 Caracterizarea prin microscopie optică

Microscopia optică reprezintă una dintre cele mai vechi metode de caracterizare a artefactelor cu rezultate deosebite în metalografie, privind structura obiectelor metalice, ce poate oferi informații prețioase despre tehnologia de fabricare, ori intervențiile mecanice sau termice suferite [Stă. 81, p. 71].

Analiza microscopică efectuată pe probe special pregătite se realizează atât cu ajutorul microscopului metalografic optic, cât și cu ajutorul microscopului electronic.

II.4.4 Determinarea durității

Încercarea de duritate sau presiune de contact reprezintă rezistența la pătrundere în suprafața unui material a unui obiect mai dur [Flo. 09, p. 27].

Metodele de încercare a durității sunt statice sau dinamice, ele fiind diferite și prin forma mai dură a materialului care efectuează presiunea, respectiv sferică, de con sau piramidală.

Datorită faptului că majoritatea pieselor sunt deformate, nu au suprafață plană, sunt grunjoase din cauza arderii sau a stratului de coroziune, metoda determinării durității nu s-a putut aplica, cu excepția unor fragmente de zale care au putut fi înglobate în rășină și care, în urma șlefuirii, au prezentat o suprafață propice aplicării acestei metode.

II.4.5 Analiza prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X

Spectrometria cu radiații X sau fluorescența cu radiații X este o tehnică spectroscopică de emisie care a găsit o aplicare largă în identificarea și determinarea elementelor, fiind folosită cu real succes în metalurgie.

Ca și aplicație în ceea ce privește caracterizarea echipamentului militar dacic studiat, metoda prezintă importanță în vederea identificării calitative a compoziției elementare a materialelor.

Toate piesele de echipament militar au fost caracterizate cu ajutorul XRF.

II.4.6 Analiza microstructurală prin difracție de radiații X

Tehnicile de difracție cu radiații X sunt unele dintre cele mai utile în caracterizarea materialelor cristaline, cum ar fi metalele, piese ceramice, minerale, polimeri, materiale plastice sau alți compuși anorganici sau organici, tehnicile de difracție cu radiații X putând fi utilizate pentru a identifica fazele prezente în probe de la materii prime la produsul finit și până la a furniza informații despre starea fizică a eșantionului, cum ar fi mărimea bobului, textura și perfecțiunea cristalului [Smi. 10, p. 325].

II.4.7 Caracterizarea prin microscopie electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopie de radiații X cu dispersie după energie

Microscopia electronică de baleiaj, cunoscută în mediul științific drept *scanning electron microscopy* ori (SEM) reprezintă o metodă de caracterizare prin care, de fapt, microscopul folosește electroni în loc de lumină pentru generarea de imagini. Lungimea de undă scurtă a electronilor în comparație cu aceea a luminii conduce la o rezoluție mai bună, dar și o mărime mai mare și o profunzime de câmp mai mare [Reh. 10, p. 174], ceea ce presupune o focalizare de calitate superioară.

Sub bombardamentul cu electroni, se generează o varietate de semnale diferite (inclusiv electroni secundari/SE, electroni retroîmprăștiați/BSE, radiații X caracteristice și radiații cu unde lungi în ultraviolet și regiunea vizibilă a spectrului) care poate fi utilizată pentru caracterizarea materialelor. Folosind electroni secundari, microscopia electronică cu scanare (SEM) extinde domeniul de rezoluție la câțiva nanometri (în condiții favorabile), reducând astfel decalajul dintre microscopia optică (luminoasă) și microscopia electronică de transmisie [Exn. 04, p. 355].

III. CONTRIBUȚII PRIVIND PRIVIND CARACTERIZAREA MEDIULUI ARHEOLOGIC

III.1 Caracterizarea solului funerar și a tufului dacitic prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X

Proba a fost recoltată din mormântul (M28), descoperit în anul 2019 la Buridava, mormânt din care a fost prelevată și teaca de *sica*. Pentru a determina compoziția elementelor asupra solului funerar, s-au efectuat un număr de 3 puncte de scanare.

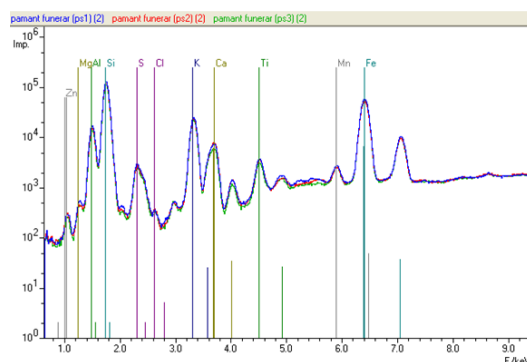
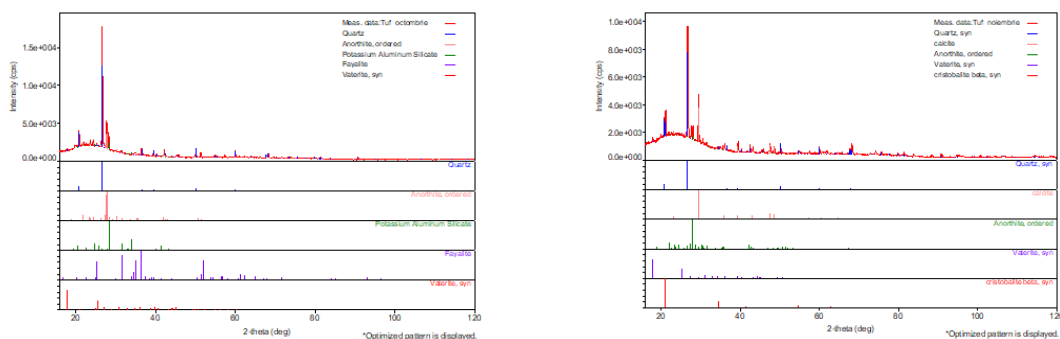


Fig. III.1 Suprapunerea spectrelor EDXRF realizate pe solul funerar

Pentru a determina modul în care armele au fost influențate de solul în care au fost depuse, s-au efectuat cercetări cu privire la o parte din echipamentul militar descoperit la Buridava [Udr. 22] s-a procedat la prelevarea a 2 probe de sol compact, respectiv tuf dacitic (rocă sedimentară având la bază material piroclastic provenit din erupții vulcanice). Armele, care fac obiectul studiului, au fost depuse fie în mormintele reprezentate de gropi săpate în tuf dacitic, fie au fost așezate direct pe acest tip de stâncă.

III.2 Caracterizarea microstructurală a tufului dacitic prin difracție de radiații X

Pentru a putea stabili dacă tuful dacitic influențează starea de conservare a pieselor de echipament militar descoperite la Buridava, analiza XRD a tufului dacitic s-a efectuat atât pe o probă prelevată din săpătura arheologică, cât și pe o probă prelevată de la baza dealului pe care se află sit-ul arheologic. S-au putut stabili fazele, respectiv compușii din tuful dacitic, fiind observate în spectrele din fig. III.4.



a) Spectre XRD ale probei de tuf dacitic prelevată din cercetarea arheologică

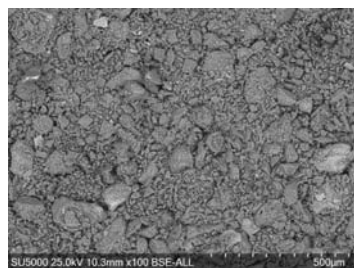
b) Spectre XRD ale probei de tuf dacitic prelevată de la baza stâncii

Fig. III.4 Spectre XRD calitative efectuate pe tuful dacitic de la Buridava

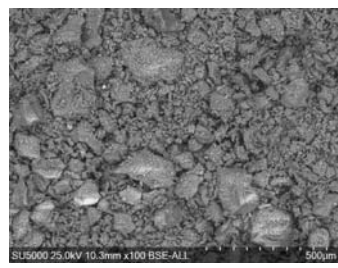
În urma analizei calitative a tuf-ului dacitic cu ajutorul XRD, s-a constatat că în proba prelevată din șantierul arheologic Buridava, conform fig. III.4 a), fazele identificate sunt: cuarț, anortit, potasiu, aluminiu (kalsilit), fayalit, vaterit, iar în privința analizei calitative a tuf-ului dacitic cu ajutorul XRD a probei recoltată de la baza dealului, deci din stânca nativă pe care se află necropola, s-a constatat că în proba prelevată, conform fig. III.4 b), fazele identificate sunt reprezentate de cuarț, calcit, anortit, vaterit, cristobalit.

III.3 Caracterizarea morfologică și determinarea elementelor tufului dacitic cu ajutorul microscopiei electronice de baleiaj cuplată cu spectroscopia de radiații X cu dispersie după energie

Pentru a vedea cum au fost influențate piesele de echipament militar de tuful dacitic în care au fost depozitate, cele două mostre de tuf prelevate au fost supuse analizei morfologice prin microscopie electronică de baleiaj.



a) Micrografie de tuf dacitic colectată în timpul cercetărilor arheologice



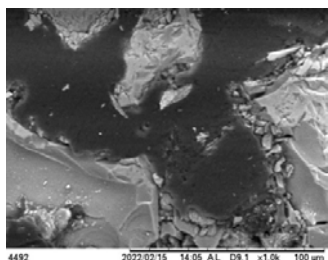
b) Micrografie de tuf dacitic colectată la baza dealului

Fig.III.5 Micrografii cu electroni retroîmprăștiați ale tufului dacitic de la Buridava (mărire x100)

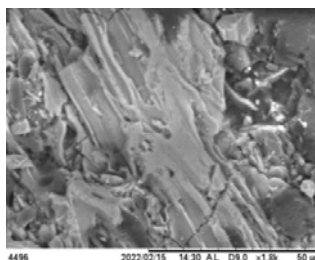
Cartografierea EDS efectuată pe cele două tipuri de probe de sol prezintă o dispersie relativă omogenă pentru Si, O, Al pentru ambele probe de tuf unele concentrații mari de K, Fe, Na, Ca, Mg pentru proba de tuf dacitic colectată în timpul cercetărilor arheologice și concentrații mici în suprafață de Fe, Ca, Mg pentru proba de tuf dacitic recoltată la baza dealului.

III.4 Analiza mineralogică a tufului dacitic

În vederea identificării unor elemente din tuful dacitic provenite din materialul piroclastic ca urmare a erupției vulcanice, pentru a verifica modul în care acest tip de rocă influențează starea de conservare a echipamentului militar, s-a realizat analiza mineralogică a acestui tip de rocă prin microscopie optică în lumină polarizată și prin microscopie electronică.



a) Structură cu fragmente de sticlă



b) Structură cu fragment de sticlă

Fig.III.10 Analiză de microscopie electronică a tufului de la Buridava

Analiza mineralogică a tufului definește o rocă piroclastică cu componenți vitroclastici. Componenții detritici (cuarț, calcit - în mare parte bioclaste, mai rar muscovit) ajung la 20%. Deși compozițional se apropie de tufite (între 25-75% fragmente piroclastice), roca a fost încadrată în categoria tufurilor vitroclastice.

III.5 Concluzii privind influența tipului de sol asupra stării de conservare a pieselor de echipament militar descoperite

Caracterizarea tufului dacitic care reprezintă, pe de o parte stânca pe care a fost realizată necropola unde a fost descoperit și echipamentul militar cercetat, iar pe de altă parte de materialul constructiv folosit pentru împrejmuirea mormintelor, a fost realizată atât cu EDXRF, cât și cu XRD și a relevat faptul că, în cea mai mare parte a lor, mineralele care compun tuful respectiv sunt de origine vulcanică, în general acestea având proprietăți pozitive în ceea ce presupune menținerea unei stări de bună conservare. Astfel se poate explica și faptul că nu numai armamentul care face obiectul studiului, dar și multe alte artefacte din fier, bronz, cupru s-au păstrat într-o stare uneori chiar excelentă având în vedere vechimea lor de aproximativ 2.000 de ani.

IV. CONTRIBUȚII PRIVIND CARACTERIZAREA MATERIALELOR ARHEOLOGICE DE ECHIPAMENT MILITAR

IV.1 Vârful de săgeată

IV.1.1. Caracterizarea macroscopică

Starea fizică a vârfului de săgeată este una precară, aceasta prezentând urme de fisuri, exfoliere și degradări datorită coroziunii din sol. Stratul de coroziune prezintă fisuri și o grosime considerabilă creată de agenții corozivi. În zona tăișului celor trei barbeluri stratul de coroziune este atât de gros încât zona tăișului este mai degrabă teșită decât ascuțită. Situația este aceeași și în zona vârfului care nu mai este ascuțit, ci chiar bont.

IV.1.2 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X

Analiza EDXRF calitativă pe vârful de săgeată a fost efectuată prin aplicarea unui punct de scanare, pe partea exterioară a pedunculului, pentru care a fost generat spectrul EDXRF reprezentat în fig.IV.3.

Spectrul pune în evidență prezența Fe, Si, Pb, Zn, Cu, Ca.

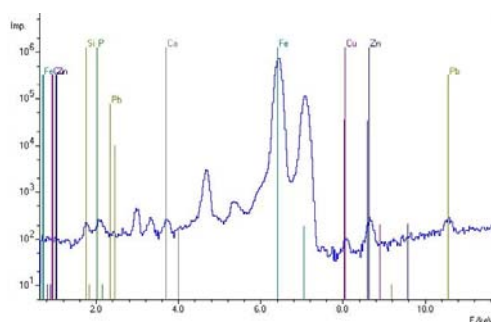


Fig.IV.3 Spectrul EDXRF realizat pe vârful de săgeată

IV.1.3 Caracterizarea prin microscopie electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopia de radiații X cu dispersie după energie

Cu ajutorul SEM s-au realizat o serie de caracteristici morfologice ale vârfului de săgeată. A putut fi analizată una dintre cele trei barbeluri ale vârfului de săgeată, cu această ocazie obținându-se și dimensiunile acesteia, fapt important întrucât s-au putut efectua măsurători fără a se lua în calcul și stratul de rugină.

Analiza spectrelor EDS confirmă prezența elementelor: O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn și Fe, prezentate în fig.IV.6.

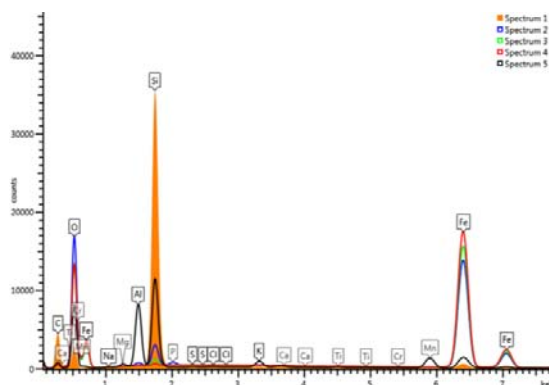


Fig.IV.6 Analiza EDS calitativă cu suprapunerea celor 5 puncte de scanare

Analiza EDS cantitativă relevă faptul că vârful de săgeată a fost realizat din Fe, elementele majoritare sunt reprezentate de O, Si și Fe, în timp ce elementele minoritare sunt Na, Mg, Al, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr și Mn.

IV.1.4 Concluzii privind caracterizarea vârfului de săgeată

O serie de vârfuri de săgeată descoperite la Buridava, inclusiv tipul cu trei muchii [And. 79, p. 11], cum este cel studiat aici, sunt considerate, pe de o parte ca fiind obiecte a căror realizare presupune dezvoltarea

meșteșugurilor și a metalurgiei fierului, iar pe de altă parte, faptul că aceste obiecte sunt realizate în ateliere locale [And. 79, p. 14].

Din punct de vedere morfologic, acest tip de vârf de săgeată folosit pentru arc, face parte din săgețile de **tip II**, reprezentate de săgeți cu vârful în trei muchii și peduncul în loc de toc [Glo. 79, p. 136].

IV.2. Vârful cu gaură de înmănușare

IV.2.1 Caracterizarea macroscopică

Vizual, s-a putut observa în anumite locuri o patină verzuie care, în general, așa cum este cazul mai multor obiecte antice indică posibilitatea existenței bronzului [Pic. 07, p. 244].

De asemenea au fost identificate fragmente de os de mici dimensiuni.

IV.2.2 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X

Pentru a determina compoziția elementelor s-a efectuat un punct de scanare aplicat pe zona exterioară, în partea opusă vârfului, pentru care a fost generat spectrul EDXRF reprezentat în fig.IV.11.

Analiza calitativă a spectrului pune în evidență prezența următoarelor elemente: Si, Pb, Ag, Sn, Ca, Fe, Cu și Ni.

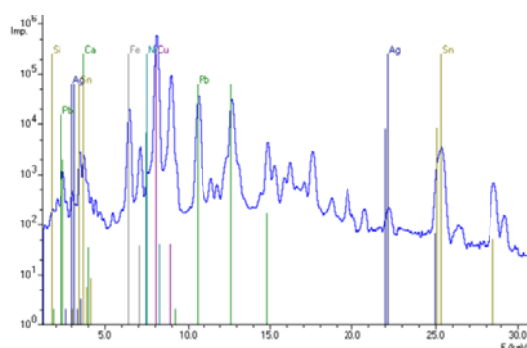


Fig.IV.11 Spectrul EDXRF realizat pe vârful cu gaură de înmănușare

IV.2.3 Caracterizarea prin microscopie electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopia de radiații X cu dispersie după energie

Cu ajutorul SEM s-a putut observa structura vârfului analizat după ce, în prealabil, în punctul în care a fost realizată analiza a fost îndepărtată patina prin polizare (fig.IV.12). Întrucât dimensiunea vârfului respectiv a permis prinderea în suport și introducerea în camera de vacuum, pentru asigurarea integrității piesei, nu a fost necesară nici o prelevare.

Analiza spectrelor EDS confirmă prezența elementelor: O, P, Cl, Ca, Fe, Cu, Sn, Pb, prezentate în fig.IV.14.

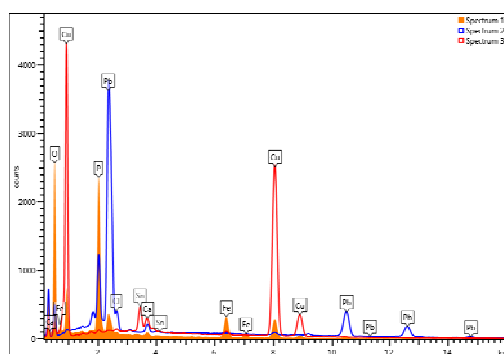


Fig.IV.14 Analiza EDS calitativă cu suprapunerea celor 3 puncte de scanare
Între cele trei puncte de scanare se pot observa diferențe calitative și cantitative semnificative.

IV.2.4 Concluzii privind vârful cu gaură de înmănușare

Din analiza privind determinarea elementelor reprezentate în spectrul EDXRF din fig.IV.11, coroborată cu analiza cantitativă ne relevă faptul că piesa analizată este realizată din bronz. În afară de elementele majoritare obișnuite pentru acest aliaj, respectiv Cu (70,170%) și Sn (9,236%) s-au regăsit și alte elemente

precum Pb, Ag, Fe, Ni, fapt ce nu este neobișnuit pentru acest aliaj, în timp ce proveniența Si și Ca trebuie să aibă legătură cu solul în care obiectul a fost descoperit. De remarcat este faptul că minereurile de Pb din Dacia conțineau Ag [Rus. 96, p. 46], ceea ce explică existența acestuia din urmă în compoziția materialului.

IV.3. Manșonul

IV.3.1 Caracterizarea macroscopică

Manșonul este rupt la ambele capete, dimensiunea păstrată a acestuia arată faptul că acesta făcea parte dintr-o piesă de mari dimensiuni. El se păstrează într-o stare proastă de conservare, fiind puternic corodat și prezentând perforații multiple. De asemenea, manșonul prezintă urme de ardere, el nemaifiind concentric, ci puternic deformat și contorsionat, întreaga sa suprafață fiind extrem de poroasă.

IV.3.2 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X

Pentru a determina compoziția elementelor manșonului s-a efectuat un punct de scanare, pentru care a fost generat spectrul EDXRF reprezentat în fig.IV.17.

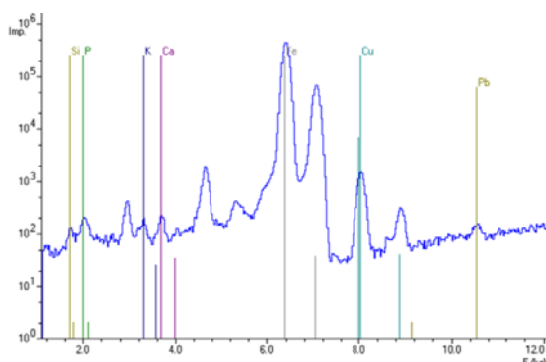


Fig. IV.17 Spectrul EDXRF realizat pe manșon

Spectrul EDXRF pune în evidență prezența elementelor: Si, P, K, Ca, Fe, Cu și Pb.

IV.3.3 Caracterizarea prin microscopie electronică de baleiaj de baleiaj cuplată cu spectroscopia de radiații X cu dispersie după energie

Cu ajutorul SEM s-au putut observa o serie de caracteristici morfologice ale manșonului. Manșonul a putut fi analizat în secțiune transversală, cu această ocazie obținându-se și grosimea materialului, fapt important întrucât s-au putut efectua măsurători fără a se lua în calcul și stratul de rugină.

Analiza spectrelor EDS confirmă prezența elementelor: O, Al, Si, Fe, Cu, Sn, prezentate în fig.IV.20.

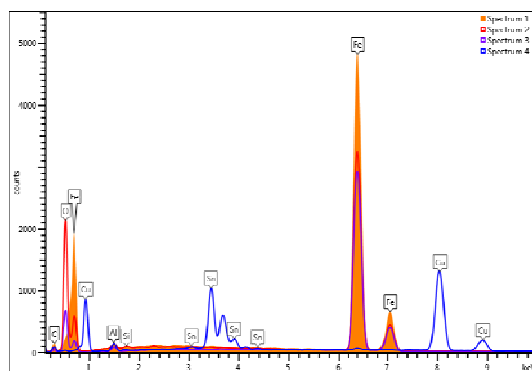


Fig.IV.20 Analiza EDS calitativă cu suprapunerea celor 4 puncte de scanare

IV.3.4 Concluzii privind manșonul

Tehnicile EDXRF și SEM-EDS permit determinarea naturii materialului de culoare verzuie observat în timpul analizei macroscopice. Inserția respectivă este reprezentată de bronz.

De asemenea, s-a putut determina faptul că elementul majoritar din care este format manșonul este reprezentat de Fe, celelalte elemente minoritare precum Si, P și Ca provin foarte probabil din solul presărat cu oase incinerate în care a fost descoperit manșonul, în timp ce Pb provine de la aliajul de bronz, așa cum am arătat și în subcapitolul IV.2.

IV.4 Lama și mânerul de spadă

IV.4.1. Caracterizarea macroscopică

Cu puține excepții, analiza macroscopică relevă faptul că lama dispune de câteva crăpături în stratul de coroziune, cu precădere în zona muchiei, iar mânerul prezintă urme de zgură, semn că a fost supus arderii. În partea opusă a mânerului, în zona în care lama a fost ruptă se observă curbura materialului, fapt ce poate indica acțiunea de torsiune intenționată.

IV.4.2 Scanarea cu radiații X cu ajutorul computerului tomograf a lamei de spadă

În vederea obținerii de date privind miezul neafectat, dar și alte date privind proprietățile lamei de spadă, pentru a putea trece prin stratul consistent de coroziune s-au scanat probele folosind echipamentul cu radiații-X, Nikon XTH 225 ST.

Având în vedere faptul că piesa a fost scanată în totalitate, pentru a obține date noi, au fost selectate trei planuri de scanare în încercarea de a verifica dacă arma mai are încă miez sănătos, dar și din dorința de a afla dimensiunea neafectată de coroziune a armei s-au obținut date privind grosimea, lățimea, respectiv lungimea lamei.

IV.4.3 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X

Pentru a determina compoziția elementelor lamei de spadă s-a efectuat un punct de scanare în partea mediană a lamei, spre margine, în imediata apropiere a muchiei, pentru care a fost generat spectrul EDXRF reprezentat în fig.IV.26 a), iar pentru mânerul de spadă s-a efectuat un punct de scanare efectuat pe inelul mânerului, pentru care a fost generat spectrul EDXRF reprezentat în fig.IV.26 b).

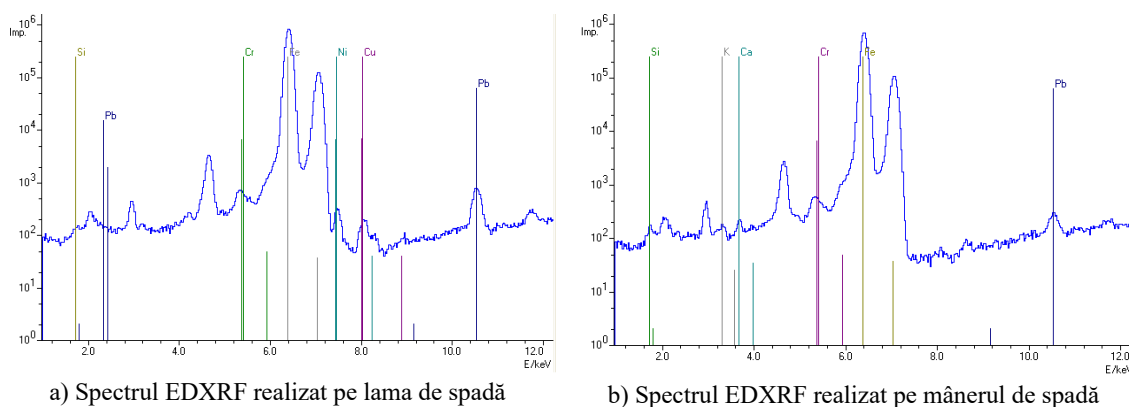


Fig.IV.26 Spectre EDXRF pe fragmente de spadă

Cantitatea foarte mare de fier identificată în probele analizate nu reprezintă o surpriză, deoarece acest lucru a fost deja întâlnit în cazul obiectelor de fier realizate și descoperite în mediul dacic, cu precădere în zona metalurgică de la Sarmizegetusa Regia, acolo unde acestea ajungeau la aceeași valoare ca și în cazul spadei de la Buridava. Practic, armele și unelte de la Sarmizegetusa Regia, acolo unde celelalte elemente însumate (în afară de Fe) reprezentau 2% din total [Iar. 97, p. 92].

IV.4.4 Concluzii privind caracterizarea lamei și mânerului de spadă

Spada este fragmentară, din ea mai păstrându-se doar o bucată de lamă și mânerul, arma fiind ruptă intenționat încă din vechime. Analiza macrografică și microscopică a fragmentelor de spadă relevă, cel puțin în situația mânerului, faptul că acesta a suferit o ardere puternică, lucru demonstrat de zgura topită, depusă pe acesta. Spre deosebire de fragmentul de lamă, care este acoperit cu un strat consistent de produși de coroziune, mânerul se află într-o stare mai bună de conservare, iar stratul de coroziune nu este atât de profund, fapt ce se datorează calciului din oasele cu care mânerul se afla în contact direct.

De asemenea, cu ajutorul CT cu radiații X se poate observa că miezul de fier este foarte robust chiar și în prezent, penetrarea virtuală a întregii lame arătând că miezul masiv nu conține nici un fel de imperfecțiuni, fapt ce presupune o martelare temeinică și un nivel ridicat de cunoștințe al meșterului care a creat lama.

Caracterizată în premieră cu ajutorul EDXRF, analiza lamei de spadă a relevat că acesată cantitate foarte mare de fier identificată în probele analizate nu reprezintă o surpriză, deoarece acest lucru a fost deja întâlnit în cazul obiectelor de fier realizate și descoperite în mediul dacic, cu precădere în zona metalurgică de la Sarmizegetusa Regia, acolo unde acestea ajungeau la aceeași valoare ca și în cazul spadei de la Buridava, respectiv 98% Fe [Iar. 97, p. 92].

IV.5 Teaca de *sica*

IV.5.1 Caracterizarea macroscopică

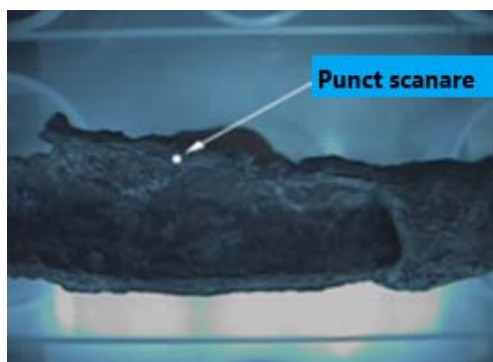
Din analiza macroscopică se poate observa că aceasta prezintă urme puternice de arsură, fiind corodată pe toată suprafața, aproximativ jumătate din partea longitudinală superioară fiind lipsă. Piesa a fost restaurată, iar în urma îndepărtării unui strat de coroziune s-a putut observa imprimat un model ce pare a reprezenta țesătura unui material textil.

IV.5.2. Scanarea cu radiații X cu ajutorul computerului tomograf

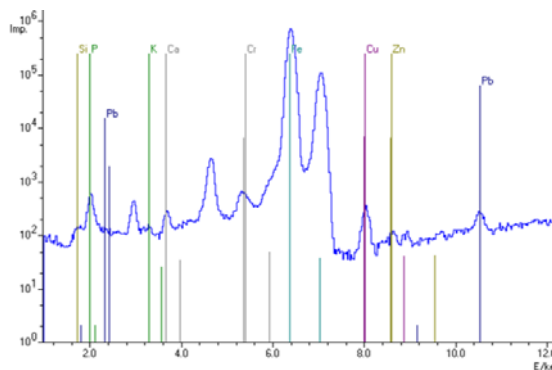
Din dorința de a obține date noi, având în vedere faptul că teaca avea urme puternice de arsură și coroziune, s-a procedat la scanarea acesteia cu ajutorul computerului tomograf cu radiații X. Motivul principal a constat în faptul că în literatura de specialitate, în situația tecilor de *sica* păstrate într-o stare mai bună de conservare, este consemnat faptul că, în cea mai mare parte a lor, acestea sunt prevăzute cu decoruri.

IV.5.3 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X

Pentru determinarea elementelor tecii, care poate oferi informații despre procesul de elaborare a materialului, s-a efectuat un punct de scanare (fig.IV.34 a) în secțiunea foii de tablă din care a fost realizată teaca, fără a interveni asupra suprafeței secțiunii prin polizare. Spectrul EDXRF obținut este reprezentat în fig. IV. 34 b) și pune în evidență prezența elementelor: Si, P, Pb, Ca, Cr, Fe, Cu și Zn.



a) imaginea probei și poziția punctului de scanare



b) spectrul EDXRF obținut pe teaca de sică

Fig.IV.34 Analiza EDXRF fragment teacă

Fierul, fiind elementul majoritar, se încadrează perfect în contextul metalurgiei dacice.

În privința elementelor minoritare, existența acestora poate fi explicată, în situația Ca și P, acestea puteau să provină din mediul natural în care a fost depozitat fragmentul de teacă. Practic, în mormânt, alături de piesele de inventar ale defunctului, au fost identificate și urme de cenușă, cărbune, dar și fragmente de oase calcinate. În privința celorlalte elemente minoritare, Si, Cr, Cu, Zn, Pb, acestea provin fie din sol, respectiv minereu, fie din procesul metalurgic.

IV.5.4 Caracterizarea tecii de *sica* prin microscopia electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopia de radiații X cu dispersie după energie

Cu SEM s-a putut analiza proba în suprafață, totodată putându-se măsura grosimea foii de tablă din care a fost realizat vârful de teacă.

Analiza spectrelor EDS confirmă prezența elementelor: O, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ti, Fe, Zn, conform fig.IV.37.

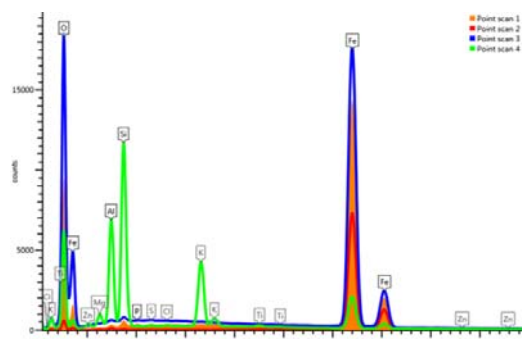


Fig. IV. 37 Analiza EDS calitativă cu suprapunerea celor 4 puncte de scanare

Din analiza EDS cantitativă, se poate observa faptul că elementul majoritar este reprezentat de Fe. Valoarea acestuia diferă în funcție de zona punctelor de scanare. În privința elementelor minoritare reprezentate de Mg, P, S, Cl, K, Ti și Zn, este de remarcat faptul că acestea apar în câte un singur punct de scanare.

IV.5.5 Concluzii privind caracterizarea fragmentului de teacă de sică

Analiza macroscopică a buterolei a pus în evidență faptul că aceasta prezenta urme de ardere, deci piesa a fost depusă alături de persoana incinerată pe rugul funerar. De asemenea, fisura longitudinală observată pe fragmentul de teacă pare să indice faptul că aceasta s-a produs datorită temperaturii ridicate din timpul incinerăției care a condus la dilatarea materialului.

În urma scanării CT cu radiații X, în ceea ce privește teaca de sică s-a putut observa că aceasta era prevăzută cu o serie de modele circulare incizate și excizate în foaia de tablă din fier. Pentru acest tip de model, s-au putut identifica câteva analogii, însă modelul surprins cu ajutorul scanării cu radiații X a pus în evidență existența unor decoruri ce par a fi mai complexe.

EDXRF pune în evidență faptul că fierul este regăsit în procentaj foarte mare de 96,77%, acesta fiind însoțit de elemente minoritare precum Si, P, Ca, Cu, Zn, Pb din rândul cărora se poate observa că P deține la rândul lui cea mai mare pondere de peste 1,475%. Provenința P, dar și a celorlalte elemente minoritare (Mg, S, Cl, Ti, Zn, Pb) are legătură atât cu procesul tehnologic de elaborare a armei în atelier, dar în mod special cu solul în care aceasta a fost depusă. Existența Ca alături de P poate să reprezinte un indiciu privind prezența în trecut a unui material organic (posibil oase).

SEM-EDS determină modul în care elementele chimice sunt dispuse. Interesant este faptul că P a fost localizat spre exteriorul materialului împreună cu stratul de oxid, ceea ce conduce la ideea că acesta provine mai degrabă dintr-un material organic aflat în apropierea tecii decât din procesul tehnologic (oase).

IV.6 Cămașa de zale

IV.6.1 Caracterizarea macroscopică

După curățarea probelor, s-a putut proceda la analiza macrografică a unui număr de trei zale cu ajutorul stereomicroscopului la o mărire de 10x, cu precizarea că au fost analizate separat cele două tipuri de zale, zalele întregi, respectiv zalele cu nit.

IV.6.2 Scanarea cu radiații X cu ajutorul computerului tomograf

Cămașa de zale de la Buridava a fost descoperită în stare fragmentară atât sub forma unor zale individuale, rupte sau întregi, cât mai ales sub formă de mănunchiuri oxidate și înglobate în sol. Mai ales pentru acest din urmă caz, având în vedere că exista riscul ca zalele înglobate în sol să fie oxidate în totalitate, s-a procedat la scanarea acestora cu ajutorul computerului tomograf cu radiații X.

IV.6.3 Caracterizarea prin microscopie optică

Pentru caracterizarea metalografică a zalelor, ca parte a echipamentului militar descoperit la Buridava și pentru a proteja zalele păstrate într-o stare mai bună de conservare, probele au fost selectate din rândul zalelor fragmentare.

După înglobare s-a procedat la șlefuirea cu hârtie abrazivă, după care probele au fost atacate chimic cu Nital 3%, timp de 2,5 secunde.

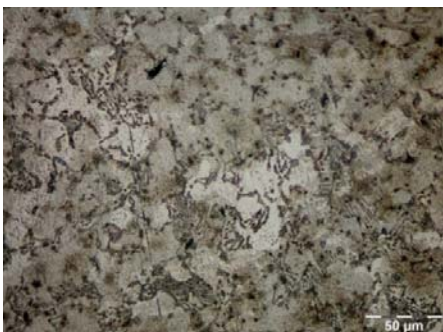


Fig.IV.46 Metalografie zale Buridava (M: 500 X)

Deși în alte situații privind caracterizarea unor cămăși de zale antice, analizele metalografice au putut chiar să arate modul în care acestea au fost realizate, mai ales în cazul celor realizate prin decuparea foilor de tablă [Sco. 19, p. 102], din păcate, în cazul de față, acest lucru nu s-a putut realiza în special din cauza coroziunii puternice a zalelor analizate.

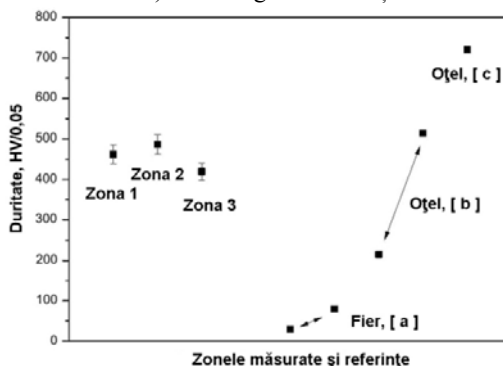
IV.6.4 Determinarea durității

Valoarea microdurității a fost evaluată în urma a cel puțin 3 măsurători și apoi mediată. A fost folosit un vârf de piramidă de diamant având 136° între fețele opuse.

Probele au fost integrate într-o rășină specială și apoi lustruite. Două probe au fost poziționate vertical și (zona 1 și zona 3) și alta (zona 2) a fost paralelă cu suprafața (fig.IV.47 a).



a) Proba înglobată în rășină



b) Duritatea probelor analizate comparativ cu cele din literatură

Fig.IV.47 Microduritate cămașă de zale, Buridava, [Gal.04], [Jia.21], [Su.21]

Materialul din care au fost realizate zalele corespunde ca duritate oțelului.

IV.6.5 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X

Pentru a determina compoziția elementelor cămășii de zale, s-au efectuat două puncte de scanare, un punct fiind aplicat pe partea exterioară a zalei, iar cel de-al doilea direct în secțiune, pentru care au fost generate spectrele EDXRF reprezentate în fig.IV.49.

Din analiza EDXRF realizată în secțiunea zalei, cu o ușoară scădere față de secțiunea în plan, Fe este elementul majoritar, în timp ce elementelor minoritare reprezentate de: Al, Si, P, Ca, Ti, Cr, Mn, Co și Ni întâlnite și în punctul de scanare plan li se adaugă în această situație și S, Pb și Cu.

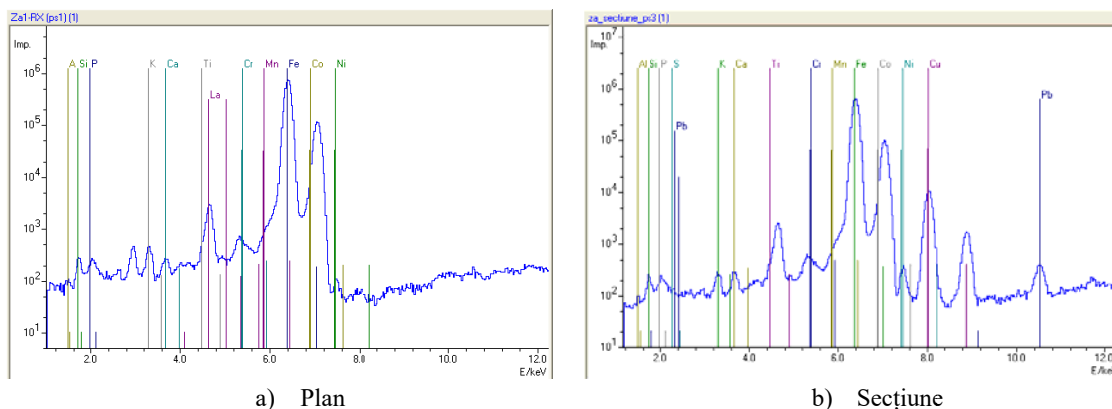


Fig.IV.49 Spectrele EDXRF realizate pe zale

IV.6.6 Caracterizarea microstructurală prin difracție de radiații X

În urma caracterizării probei realizată pe o za înglobată în rășină conductoare au rezultat elementele calitative reprezentate în fig.IV.50.

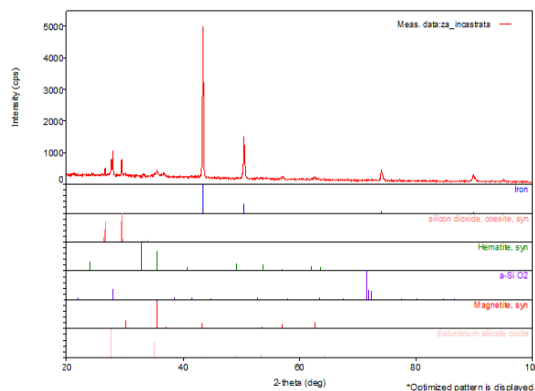


Fig.IV.50 Spectru XRD realizat pe za

Din analiza spectrelor XRD se remarcă următoarele faze: Fe, SiO₂, Fe₂O₃, Fe₃O₄, Al₂(Si O₄)O, identificate cu baza de date ICDD (PDF-4+). Se poate preciza că o serie dintre ele au fost observate și confirmate ulterior prin XRD. Este cazul magnetitei confirmată după ce în prealabil, în timpul manipulării zalelor cu ajutorul pensetei, acestea au prezentat proprietăți magnetice.

IV.6.7 Caracterizarea prin microscopie electronică de baleiaj cuplată cu spectroscopia de radiații X cu dispersie după energie

Analiza spectrelor EDS confirmă prezența elementelor: C, O, Al, Si, P, S, Ca, Fe și Cu, conform fig.IV.53.

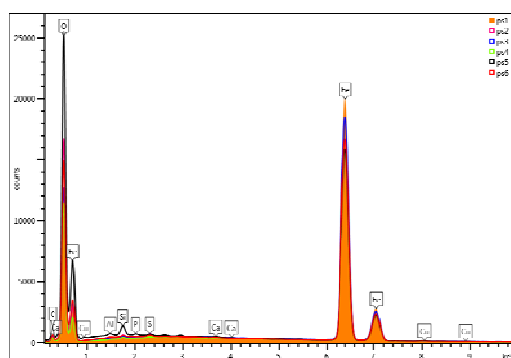


Fig. IV. 53 Analiza EDS calitativă cu suprapunerea celor 6 puncte de scanare

Se poate observa faptul că Fe reprezintă elementul majoritar pentru toate cele șase puncte de scanare. Acesta este urmat de O, celelalte elemente precum C, Al, Si, P, S, Ca și Cu fiind elemente minoritare.

IV.6.8 Concluzii privind caracterizarea cămășii de zale

Analiza macroscopică a fost determinantă în stabilirea tipului de cămașă cu zale, respectiv cămașă cu zale nituite. S-a putut constata că avem de-a face cu două tipuri de zale: zale compacte, de formă cilindrică și zale cu nit.

Comportarea duriții a fost comparată cu materialul pur fier și oțel. Se poate observa că duriția materialului studiat este mai mare decât cea a fierului pur și se încadrează în gama oțelurilor moderne, ceea ce sugerează că ceva carbon a fost încorporat cu succes în foile de fier foarte subțiri utilizate pentru obținerea armurii.

Din EDXRF conform celor două spectre din fig.IV.49 se poate observa faptul că zalele sunt realizate dintr-un aliaj extrem de complex ce conține foarte multe elemente, majoritar fiind Fe.

XRD evidențiază alături de Fe și SiO_2 , hematită (Fe_2O_3), magnetită (Fe_3O_4) și $\text{Al}_2(\text{SiO}_4)\text{O}$.

IV.7 Spada de tip sarmatic

IV.7.1 Caracterizarea macroscopică

Spada, deși este întreagă, prezintă o ușoară curbura în zona mediană a lamei. Aceasta este înglobată într-un strat gros de produși de coroziune amestecați cu sol și posibile urme de lemn. Pe alocuri, lama prezintă urme de exfoliere pe suprafețe mari, iar garda, pe una dintre laturi, este corodată aproape în totalitate.

IV.7.2 Scanarea cu radiații X cu ajutorul computerului tomograf

În acest caz, având în vedere dimensiunea armei, s-a procedat la scanarea acesteia în trei etape, pentru a se putea acoperi întreaga lungime. Singurele elemente dispartate ale spadei păstrate sunt reprezentate de către gardă și inelul cu rol de opritor.

Lucrurile sunt și mai clare în situația inelului (*anou*) deoarece aici se observă și mai clar că orificiul creat pentru străpungerea mânerului este mai larg decât tija acestuia.

IV.7.3 Caracterizarea prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X

Analiza EDXRF cantitativă s-a realizat prin efectuarea unui punct de scanare pe lamă, după ce în prealabil, în zona respectivă au fost înlăturați produșii de coroziune. Rezultatul analizei este prezentat în tabelul nr.IV.24.

Tabelul nr.IV.24 Analiza EDXRF cantitativă pentru principalele elemente ale lamei de spadă

Element	Ti	Fe
Procente masice [%]	0,173	99,83
Deviație standard +/- %	0,024	0,230

VI.7.4 Concluzii privind caracterizării spadei de tip sarmatic

Analiza macroscopică, pe lângă starea de conservare a spadei, a relevat faptul că aceasta este ușor curbată în zona mediană a lamei.

Cu ajutorul analizei CT cu radiații X nu s-au putut identifica urme de sudură a gardei. Cel mai probabil, garda a fost realizată dintr-o singură bucată de fier care apoi a fost decupată sub forma mânerului.

EDXRF confirmă faptul că arma este realizată dintr-un fier cu o foarte mare puritate.

Același tip de analiză aduce date importante cu privire la materialul din care sunt realizate inserțiile. Având în vedere că spada analizată nu era restaurată, ea fiind acoperită cu un strat consistent de produși de coroziune și datorită importanței deosebite a acesteia, pe primul loc s-a aflat integritatea ei, pătrunderea prin stratul de agenți corozivi în vederea aflării elementelor cantitative și calitative, s-a putut face cu ajutorul XRF-ului mobil.

V. CONTRIBUȚII PRIVIND METALURGIA FIERULUI PENTRU MATERIALELE ARHEOLOGICE DE ECHIPAMENT MILITAR

V.1 Descoperiri arheologice privind metalurgia fierului în situl antic Buridava

Lupe și bucăți de zgură de fier au fost descoperite în nenumărate rânduri, una dintre lupele respective păstrând pe o parte urme de daltă, iar pe partea cealaltă prezentând urme de cărbune [Ber. 81, p. 36, 152].

Întrucât nici una dintre vechile analize efectuate pe zguri de fier la Buridava nu s-au păstrat și nici nu au fost publicate corespunzător, în anul 2020, atunci când a fost descoperită o bucată relativ mică de zgură, de doar 63 g, pentru a se identifica elementele chimice componente, proba a fost analizată prin spectrometrie de fluorescență cu radiații X (fig.V.3).

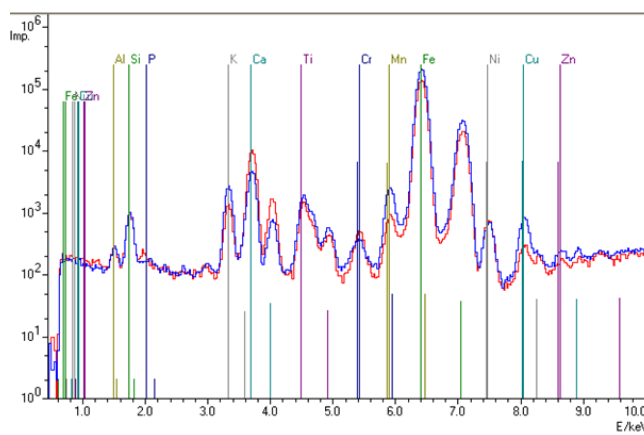


Fig.V.3 Spectrele EDXRF pentru cele două puncte de scanare efectuate pe probă

V.2 Tehnologia de obținere și prelucrare a pieselor de echipament militar Buridava

În cazul vârfului de săgeată, dacă despicarea barei de fier se putea face la cald cu ajutorul dălții, finisarea și ascuțirea aripioarelor, având în vedere dimensiunea extrem de redusă a acestora (aproximativ 2-3 mm lățime) este foarte posibil ca aceste forme să fi fost obținute cu ajutorul pilelor. În mediul dacic, în rândul uneltelor folosite de făurari, au fost descoperite pile din fier realizate din metal dur și folosite pentru înlăturarea surplusului de material [Bej. 05, p. 38].

În privința vârfului din bronz cu gaură de înmănușare cel mai probabil acesta a fost realizat prin turnare, în perioada respectivă această tehnologie fiind de mult la apogeu. Deși la Buridava nu au fost descoperite tipare pentru turnarea unor astfel de piese, totuși cercetările arheologice au condus la descoperirea unui număr semnificativ de creuzete. Nu este de neglijat nici posibilitatea ca vârful respectiv să fie realizat prin roluire și forjarea la cald a unei foi de bronz.

Din păcate, mașonul, în afară de faptul că se prezintă într-o stare de conservare extrem de proastă, reprezintă de fapt un mic fragment din ceea ce pare a fi o piesă de mari dimensiuni. Având în vedere diametrul mare al găurii de înmănușare (aproximativ 3 cm) este foarte posibil ca acesta să reprezinte tubul de înmănușare al unei lănci. Acesta a fost realizat dintr-o foaie de fier rulată la cald prin forjare. Capetele foi de fier au fost petrecute, la interior putându-se observa modul de suprapunere, cele două capete nefiind perfect sudate, ci doar suprapuse.

Lama și mânerul de spadă, păstrate ambele fragmentar, fac destul de dificilă explicarea modului în care au fost realizate atâta timp cât nu există decât două fragmente destul de mici dintr-o armă de mari dimensiuni. Cu toate acestea s-au putut trage o serie de concluzii.

Lama de spadă este foarte bine realizată, analiza cu ajutorul CT cu radiații X relevând faptul că la interior aceasta nu prezintă nici un fel de imperfecțiune. Acest lucru presupune o foarte temeinică martelare în atelier.

În privința mânerului s-a putut observa că, deși prezintă un inel (*anou*) în partea terminală, întreaga piesă este realizată dintr-o singură bară de fier, inelul nefiind adăugat separat ca în cazul altor spade. Inelul este realizat prin forjarea tijei în jurul unui obiect rotund cu acest diametru, cele două extremități nefiind perfect sudate în momentul închiderii inelului.

Deși pare foarte ingenios, modul de realizare al tecii de *sica* realizat prin proceduri de îndoire, rulare și tăiere a tablei din fier este cunoscut ca fiind efectuat în atelierele din perioada *La Tène* [Ple. 06, p. 55-58], perioadă în care se încadrează și piesa de față.

Cămașa de zale a fost realizată din două tipuri de zale diferite: zale compacte și zale cu nit. Cele două tipuri de zale nu numai că erau diferite din punct de vedere al modului de manufacturare, dar și din punct de vedere al rolului pe care îl aveau în cadrul confecționării cămășii de zale.

Zalele cu nit aveau rolul de a îmbina cămașa de zale. Astfel, fiecare patru zale compacte erau unite cu ajutorul unei zale cu nit. Din acest punct de vedere, zalele cu nit sunt mai puține decât cele compacte, ele reprezentând aproximativ a cincea parte din numărul total de zale. Modul în care acestea se închideau era foarte simplu. Acest tip de zale aveau capetele sârmei suprapuse și găurite, orificiul obținut fiind blocat cu ajutorul unui nit.

Spada de tip sarmatic, cu excepția gardei și a inelului mânerului (*anou*) este realizată dintr-o singură bucată de fier prin forjare. Atât garda, cât și inelul au fost decupate astfel încât să permită introducerea mânerului prin acestea. Dacă garda este fixată prin mâner prin introducere forțată, inelul este fixat prin țesirea capătului mânerului după ce acesta a traversat inelul, folosindu-se același procedeu ca în cazul nituirii.

V.3 Influența incinerării și a factorilor de mediu asupra compoziției și structurii pieselor de echipament militar Buridava

O problemă deosebită pe care o întâmpinăm cu cercetarea de față are loc în momentul în care încercăm să oferim date noi privind tratamentul termic. Subiectul este unul de maximă actualitate, mai ales că sunt așteptate confirmări sau infirmări ale faptului că dacii stăpâneau mai bine chiar decât celții tehnica de călire reușind să producă exclusiv prin această tehnică, ustensile de o duritate extraordinară [Iar. 97, pp.120-121].

În condiții normale, când piesele nu au fost incinerate, călirea diferențiată a pieselor ar fi putut fi observată și cu ochiul liber, așa cum s-a putut face în situația unor piese asemănătoare, în acest caz modul diferit de călire putând fi observat prin nuanțele de culoare diferită [Glo. 79, p.56].

Obiceiul arderii pe rug a defunctului împreună cu echipamentul militar, dublat de distrugerea ritualică a armelor prin rupere sau pliere în mai multe bucăți, ne pune în dificultate sau chiar în imposibilitatea de a oferi o serie de date privind tratamentele termice efectuate în urmă cu aprox. 2000 de ani, atunci când au fost realizate armele respective.

Pentru că piesele de armament se dovedește că au fost expuse unei perioade prelungite de ardere la temperaturi mari, ele au suferit și reacții de oxidare și decarburare, fapt întâlnit la ardere îndelungate și temperaturi ridicate.

Un alt efect negativ legat de modul de incinerare a defuncțiilor și a armelor lor constă în faptul că în timpul încălzirii la temperaturi ridicate timp îndelungat, grăunții de austenită cresc formând o structură grosolană, care constituie una din cauzele fragilității [Abr. 14, p. 200].

Indiferent de starea bună sau mai puțin bună de conservare în care sunt găsite piesele de armament care fac obiectul cercetării, în 100% din cazuri acestea sunt descoperite într-un stadiu mai mic sau mai profund afectate de coroziune. Din păcate, parte din aceste descoperiri sunt marcate doar prin pete de rugină în sol, obiectele respective fiind corodate în totalitate.

Caracterizarea echipamentului militar de la Buridava presupune oferirea unor răspunsuri cu privire la modul în care aceste piese erau realizate, respectiv tratamentele termice la care acestea au fost supuse, acest din urmă fapt prezintă importanță în încercarea de a stabili dacă armele călite răspund diferit la arderea pe rug față de cele care nu au primit un astfel de tratament.

Un alt pas important în determinarea factorilor de mediu cu impact în privința stării de conservare a armelor descoperite la Buridava a constat în măsurarea valorii pH-ului solului. pH-ul este o măsură care indică cât de acide sau alcaline sunt solurile sau apele și se măsoară folosind o scală de pH între 0 și 14, cu un pH acid între 0-7 și alcalin un pH între 7 și 14. pH-ul solului rezultă din interacțiunea mineralelor din sol, a ionilor în soluție și a schimburilor de cationi, însă îngrășămintele, ploaia, materia organică, textura solului și microorganismele solului sunt câțiva alți factori care afectează pH-ul solului.

VI. MODEL DE INVESTIGARE A MATERIALELOR ARHEOLOGICE DE ECHIPAMENT MILITAR

În urma desfășurării activităților stabilite în programul experimental, se propune următorul model privind cercetarea echipamentului militar.

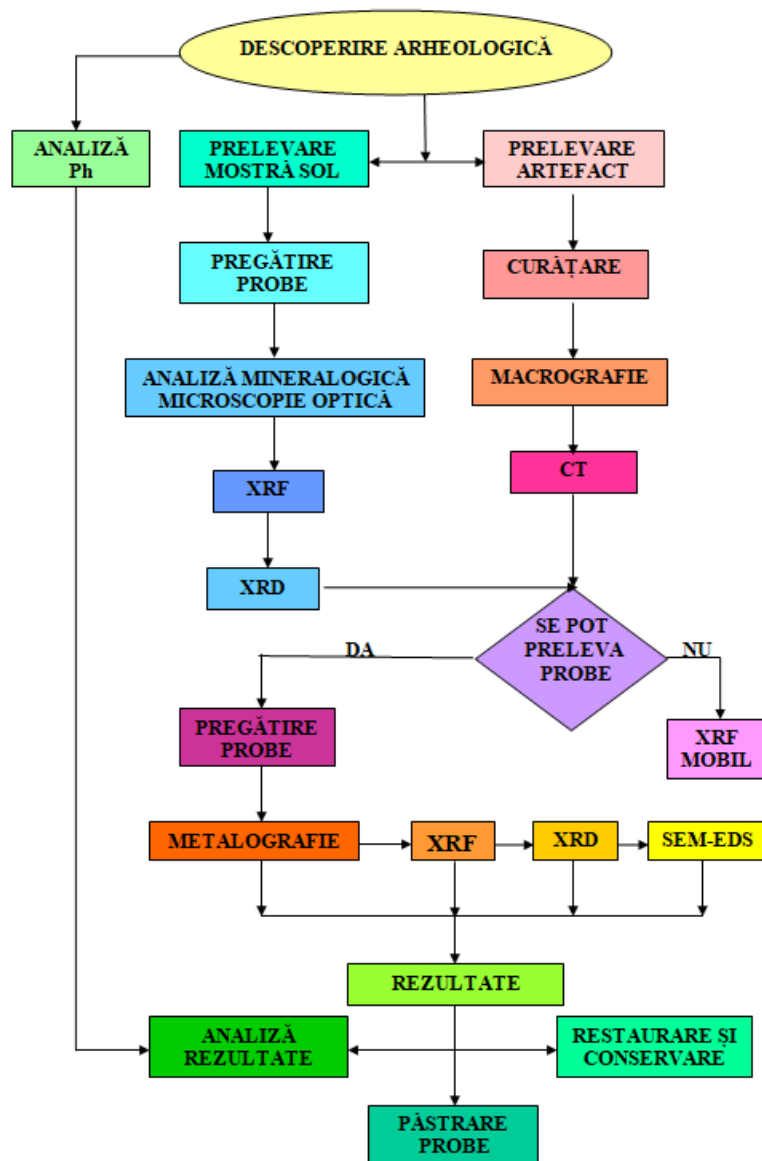


Fig.VI.1 Diagrama modelului experimental privind cercetarea echipamentului militar

În vederea stabilirii stării de conservare a armelor, prima analiză care se efectuează este cea **macroscopică**. Acest lucru este de o importanță deosebită pentru că identificarea unor zone de risc (fisuri profunde, zone corodate în profunzimea materialului, exfolieri etc.) oferă informații cu privire la modul în care piesele pot fi manipulate astfel încât să se evite deteriorarea sau chiar distrugerea acestora.

Cea de-a doua metodă care urmează cronologic după analiza macroscopică este reprezentată de **scanarea cu radiații X cu ajutorul computerului tomograf**. Este foarte important să se respecte această ordine întrucât pe primul plan se află integritatea artefactelor. Astfel, scanarea cu radiații X oferă informații nu numai cu privire la modul de realizare al obiectelor analizate, ci și cu privire la diverși factori de degradare din interiorul materialului. Practic, ce se putea observa la exterior cu ajutorul macroscopiei, se poate identifica și în structura piesei analizate sau, din contră, se poate constata că piesa se află într-o stare bună sau foarte bună de conservare și poate fi manipulată în condiții de siguranță.

Caracterizarea **metalografică** presupune realizarea mai multor etape, prima dintre acestea constând în prelevarea probei ce urmează să fie analizată. Deși este mult mai ușor să se lucreze cu probe de dimensiuni mai mari, chiar și probe mai mici de 1 mm³, pot fi pregătite în vederea înglobării și examinării, însă înainte de prelevare, pentru că există riscul ca obiectul să piardă din dimensiuni, acesta trebuie în prealabil să fie fotografiat și desenat, odată cu marcarea locului și a poziției de unde proba a fost prelevată [Sco. 91, p. 61].

Caracterizarea cu ajutorul **EDXRF** pe lângă avantajul nondistructiv al acestui tip de analiză, prezintă interes și datorită faptului că în situația prelevării probele pot avea dimensiuni reduse, respectiv > 10 mm lățime și > 2 mm grosime [Sha. 20, p. 11385].

Caracterizarea cu ajutorul **XRD** presupune analizarea probelor sub formă de pulberi sau de mici probe cu dimensiuni similare cu cele prezentate la EDXRF, prelevate atunci când starea de conservare a armelor permite acest lucru. De regulă, datorită dimensiunilor mari, armele nu pot fi analizate cu ajutorul acestei metode, cu excepția celor de mici dimensiuni, așa cum este cazul vârfurilor de săgeată, ori a zalelor, însă și în acest caz, se impune realizarea unor suporturi speciali. În cazul în care se pot preleva probe de mici dimensiuni pentru a se asigura integritatea artefactelor, este recomandată înglobarea acestora în rășină conductoare. De altfel, în situația efectuării de analize metalografice în prealabil efectuării caracterizării cu ajutorul XRD, se pot folosi probele deja înglobate.

O situație aparte este reprezentată de modul de fixare al probelor pe suport în cazul **SEM-EDS**. Având în vedere faptul că proba urmează să fie introdusă într-un orificiu vidat, este necesar ca aceasta să fie fixată, fapt ce se rezolvă prin aplicarea unui adeziv. Deoarece probele arheologice sunt în general unice, acestea urmând să fie supuse unor analize multiple, adezivul folosit trebuie să fie unul care să nu contamineze proba [Ols. 88, p. 360]. Foarte utilă în astfel de cazuri este folosirea benzilor dublu-adezive din aluminiu sau cupru deoarece o față se poate lipi de suport iar pe cealaltă față se poate fixa proba analizată [Ech. 09, p. 27], însă în situația în care proba urmează să fie analizată cu ajutorul metalografiei, atunci se recomandă înglobarea acesteia în rășină.

VII. CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI PERSPECTIVE

O primă contribuție adusă acestei cercetări constă în faptul că piesele de echipament militar analizate sunt descoperite ca urmare a cercetării echipei Universității din Pitești, personal având calitatea de membru în această echipă de cercetare, contribuția fiind adusă chiar la descoperirea pieselor.

Pentru a putea înțelege stadiul actual al cercetărilor, la debutul cercetării privind echipamentul militar, am întocmit un repertoriu privind cercetările efectuate în acest domeniu până în prezent. Studiul intitulat *Arheometalurgy and its importance in the research of the preroman Dacia military equipment in the 1st bc. – 1st ac. Centuries* a fost publicat în The Annals of „Dunărea de Jos” University of Galați, Fascicle IX, Metallurgy and Materials Science, Year XXXVIII (XLIII), March 2020, no.1, Galați, pp. 5-14. Ca urmare a acestei analize bibliografice efectuate, am constatat că până la acea dată nu fuseseră niciodată efectuate caracterizări detaliate ale unor piese de armament dacice.

Întrucât armele descoperite se aflau în diferite stări de degradare, pentru a explica felul în care starea de conservare a acestora a evoluat de-a lungul a aproximativ două milenii, a fost publicat de către colectivul format din: Udrescu Ovidiu Vasile, Plăiașu Gabriela Adriana, Bărbulescu Constantin Augustus, Ducu Marian Cătălin, Moga Sorin Georgian și Negrea Denis Aurelian, studiul: *Corrosion of some military equipment and utensils discovered in the ancient site of Buridava*, 2021 13th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), 2021, pp. 1-6.

De asemenea, descoperirea unei bucăți de zgură rezultată din activitatea metalurgică a făcut obiectul unui material publicat de către Constantin Augustus Bărbulescu, Ovidiu Vasile Udrescu, Laurențiu Mecu, Alexandru Iulius Nălbitoru, Denis Aurelian Negrea sub titlul: *Cercetări arheologice interdisciplinare la Buridava. Campania 2020*, în „Miscellanea Historica et Archaeologica in Memoriam Dumitru Berciu”, editori Constantin Augustus Bărbulescu, Costin Croitoru, Ovidiu Vasile Udrescu, Editura Istros a Muzeului Brăilei „Carol I”, Brăila - Râmnicu Vâlcea, 2020, pp. 93-105.

Cu ocazia analizării tecii de *sica* a fost identificat materialul din care aceasta a fost realizată, dar și tehnologia de elaborare a acestei piese de echipament militar. Mai mult decât atât, cu ajutorul CT cu radiații X s-a putut observa faptul că fragmentul respectiv de teacă era prevăzut cu o serie de decorațiuni care au putut fi desenate și reconstituite grafic. Întreaga cercetare a fost validată prin publicare de către colectivul format din: Ovidiu Vasile Udrescu, Denis Aurelian Negrea, Constantin Augustus Bărbulescu, Adriana Gabriela Șchiopu, Marian Cătălin Ducu, Sorin Georgian Moga, sub titlul: *The structural, morphological and elemental characterization of a sica scabbard discovered at Buridava*, în Journal of Science and Arts, Volume 23, Issue 1, pp. 251-262, 2023.

Încă de la începutul cercetării, în anul 2019, în cadrul proiectelor de cercetare internă ale UPIT, a fost depus și finanțat proiectul de cercetare EchiBur: *Cercetări interdisciplinare utilizate pentru caracterizarea echipamentului militar dacic din situl antic Buridava*.

Având în vedere experiența acumulată pornind de la descoperirea pieselor de echipament militar pe șantierul arheologic și până la prelevarea în vederea analizării probelor în laborator, o contribuție aparte o reprezintă realizarea modelului de investigare a materialelor arheologice de echipament militar. Acest protocol are în vedere asigurarea unor condiții optime pentru artefacte, cât și obținerea de rezultate folosind metode non-invasive pe cât posibil.

Contribuții noi au putut fi aduse ca urmare a caracterizării unor echipamente militare, așa cum este cazul celor prezentate în continuare.

Analiza **vârfului de săgeată** cu trei muchii și propunerea modului concret de realizare a acesteia a pus reale probleme unor meșteri făurari cu ajutorul cărora am încercat să reconstitui vârful de săgeată respectiv, problema principală fiind pusă de dimensiunile extrem de reduse ale acesteia. Acest fapt indică nivelul de cunoștințe avansat al meșterilor de acum două milenii.

Această direcție de cercetare trebuie continuată nu numai pentru a răspunde la modul în care aceste vârfuri de săgeți erau realizate, ci o dată cu realizarea lor, cea mai importantă nelămurire la care trebuie oferit un răspuns este legată de scopul pentru care acestea erau confecționate, respectiv război sau vânătoare, fapt ce poate fi demonstrat doar cu ajutorul testelor balistice.

Așa cum s-a putut observa, săgeata cu trei muchii din fier necesita un proces extrem de complex și de elaborat pentru realizare față de operațiunea de turnare a unui vârf de bronz cu o formă geometrică simplă, aceea de con. Al doilea argument care contrazice această teorie este legat de multitudinea de vârfuri de săgeată din fier descoperite în ultima perioadă a epocii fierului, respectiv *La Tène*.

În privința **vârfului cu gaură de înmănușare**, caracterizările efectuate asupra materialului indică o foarte mare probabilitate a originii locale ale acestuia. Continuarea cercetărilor privind acest obiect relativ atipic este necesară pentru lămurirea cu exactitate a scopului pentru care acest tip de obiect a fost creat. Cel puțin, așa cum am arătat și în subcapitolul IV.2.4 este corectată (cel puțin pentru situl dacic de la Buridava, cât și pentru celelalte situri dacice în general) ipoteza potrivit căreia în această perioadă, deși toate armele erau din fier, săgețile erau realizate din bronz pentru că tehnologia de turnare era mai avansată, iar săgețile din bronz erau mai bine realizate decât cele din fier.

Datele obținute din caracterizarea **manșonului** prezintă o reală importanță în ceea ce privește modul în care războinicii daci erau arși, dar și temperatura minimă ce putea fi obținută pe rugul funerar. Astfel, faptul că pe manșonul de Fe s-au găsit un număr însemnat de zone cu bronz topit denotă faptul că defunctul era așezat pe rug împreună cu diverse obiecte, arme, podoabe etc.

Totodată, faptul că obiectele din bronz au fost topite, dar nu și cele din fier ne indică faptul că, cel puțin în privința incinerării acestui personaj, s-a atins temperatura de minim 1085°C necesară topirii Cu (elementul de aliere cu cel mai mare punct de topire al aliajului de bronz), dar nu se putea atinge temperatura de 1538°C (temperatura de topire a Fe). Pornind de la aceste date se pot face o serie de experimente privind incinerarea. Astfel, dacă acum se cunoaște temperatura estimativă necesară cremației, nu se cunoaște însă timpul necesar pentru obținerea acestui rezultat.

Referitor la fragmentele de **lamă și mâner de spadă** descoperite în anul 2017, acestea au făcut obiectul unui studiu detaliat, avându-i ca autori pe: Ovidiu Vasile Udrescu, Adriana Gabriela Plaiasu, Constantin Augustus Barbulescu, Marian Catalin Ducu, Sorin Georgian Moga, Denis Aurelian Negrea, publicat sub numele: *Analysis of archaeological sword materials from Buridava site*, in *Journal of Science and Arts*, Volume 22, Issue 2, pp. 483-496, 2022.

Analiza CT cu radiații X aduce o serie de date noi cu privire la care până în prezent specialiștii în domeniu nu s-au pronunțat. În primul rând este vorba de faptul că fragmentul de lamă de spadă este neterminat, ceea ce probabil are legătură cu obiceiurile și credința oamenilor de atunci. Deși am fi tentați să credem că fragmentul respectiv poate constitui un lingou, totuși se constată că acesta este prelucrat, având muchiile create și fiind lipsit doar de operațiunea finală de ascuțire, iar faptul că mânerul era terminat elimină această supoziție.

Analiza CT cu radiații X efectuată asupra lamei de spadă relevă faptul că Fe folosit a fost temeinic forjat pe întreaga suprafață neafectată de coroziune, neputând fi identificate nici un fel de imperfecțiuni.

De asemenea, studierea mânerului și dovedirea că elemente precum Ca provin din oasele depuse împreună cu el deschide noi orizonturi de cercetare. În cele mai multe cazuri, mai ales în situația incinerării, din resturile funerare provenite de la corpul uman, având în vedere că acesta e reprezentat de material organic, de cele mai multe ori nu rămâne nici un fel de urmă, ci doar bunuri neperisabile (arme, unelte, podoabe etc.) atunci când acestea sunt depuse în morminte. În multe dintre situații descoperirea doar a unor obiecte fără resturi de oseminte sau cenușă conduce la interpretarea greșită a rolului descoperirilor respective. Ori, așa cum am arătat în cazul de față, caracterizarea obiectelor poate să aducă date privind caracterul funerar, chiar dacă descoperirea nu indică acest aspect la prima vedere.

Teaca de sica a preusupus ample cercetări concretizate în publicarea alături de colectivul format din: Ovidiu Vasile Udrescu, Denis Aurelian Negrea, Constantin Augustus Barbulescu, Adriana Gabriela Schiopu, Marian Cătălin Ducu, Sorin Georgian Moga, a articolului denumit: *The structural, morphological and elemental characterization of a sica scabbard discovered at Buridava*, în *Journal of Science and Arts*, Volume 23, Issue 1, pp. 251-262, 2023.

Analiza experimentală a fragmentului de teacă din fier a reprezentat o necesitate având în vedere că în literatura de specialitate nu am putut identifica vreo analiză detaliată a unei teci de *sica* realizată din fier. În general, atenția specialiștilor a fost atrasă de studierea tecilor de spade care sunt mult mai mari și erau considerate, pe nedrept, mult mai spectaculoase. Așa cum am văzut în cazul de față și tecile de *sica*, cu toate că au dimensiuni mult mai reduse, prezintă decoruri și elemente din cele mai variate.

Analiza fragmentului de teacă descoperit la Buridava în anul 2019 deschide noi orizonturi privind înțelegerea procesului tehnologic prin care acest tip de obiecte au fost realizate. Până în prezent nici un astfel de obiect nu a fost supus unor caracterizări atât de detaliate, ocazie cu care s-a putut observa că fragmentul de teacă analizat este unic în actualul stadiu al descoperirilor. În general, tecile de *sica* din fier sunt realizate dintr-o foaie subțire ușor maleabilă, pe când fragmentul de la Buridava este făurit dintr-o foaie masivă de fier a cărei confecționare necesită cunoștințe avansate ale meșterilor făurari.

De asemenea, faptul că modelele decorative realizate în bronz, aliaj ușor de prelucrat au fost descoperite și pe teaca din fier de la Buridava confirmă din nou că meșterii aveau un nivel mai avansat al cunoștințelor decât cel promovat în bibliografia de specialitate.

În privința **cămășii de zale** trebuie precizat că investigațiile efectuate au condus în final la o serie de răspunsuri privind modul în care aceasta a fost realizată. Dacă inițial nu au fost identificate decât zale compacte care nu ofereau indicii privind modul de realizare a „țesăturii”, caracterizarea cu ajutorul CT cu radiații X, a condus la identificarea zalelor cu nit, cele cu care erau legate zalele compacte. Cu această ocazie, s-a putut constata faptul că cele două tipuri de zale au și dimensiuni ușor diferite, ceea ce presupune și un mod diferit de realizare al acestora.

Rezultatele obținute privind posibila formă de scriere realizată pe inelul mânerului **spadei de tip sarmatic** impun continuarea cercetărilor în vederea încercării de a identifica și alte arme similare. Acest lucru se impune cu atât mai mult cu cât sarmații au locuit vaste teritorii aflate în afara granițelor României de astăzi. În acest caz, datele obținute prin caracterizarea cu ajutorul CT cu radiații X pot fi de un real folos cercetătorilor din străinătate.

Având în vedere faptul că tema studiată este una inedită în România, continuarea acestei teme de cercetare nu numai că este solicitată de către deținătorii de piese de echipament militar dacic, sute de astfel de piese fiind descoperite și neinvestigate în mai toate instituțiile muzeale, dar totodată procedurile de investigare realizate și metodele aplicate pot deveni materii de studiu.

LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE

Articole indexate ISI

1. **Udrescu Ovidiu Vasile**, Negrea Denis Aurelian, Bărbulescu Constantin Augustus, Șchiopu Adriana Gabriela, Ducu Marian Cătălin, Moga Sorin Georgian, *The structural, morphological and elemental characterization of a sica scabbard discovered at Buridava*, in Journal of Science and Arts, Volume 23, Issue 1, pp. 251-262, 2023, Manuscript received: 09.01.2023; Accepted paper: 25.02.2023; Published online: 30.03.2023 <https://doi.org/10.46939/J.Sci.Arts-23.1-b03>
2. **Udrescu Ovidiu Vasile**, Plăiașu Adriana Gabriela, Bărbulescu Constantin Augustus, Ducu Marian Catalin, Moga Sorin Georgian, Negrea Denis Aurelian, *Analysis of archaeological sword materials from Buridava site*, JOURNAL OF SCIENCE AND ARTS, Volume 22, Issue 2, pp.483-496, 2022. Manuscript received: 21.03.2022; Accepted paper: 10.06.2022; Published online: 30.06.2022, <https://doi.org/10.46939/J.Sci.Arts-22.2-b01>

Articole indexate ISI Proceedings

1. **Udrescu Ovidiu Vasile**, Plăiașu Gabriela Adriana, Bărbulescu Constantin Augustus, Ducu Marian Cătălin, Moga Sorin Georgian și Negrea Denis Aurelian, *Corrosion of some military equipment and utensils discovered in the ancient site of Buridava*, 2021 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONICS, COMPUTERS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE (ECAI), 2021, pp. 1-6, doi: [10.1109/ECAI52376.2021.9515186](https://doi.org/10.1109/ECAI52376.2021.9515186)

Articole indexate în baze de date internaționale

1. Udrescu Vasile Ovidiu, *Arheometalurgy and its importance in the research of the preroman Dacia military equipment in the 1st bc. – 1st ac. Centuries*, THE ANNALS OF „DUNAREA DE JOS” University of Galati, Fascicle IX, Metallurgy and Materials Science, Year XXXVIII (XLIII), March 2020, no.1, Galati, pp. 5-14, ISSN 2668; e-ISSN 2668-4756, <https://doi.org/10.35219/mms.2020.1.01>

Lucrări publicate în domenii conexe tezei de doctorat

1. Constantin Augustus Bărbulescu, **Ovidiu Vasile Udrescu**, *Arheologul Dumitru Berciu - o viață în câteva imagini*, în „Miscellanea Historica et Archaeologica in Memoriam Dumitru Berciu”, editori Constantin Augustus Bărbulescu, Costin Croitoru, Ovidiu Vasile Udrescu, Editura Istros a Muzeului Brăilei „Carol I”, Brăila - Râmnicu Vâlcea, 2020, pp. 47-57, ISBN 978-606-654-414-6
2. Constantin Augustus Bărbulescu, **Ovidiu Vasile Udrescu**, Laurențiu Mecu, Alexandru Iulius Nălbitoru, *Date noi despre Buridava. Însemnări inedite din jurnalul lui Dumitru Berciu*, în „Miscellanea Historica et Archaeologica in Memoriam Dumitru Berciu”, editori Constantin Augustus Bărbulescu, Costin Croitoru, Ovidiu Vasile Udrescu, Editura Istros a Muzeului Brăilei „Carol I”, Brăila - Râmnicu Vâlcea, 2020, pp. 67-92, ISBN 978-606-654-414-6
3. Constantin Augustus Bărbulescu, **Ovidiu Vasile Udrescu**, Laurențiu Mecu, Alexandru Iulius Nălbitoru, Denis Aurelian Negrea, *Cercetări arheologice interdisciplinare la Buridava. Campania 2020*, în „Miscellanea Historica et Archaeologica in Memoriam Dumitru Berciu”, editori Constantin Augustus Bărbulescu, Costin Croitoru, Ovidiu Vasile Udrescu, Editura Istros a Muzeului Brăilei „Carol I”, Brăila - Râmnicu Vâlcea, 2020, pp. 93-105, ISBN 978-606-654-414-6
4. Constantin Bărbulescu, George Cristian Curcă, Mariana Roșu, Ioana Porosnicu, Bogdan I. Bită, Ion Tiseanu, **Ovidiu Vasile Udrescu**, *An anthropological-multidisciplinary analysis of the cinerary remains discovered at Ocnîța – Buridava*, in „Journal of Ancient History and Archaeology”, No. 9, issue 4, 2022, pp. 149-192, DOI: 10.14795/j.v9i4.814
5. Constantin Augustus Bărbulescu, Sorin Ilie Cociș, Iulius Alexandru Nălbitoru, Stan – Laurențiu Mecu, Claudiu Aurel Tulugea, Ion Tuțulescu, **Vasile Ovidiu Udrescu**, Ioan Andi Pițigoi, Corneliu Beldiman, Mihai Dan Constantinescu, *Cronica cercetărilor arheologice din România. Campania 2020, Ocnîța, jud.*

- Vâlcea, Punct: situl dacic Buridava - Dealul Cosota*, a LV-a sesiune națională de rapoarte arheologice - 29 - 31 octombrie 2021, Institutul Național al Patrimoniului, pp. 211-218, ISSN 2343 – 919X
6. Constantin Augustus Bărbulescu, Sorin Ilie Cociș, **Ovidiu Udrescu**, Iulius Alexandru Nălbitoru, Stan – Laurențiu Mecu, Claudiu Aurel Tulugea, Ion Tuțulescu, Ioan Andi Pițigoi, *Cronica cercetărilor arheologice din România. Campania 2021, Ocnița, orașul Ocnele Mari, jud. Vâlcea, Buridava, Punct: Dealul Cosota, Terasa VIII*, a LVI-a sesiune națională de rapoarte arheologice – 26-28 mai 2022, Oradea, Institutul Național al Patrimoniului, pp. 278-282, ISSN 2343 – 919X

BIBLIOGRAFIE

- [Abr. 14] **ABRUDEANU**, Mărioara, **PLĂIAȘU**, Adriana Gabriela, **DICU**, Maria Magdalena, 2014, *Materiale. Compoziție, microstructură, proprietăți*, Editura Paralela 45, Pitești
- [And. 79] **ANDREESCU**, Gheorghe, *Câteva vârfuri de săgeți geto-dacice descoperite la Ocnîța, județul Vâlcea*, în „Buridava”, 3, Râmnicu Vâlcea, 1979, pp. 11-15
- [Ang. 04] **ANGELESCU**, Mircea, 2004, *Standarde și proceduri în arheologie*, Institutul Național al Monumentelor Istorice, București
- [Ang. 12] **ANGHEL**, Dan, *Modalități de restaurare utilizate pentru salvarea unor piese arheologice din metal*, în „Terra Sebus. Acta Musei Sabesiensis”, nr. 4, 2012, pp. 431-499
- [Ant. 01] **ANTHONY**, John W. , **BIDEAUX**, Richard A. , **BLADH**, Kenneth W. , **NICHOLS**, Monte C. , *Handbook of Mineralogy*, Mineralogical Society of America, Chantilly, VA 20151-1110, USA <http://www.handbookofmineralogy.org/>, Accesat la data de 15.02.2022
- [Bab. 87] **BABEȘ**, Mircea, *Stațiunea geto-dacă de la Cetățeni. Descoperiri și informații recuperate*, în „Studii și Cercetări de Istorie Veche și Arheologie”, 50, 1999, pp. 11-32
- [Bar. 87] **BARBASI**, L., „Din istoria metalurgiei pe teritoriul jud. Harghita”, în „Symposia Thracologica”, 5, 1987, pp. 14-15
- [Băr. 17] **BĂRBULESCU**, C. A., **COCIȘ**, S.I., **BELDIMAN**, C., **MECU**, S. L., **NĂLBITORU-MĂRĂCINE**, I. A., **ANDREI**, R., **TULUGEA**, C. A., **TUȚULESCU**, I., **TERTECI**, C.C., **RADU**, C., *Ocnîța. Oraș Ocele Mari, jud. Vâlcea. Punct: situl dacic Ocnîța-Dealul Cosota* în „Cronica Cercetărilor Arheologice din România, Campania 2016”, București, 2017, pp. 100-102
- [Băr. 19] **BĂRBULESCU**, Constantin Augustus, **ANDREI**, Robert, **BELDIMAN**, Corneliu, **COCIȘ**, Sorin Ilie, **MECU**, Laurențiu, **NĂLBITORU**, Alexandru, **TERTECI**, Carol, **TULUGEA**, Claudiu, **TUȚULESCU**, Ion, *Ocnîța, jud. Vâlcea. Punct: situl dacic de la Ocnîța, dealul Cosota, antica Buridava* în „Cronica Cercetărilor Arheologice din România. Campania 2018”, București-Sibiu, 2019, pp. 363-365
- [Băr. 20] **BĂRBULESCU**, Constantin Augustus, **UDRESCU**, Vasile Ovidiu, **MECU**, Laurențiu, **Nălbitoru**, Alexandru Iulius, **Negrea**, Denis Aurelian, *Cercetări arheologice interdisciplinare la Buridava. Campania 2020*, în „Miscellanea Historica et Archaeologica in Memoriam Dumitru Berciu”, editori Constantin Augustus Bărbulescu, Costin Croitoru, Ovidiu Vasile Udrescu, Editura Istros a Muzeului Brăilei „Carol I”, Brăila - Râmnicu Vâlcea, 2020, pp. 93-105
- [Bâr. 09] **BÂRCĂ**, Vitalie, **SYMONEENKO**, Oleksandr, 2009, *Călăreții stepelor. Sarmatii în spațiul nord-pontic*, Editura Mega, Cluj-Napoca
- [Bej. 05] **BEJAN**, Adrian, **MĂRUIA**, Liviu, 2005, *Civilizația geto-dacilor. Universul ocupațional. Meșteșugurile*, Editura Excelsior Art, Timișoara
- [Ben. 08] **BENEA**, Doina, *Metalurgia și prelucrarea fierului în Dacia*, în „Dacia în sistemul socio-economic roman. Cu privire la atelierele meșteșugărești locale”, Editura Excelsior Art, Timișoara, 2008, pp. 11-95.
- [Ber. 39] **BERCIU**, Dumitru, 1939, *Arheologia preistorică a Olteniei*, Editura Ramuri, Craiova
- [Ber. 69] **BERCIU**, Dumitru, *Carnet de săpătură*, 1969, nr. 1
- [Ber. 80] **BERCIU**, Dumitru, *Burii dacici și străvechea lor cultură (Buridava)*, în „Strămoșii poporului Român. Geto-dacii și epoca lor”, Editura politică, București, 1980, pp. 220-229
- [Ber. 81] **BERCIU**, Dumitru, 1981, *Buridava dacică*, Editura Academiei, București
- [Ber. 83] **BERCIU**, Dumitru, **IOSIFARU**, Mariana, *Săpăturile arheologice de la Ocnîța, (Jud. Vâlcea)*, în „Materiale și Cercetări Arheologice”, a XV - a sesiune anuală de rapoarte, București, 1983, pp. 226-228
- [Bon.20] **BONDOC**, Dorel, 2020, *Scuturile din Dacia*, Editura Sitech, Craiova
- [Bor. 14] **BORȘ**, Corina, 2014, *Protejarea patrimoniului arheologic din România. Despre situri și monumente arheologice din perspectivă cadrului legislativ în context european*, Editura Mega, Cluj-Napoca
- [Bis. 89] **BISH**, L., David, **REYNOLDS**, C. Robert, *Sample preparation for X-ray diffraction*, in „Modern powder diffraction. Reviews in mineralogy”, vol. 20, edited by Bish, L., David and Jeffrey E. Post, The Mineralogical Society of America, Washington, D.C., 1989, pp. 73-99
- [Bod. 01] **BODÓ**, Cristina, **FERENCZ**, Iosif Vasile, *Unelte meșteșugărești descoperite în așezarea dacică de la Fețele Albe*, în „Studii de istorie antică. Omagiu profesorului Ioan Glodariu”, Cluj Napoca, 2001, pp. 121-143
- [Bod. 04] **BODÓ**, Cristina, **FERENCZ**, Iosif Vasile, *Dacian iron tools discovered in the area of the Dacian kingdom capital*, în „Daco-Geții. 80 de ani de cercetări arheologice sistematice la cetățile dacice din munții Orăștiei”, coordonatori: Adriana Pescaru, Iosif Vasile Ferencz, Deva, 2004, pp. 297-306

- [Bon. 08] **BONDOC**, Dorel, *Discoveries from the second Iron Age from the area of Beharca, Almăj comune, Dolj county, Romania*, în „The Iron Gates region during the second Iron Age settlements, necropolis, treasures”, editori: Valeriu Sârbu, Ion Stângă, Editura Universitaria, Craiova, 2008, pp. 7-12
- [Bon. 16] **BONDOC**, Dorel, *Notă despre o spadă getică din arealul Padea-Panagjurski-Kolonii, descoperită la Corlate, județul Dolj*, în „Arheologia mileniului I p.Chr.”, vol. V, Muzeul Județean de Istorie și Arheologie Prahova, Editura Istros, Brăila, 2016, pp. 21-32
- [Bor. 13] **BORANGIC**, Cătălin, *Tarabostele de la Cetățeni*, în „Argesis”, Studii și comunicări, Seria istorie, , nr. XXII, Editura Ordesos, Pitești, 2013, pp. 17-26
- [Bor. 17] **BORANGIC**, Cătălin, **BARBU**, Marius, *Arheologie experimentală. Propuneri de reconstituire a unor teci de pumnale curbe*, in „Arheovest, nr. V, in honorem Doina Benea. Interdisciplinaritate în arheologie și istorie”, Timișoara, 25 noiembrie 2017, Jatepress Kiadó, Szeged, 2017, pp. 827-849
- [Bri. 22] Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "fayalite". *Encyclopedia Britannica*, Invalid Date, <https://www.britannica.com/science/fayalite>, accesat la data 15.02.2022
- [Bud.90] **BUDINSKÝ-KRIČKA**, Vojtech, **LAMIOVÁ-SCHMIEDLOVÁ**, Mária, *A late 1st century B.C.-2nd century A.D. Cemetery at Zemplín*, in „Slovenská Archeológia”, XXVIII-2, Bratislava, 1990, pp. 245-344
- [Buh. 82] **BUHARU**, Mihai, *Aspecte ale civilizației materiale și spirituale de la Buridava dacică*, în „Studii Vîlcene”, V, Râmnicu Vâlcea, 1982, pp. 19-24
- [Cae. 64] **CAESAR**, Caius Iulius, 1964, *Războiul gallic. Războiul civil*, note și traducere: Cicerone, Poghirce, Janina Vilan Unguru și Elisabeta Poghirce, Editura Științifică, București
- [Chi. 76] **CHIȚESCU**, Lucian, *Cercetări arheologice la Cetățeni, județul Argeș*, în „Cercetări Arheologice”, Vol. II, Muzeul de Istorie al Republicii Socialiste România, București, 1976, pp. 155-190
- [Cle. 81] **CLEERE**, Henry F., *The iron industry of Roman Britain*, 1981, <https://www.wealdeniron.org.uk/wp-content/uploads/2019/08/HCleereThesis.pdf>, accesat la data de 19.06.2021
- [Con.11] https://uefiscdi.gov.ro/userfiles/file/PN%20II_PCE_Competitia%202011/SEDINTE%20PUBLICE/prezentari/STIINTE%20SOCIALE%20SI%20ECONOMICE;%20STIINTE%20UMANISTE/PN-II-ID-PCE-2011-3-0078_Constantinescu%20Bogdan.pdf, accesat la data de 27.12.2019
- [Con. 16] **CONSTANTIN**, Roman Cristian, **VASILE**, Ioan Romulus, **TURLE**, Roxana, *Așezarea dacică de la Hunedoara în contextul extragerii metalurgiei - prelucrării fierului din munții Poiana Ruscă - Abordări metodologice - (I)*, în „Acta Musei Porolissensis”, XXXVIII, Editura Porolissum a Muzeului Județean Zalău, Zalău, 2016, pp. 243-256
- [Dac. 22] ****Dacia. Ultima frontieră a romanității*, 2022, Muzeul Național de Istorie a României, Onești
- [Dat. 22] <https://www.mindat.org/min-246.html>. Accesat la data de 14.02.2022
- <http://ran.cimec.ro/sel.asp>, accesat la 12.12.2019
- <https://www.britannica.com/science/forsterite-fayalite-series>. Accesat la data de 21.06.2021
- [Dio. 81] **DIODOR DIN SICILIA**, 1981, *Biblioteca Istorică*, traducere de Radu Hîncu și Vladimir Iliescu, , Editura Sport-Turism, București
- [Ech. 09] **ECHLIN**, Patrick, 2009, *Handbook of Sample Preparation for Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*, Cambridge Analytical Microscopy, UK, Springer, DOI: 10.1007/978-0-387-85731-2
- [Exn. 04] **EXNER**, H.E., **WEINBRUCH**, S., *Scanning Electron Microscopy*, in „*Metallography and Microstructures*”, Vol 9, *ASM Handbook*, ASM International, 2004, p. 355–367
- [Fer. 80] **FERENCZI**, Ștefan, *Sarmizegetusa Regia - puternic centru al metalurgiei dace*, în „Strămoșii poporului Român. Geto-dacii și epoca lor”, Editura politică, București, 1980, pp. 110-113
- [Flo. 04] **FLOREA**, Gelu, **SUCIU**, Daniela-Liliana, *Considerații preliminare privind cercetările arheologice de pe platoul cetății de la Grădiștea de Munte*, în „Daco – Geții. 80 de ani de cercetări arheologice sistematice la cetățile dacice din munții Orăștiei”, Coordonați: Adriana Pescaru, Iosif Vasile Ferencz, Deva, 2004, pp. 63-74
- [Flo. 09] **FLORESCU**, Aurel, **BEJINARIU**, Costică, **MOLDOVEANU**, Viorel Vasile, 2009, *Știința și ingineria materialelor. Tehnologia materialelor*, Editura Tehnopress, Iași
- [Gal. 04] **GALE**, F. William, **TOTEMEIER** C. Terry, *Mechanical properties of metals and alloys*, in „Smithells Metals Reference Book”, (Eighth Edition), Butterworth-Heinemann, 2004, Pages 22-1-22-162
- [Gar. 20] **GARRISON**, Ervan, *X-Ray Diffraction (XRD): Applications in Archaeology*, in „*Encyclopedia of Global Archaeology*”, second edition, edited by Claire Smith, Springer, Switzerland, 2020, pp. 11377-11381
- [Ger.00] **GERWIN**, Werner, **BAUMHAUER**, Roland, *Effect of soil parameters on the corrosion of archaeological metal finds*, in „Geoderma”, 96, Issue 1-2, 2000, pp. 63-80

- [Ghe. 79] **GHERGHE**, Petre, *Săpăturile din aşezarea geto-dacă de la Socu-Bărbăteşti, judeţul Gorj*, în „Materiale şi cercetări arheologice”, a XIII – a sesiune anuală de rapoarte, Oradea, 1979, pp. 91- 99
- [Ghe. 97] **GHERGHE**, Petre, 1997, *Aşezări şi cetăţi geto-dacice din Oltenia*, Editura Universitaria, Craiova
- [Glo. 79] **GLODARIU**, Ioan, **IAROSVLAVSCHI**, Eugen, 1979, *Civilizaţia fierului la daci (sec II î.e.n.-sec. I e.n.)*, Editura Dacia, Cluj-Napoca
- [Glo. 83] **GLODARIU**, Ioan, **COSTEA**, Florea, *Aşezarea dacică de la Şercaia (jud. Braşov)*, în „Cvmidava”, XIII/2, Braşov, 1983, pp. 9-41
- [Hai. 12] **HAITĂ**, Constantin, 2012, *Sedimentologie şi micromorfologie. Aplicaţii în arheologie*, Editura Cetatea de Scaun, Târgovişte
- [Han. 22] <http://www.handbookofmineralogy.org/search.html?p=all>, accesat la data de 19.06.2021
- [Her. 22] www.hermann-historica.dee, accesat la data de 25.08.2022
- [Iar. 97] **IAROSLAVSCHI**, Eugen, 1997, *Tehnica la daci*, Bibliotheca Mvsei Napocensis XV, Cluj-Napoca
- [Iar. 04] **IAROSLAVSCHI**, Eugen, *Zona siderurgică din preajma capitalei statului dac*, în „Daco-Geţii. 80 de ani de cercetări arheologice sistematice la cetăţile dacice din munţii Orăştiei”, coordonatori: Adriana Pescaru, Iosif Vasile Ferencz, Deva, 2004, pp. 55-61
- [Ioa. 00] **IOAN**, Vasile Romulus, 2000, *Istoria metalurgiei fierului în ţinutul Hunedoarei I. Antichitatea*, Muzeul Castelului Corvineştilor Hunedoara, Hunedoara
- [Ion. 02] **IONESCU**, Corina, **GHERGARI**, Lucreţia, *Metodologii de recoltare a eşantioanelor şi probelor mineralogice, petrografice şi pedologice, din siturile arheologice*, în „Angvstia”, nr. 7, Editura Angvstia, Sfântu Gheorghe, 2002, pp. 351-354
- [Ist. 10] *** *Istoria Românilor. Moştenirea timpurilor îndepărtate*, 2010, vol. I, Ediţia a II-a, coordonatori: Mircea Petrescu Dâmboviţa, Alexandru Vulpe, Editura Enciclopedică, Bucureşti
- [Jia. 21] **JIANG**, Wei, **CAO**, Yamg, **JIANG**, Yngda, **LIU**, Yanfang, **MAO**, Qingzhong, **ZHOU**, Hao, **LIAO**, Xiaouzhou, **ZHAO**, Yonghao, *Effects of nanostructural hierarchy on the hardness and thermal stability of an austenitic stainless steel*, in „Journal of Materials Research and Technology”, Volume 12, May–June 2021, pp. 376-384
- [Jug. 21] **JUGRASTAN**, Teodora, *Consideraţii privind restaurarea unei spade de tip celtic*, în „Acta Mvsei Porolissensis”, XLIII, Zalău, 2021, pp. 285-291
- [Kot. 95] **KOTIGOROŠKO**, Vjačeslav, 1995, *Ţinuturile Tisei Superioare în veacurile III î.e.n.-IV e.n. (Perioadele La Tène şi romană)*, Bucureşti, Institutul Român de Tracologie, Biblioteca Thracologica XI
- [Kot. 15] **KOTIGOROŠKO**, Vjačeslav, 2015, *Centrul sacral al Tisei superioare în epoca La Tène-ul târziu*, Editura Muzeului Sătmărean, Satu Mare
- [Kri. 90] **KRIČKA Vojtech Budinský**, **SCHMIEDLOVÁ Mária Lamiová**, *A late 1st century B.C. century A.D. Cemetery at Zemplín*, in „Slovenská Archeológia”, nr. XXVIII-2, Bratislava, 1990, pp. 245-344
- [Laz. 70] **LAZIN**, Gheorghe, *Un depozit de unelte dacice descoperit la Luncani (munţii Orăştiei)*, în „Sargeţia”, VII, 1 Deva, 1970, pp. 21-26
- [Lec. 37] **LECCA O.G.**, 1937, *Dicţionar istoric, arheologic şi geografic al României*, Editura Universul, Bucureşti
- [Loh. 17] **LOHAN**, Monica-Nicoleta, **MIHALACHE**, Elena, 2017, *Studiul materialelor. Aplicaţii*, Iaşi, https://sim.tuiasi.ro/wp-content/uploads/2021/05/Laborator_SM_2020.pdf, accesat la data de 22.10.2022
- [Lon. 90] **LONGAUEROVÁ**, Margita, **SVĀTOBOJ**, Longauer, *Structural analysis of a scabbard and a ring mail from Zemplín*, in „Slovenská Archeológia”, XXVIII-2, Bratislava, 1990, pp. 349- 354
- [Luc. 13] **LUCA**, Constantin, *Noţiuni de Electrochimie. Coroziunea Metalelor*, accesat la data de 30.06.2020, de la: <https://constantinluca.files.wordpress.com/2013/11/c7-notiuni-de-electrochimie-coroziunea-metalelor.pdf>
- [Mar. 13] **MARIANCIUC**, Elisabeta, **JUGRĂSTAN**, Teodora, *Intervenţii asupra unor piese arheologice din fier*, în „Acta Mvsei Porolissensis”, XXXV, Editura Porolissum, Zalău, 2013, pp. 329-334
- [Mar. 16] **MARINOIU**, Vasile, *Com. Bălăneşti, jud. Gorj. Punct: Dealul Mare*, în „Cronica cercetărilor arheologice din România. Campania 2015”, Târgu-Jiu, 2016, pp. 219-221
- [May. 21] **MAYS**, Simon, 2021, *The archaeology of human bones, Third Edition*, Routledge, Taylor and Francis Group, London and New York
- [Măn. 03] **MÂNDESCU**, Dragoş, *Arme din situl geto-dac de la Cetăţeni*, în „Buletinul Muzeului Militar Naţional, Nr. 1, Partea II, Bucureşti, 2003, pp. 26-31
- [Măn. 06] **MÂNDESCU**, Dragoş, 2006, *Cetăţeni. Staţiunea geto-dacă de pe valea Dâmboviţei superioară*, Editura Istros, Brăila

- [Măn. 13] **MĂNDESCU**, Dragoș, Două posibile piese de inventar funerar din situl geto-dacic de la Cetățeni, păstrate în colecțiile Muzeului Județean Argeș, în „Argesis”, Studii și comunicări, Seria istorie, nr. XXII, Editura Ordesos, Pitești, 2013, pp. 9-16
- [Măn. 14] **MĂNDESCU**, Dragoș, **DUMITRESCU**, Ion; **PĂDURARU**, Marius, 2014, *Repertoriul Arheologic al Județului Argeș*, Editura Istros, Brăila
- [Mih. 93] **MIHOK**, L'Ubomír, **MIROŠŠAYOVÁ**, Elena, **VESELOVSKÁ**, Jana, *Metallographic analysis of iron objects dated to late Latène age from Zemplín*, in „East Slovak Antiquity” IV, 1993, pp. 95-100
- [Mih. 95] **MIHOK**, L'Ubomír, **KOTIGOROŠKO**, Viačeslav Grigorievič, **HOLLÝ**, Alojz, **PRIBULOVÁ**, Alena, **CENGEL**, Peter, *The smith production in the Dacian hillfort of Malá Kopaňa*, in „Study News of the Archaeological Institute of SAS”, No. 31, 1995, pp. 65-88
- [Mih. 09] **MIHOK**, L'Ubomír, **KOTIGOROŠKO**, Vjačeslav, *Metallographic analysis of Dacian and Latène iron objects found in Malaya Kopan archaeological complex*, in „Carpatica”, Ujhorod, 2009, pp. 144-167
- [Mih.11] **MIHOK**, Ľubomír, **KOTIGOROŠKO**, Vjačeslav, *The craft of the Dacian blacksmiths*, in „The archaeometallurgy of iron. Recent developments in archaeological and scientific research”, Institute of Archaeology of the ASCR, Prague, 2011, pp. 107-122
- [Mir. 19] **MIRCEA**, Otilia, **VASILACHE**, Viorica, **SANDU**, Ion, **HÂNCEANU**, George Dan, **DIACONU**, Vasile, *Studiul degradării unor piese din fier descoperite în săpăturile arheologice*, în „Memoria Antiquitatis”, XXXV, Muzeul de Istorie și Arheologie Piatra Neamț, 2019, pp. 287-292
- [Mol. 10] **MOLDOVEANU**, Aurel, 2010, *Conservarea preventivă a bunurilor culturale*, Editura etatea de Scaun, Târgoviște
- [Mos. 77] **MOSCALU**, Emil, *Sur les rites funéraires des géto-daces de la plaine du Danube*, în „Dacia. Revue d'archéologie et d'histoire ancienne”, Nouvelle Série, XXI, Editura Academiei Republicii Socialiste România, 1977, pp. 329-340
- [Mur. 13] **MUREȘAN**, Olimpia, *Despre un limbaj riguros în cercetarea artefactelor din metal*, în „Arheovest. Interdisciplinaritate în Arheologie și Istorie - in memoriam Liviu Măruia”, Nr. 1, 2, Szeged, JATEPress Kiadó, 2013, pp. 703-712
- [Muz. 67] *** *Muzeul de istorie din Cluj*, 1967, Coordonator: Hadrian Daicoviciu, Editura Meridiane, București
- [Nef. 04] **NEFF**, Delphine, **REGUER**, Solenn, **BELLOT-GURLET**, Ludovic, **DILLMANN**, Philippe, **BERTHOLON**, Régis, august-september, *Structural characterization of corrosion products on archaeological iron. An integrated analytical approach to establish corrosion forms*, in „Journal of raman spectroscopy”, vol. 35, issue 8-9, 2004, pp. 1-8
- [Nef. 07] **NEFF**, D, **VEGA**, E, **DILLMANN**, P, **DE SCOSTES**, M, **BELLOT-GURLET**, L, **BÉRANGER**, G, *Contribution of iron archaeological artefacts to the estimation of average corrosion rates and the long-term corrosion mechanisms of low-carbon steel buried in soil*, in „Corrosion of metallic heritage artefacts. Investigation, conservation and prediction for long-term behaviour”, Edited by P. Dillmann, G. Béranger, P. Piccardo and H. Matthiesen, European Federation of Corrosion Publications, No. 48, Woodhead Publishing Limited, Cambridge England, 2007, pp. 41-76
- [Oak.20] **OAKESHOTT**, R. Ewart, 2020, *The archaeology of weapons. Arms and armour from prehistory to the age of chivalry*, Dover Publication, New York
- [Ols. 88] **OLSEN**, L. Sandra, *Applications of Scanning Electron Microscopy in Archaeology*, in „Advances in Electronics and Electron Physics” vol 71, 1988, pp. 357-380
- [Ols. 10] **OLSO**, Richard G., 2010, *Technology and Science in Ancient Civilizations*, Greenwood Publishing Group, USA
- [Olt. 81] **OLTEANU**, Șt., **NEAGU**, N., **SECLEMA**, D., *Tehnologia obținerii fierului din minereu și problema continuității istorice pe teritoriul României în mileniul I e.n.*, în „Studii și Cercetări de Istorie Veche și Arheologie”, tom 32, nr. 2, București, 1981, pp. 217-232
- [Oon. 09] **OONK**, S., **SLOMP**, C.P., **HUISMAN**, D.J., *Geochemistry as an aid in archaeological prospection and site interpretation: current issues and research directions*, in Archaeological Prospection, 2009, vol. 16, Issue 1, pp. 35-51
<https://doi.org/10.1002/arp.344>
- Ordinul Ministrului Culturii** nr. 2392/din 06.09.2004, privind Instituirea standardelor și procedurilor arheologice, Anexa 13
- [Pet. 94] **PETCULESCU**, Liviu, *Beiträge zu römischer und barbarischer Bewaffnung in den ersten vier nachchristlichen Jahrhunderten*, Marburger Kolloquium, 1994. Lublin/Marburg, 1994, pp. 261-283

- [Pic. 07] **PICCARDO, P., MILLE, B., ROBBIOLO, L.**, *Tin and copper oxides in corroded archaeological bronzes*, in „Corrosion of metallic heritage artefacts. Investigation, conservation and prediction for long-term behaviour”, Edited by P. Dillmann, G. Béranger, P. Piccardo and H. Matthiesen, European Federation of Corrosion Publications, No. 48, Woodhead Publishing Limited, Cambridge England, 2007, pp. 239-262
- [Ple. 06] **PLEINER**, Radomír, 2006, *Iron in Archaeology. Early European Blacksmiths*, Archeologický ústav AV ČR, Praha
- [Pli. 04] **PLINIUS**, 2004, *Naturalis Historia*. Enciclopedia cunoștințelor din antichitate, vol. VI, Mineralogie și Istoria artei, traducere și prefață Ioana Costa, Polirom, Iași
- [Plo. 48] **PLOPȘOR-NICOLĂESCU, C.S.**, *Antiquités celtiques en Olténie. Répertoire*, în „Dacia”, XI-XII, 1945-1947, București, 1948, pp. 17-33
- [Pol. 96] **POLLARD, Mark, HERON, Carl**, 1996, *Archaeological Chemistry*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge
- [Pol. 07] **POLLARD, Mark, BATT, Catherine, STERN, Benjamin, YOUNG, Suzanne M. M.**, 2007, *Analytical chemistry in archaeology*, Cambridge University Press, U.S.A.
- [Pop. 02] **POP, Horea**, *Ateliere și meșteșuguri din depresiunea Șimleului (jud. Sălaj) în La Tène D*, în „Ateliere și tehnici meșteșugărești. Contribuții arheologice”, Coordonator Corneliu Galiiu, Editura Accent, Cluj-Napoca, 2002, pp. 47-71
- [Pop. 09] **POP, Horea**, 2009, *Așezări dacice din vestul și nord-vestul României (sec. II î.Chr.-I d.Chr.) – cu specială privire la Depresiunea Șimleului*, Editura Mega, Cluj – Napoca
- [Pop. 14] **POPA, A. Romeo**, 2014, *Preistorie și antichitate în județul Mehedinți - mărturii arheologice*, Editura Alma, Craiova
- [Pop. 20, a] **POPESCU, Anca-Diana, BĂJENARU, Radu, PETRONEAC, Marta, SÎRBU, Robert, HORTOPAN, Dumitru, CRISTEA-STAN, Daniela, LECHINȚAN, Mircea**, *The deposition of bronze artefacts from Preajba Mare (Gorj County, Romania)*, in „DACIA. Revue d'archéologie et d'histoire ancienne”, N.S., tome LXIV, Editura Academiei Române, Bucarest, 2020, pp. 123-141
- [Pop. 20, b] **POPESCU, Sergiu-Sorin**, *Restaurarea unei spade sarmate aflate în patrimoniul Muzeului Național de Istorie a României*, în „Muzeul Național”, Vol. 32, Muzeul Național de Istorie a României, București, 2020, pp. 353-363
- [Pop. 63] **POPESCU, Dorin**, *Două descoperiri celtice din Oltenia*, în „Studii și cercetări de istorie veche”, 2, anul XIV, 1963, Editura Academiei Republicii Populare Române, 1963, p. 407-410
- [Pop. 16] **POPESCU, Vava Lucian; CEACÎRU, Cristian**, *Câteva informații cu privire la chestionarul lui C.S. Nicolaescu Plopșor adresat primăriilor din județul Dolj*, în „Oltenia. Studii și Comunicări. Arheologie - Istorie”, Vol. XXII-XXIII, Muzeul Olteniei Craiova, 2015-2016, pp. 185-212
- [Rap. 09] **RAPP, George**, 2009, *Archaeomineralogy*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- [Rau. 18] **RAU, Carsten**, 2018, *European Arrowheads and Crossbow Bolts. From the Bronze Age to the Late Middle Ages*, Barbarus Books, Berlin
- [Răd. 19] **RĂDOESCU, Constantin-Livian, HOROPAN, Dumitru**, 2019, *Repertoriul arheologic al județului Gorj*, Editura Istros
- [Reh.10] **REHREN, Thilo**, *The analysis of archaeological materials*, in „Archaeology. Encyclopedia of life support systems”, Volume I, edited by Donald L. Hardesty, United Kingdom, 2010, pp. 160-176
- [Roș. 78] **ROȘU, Lucian**, *Considerații cu privire la structura societății dacice înainte de Burebista*, în „Revista Muzeelor și Monumentelor”, 3, 1978, pp. 44-53
- [Rus. 96] **RUSTOIU, Aurel**, 1996, *Metalurgia bronzului la daci, (sec. II î. Chr. - sec. I d. Chr.) Tehnici, ateliere și produse de bronz*, Institutul Roman De Tracologie Bibliotheca Thracologica XV, București
- [Rus. 99] **RUSTOIU, Aurel; SÎRBU, Valeriu**, *Poignard recourbé découvert dans une tombe à incinération de La Tène tardive en Roumanie*, in „Instrumentum. Bulletin du Groupe de travail européen sur l'artisanat et les productions manufacturées dans l'Antiquité”, no. 9, 1999, p. 12
- [Rus. 07] **RUSTOIU, Aurel**, *Thracian sica and dacian falx. The history of a 'national' weapon*, in Dacia Felix. Studia Michaeli Bărbulescu oblata, Cluj-Napoca, 2007, pp. 67-82
- [Rus. 16] **RUSTOIU, Aurel**, *Slashing knives (hiebmesser) - curved dagger (sica,-ae). Their function and symbolic role in the La Tène panoply of weapons*, în „Acta Mvsei Porolissensis”, XXXVIII, Muzeul județean de istorie și artă Zalău, Zalău, 2016, pp. 199-221
- [San. 08] **SANDU, Ion**, 2008, *Deteriorarea și degradarea bunurilor de patrimoniu cultural. Bunuri din materiale anorganice*, Vol. I, Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza” Iași

- [Sch. 95] **SCHMIEDLOVÁ Mária Lamiová**, *Les armes et l'armement dans les necropoles Daces*, in *Din istoria Europei romane*, Oradea, 1995, p. 105-110
- [Sch. 97] **SCHMIEDLOVÁ Mária Lamiová**, *Dacians on the territory of present day Slovakia* in *Acta Musei Porolissensis*, XXI, Zalău, 1997, pp. 743-766
- [Sch. 10] **SCHMIEDLOVÁ Mária Lamiová**, *75 Jahre der Erforschung der Daker in der Ostslowakei*, în „Identități culturale locale și regionale în context european. Studii de arheologie și antropologie istorică”, Editori: Horea Pop, Ioan Bejinariu, Sanda Băcucț Crișan, Dan Băcucț Crișan, Editura Mega, Editura Porolissvm, Cluj Napoca, 2010, pp.227-230
- [Sch. 20] **SCHNEE**, Steffen, 2020, *Ready for battle. Make your own chain mail armour*, Zauberfeder Verlag, Braunschweig, Germany
- [Sco. 91] **SCOTT**, David A., 1991, *Metallography and microstructure of ancient and historic metals*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles
- [Sco. 19] **SCOTT**, David A, **SCHWAB**, Roland, 2019, *Metallography in Archaeology and Art*, Springer International Publishing, Switzerland,
- [Sir. 93] **SÎRBU**, Valeriu, 1993, *Credințe și practici funerare, religioase și magice în lumea geto-dacilor*, Editura Porto-Franco, Galați
- [Sir. 16, a] **SÎRBU**, Valeriu, **BORANGIC**, Cătălin, 2016, *Pumnalul sica în nordul Dunării (~200 a. Chr. - 106 p. Chr.)*, Editura Istros, Brăila
- [Sha. 20] **SHACKLEY**, M. Steven, *X-Ray Fluorescence (XRF): Applications in Archaeology*, in „Encyclopedia of Global Archaeology”, second edition, edited by Claire Smith, Springer, Switzerland, 2020, pp. 11381-11387
- [Sim. 97] **SIM**, David, *Roman Chain-Mail: Experiments to Reproduce the Techniques of Manufacture*, in „Britannia”, vol. 28, 1997, pp. 359-371
- [Sir. 99] **SÎRBU**, Valeriu, **RUSTOIU**, Aurel, **CRĂCIUNESCU**, Gabriel, *Descoperiri funerare din La Tène-ul târziu din zona Porților de Fier*, în „Thraco-Dacica”, tomul XX, nr. 1-2, București, 1999, pp. 217-230
- [Sir. 11] **SÎRBU**, Valeriu, **HUREZEAN**, George Pascu, *The dacian deposit of iron items from Neudorf-Pârăul Roșia, Arad Conty. A new assesment*, în „Istros”, XVII, Brăila, 2011, pp. 11-30
- [Sir. 16, b] **SÎRBU**, Valeriu, **BORANGIC**, Cătălin, *Curved dagger of the sica type from the North-Danubian dacian graves. 2nd BC.-2nd c. AD.*, in „Funerary Practices during the bronze and iron ages in the central and southeast Europe”, Proceedings of the 14th International Colloquium of Funerary Archaeology in Čačak, Serbia 24th – 27th September 2015, Edited by Valeriu Sîrbu, Miloš Jevtić, Katarina Dmitrović and Marija Ljuština, Beograd - Čačak, 2016, pp. 333-357
- [Spâ. 18] **SPÂNU**, Daniel, 2018, *Arme și podoabe de epocă târzie La Tène de la Bălănești, Județul Gorj*, în „LITUA”, Studii și cercetări XX, Muzeul Județean Gorj, Târgu - Jiu, pp. 209-226
- [Smi. 10] **SMITH**, K., *Introduction to Diffraction Methods*, in „Archaeology. Encyclopedia of life support systems”, Volume I, edited by Donald L. Hardesty, United Kingdom, 2010, pp. 325-332
- [Stă. 81] **STĂNESCU**, Ariana, *Studiul obiectelor arheologice metalice cu ajutorul analizei metalografice în scopul stabilirii tehnologiilor de prelucrare*, în „Cercetări de conservare și restaurare a patrimoniului muzeal”, nr. 1, 1981, pp. 60-75
- [Stî. 92] **STÎNGĂ** Ion, *Découvertes archéologiques inédites appartenant à l'Époque Latène dans le département de Mehedinți*, in „Symposia Thracologica”, 9, 1992, pp. 153-154
- [Str. 74] **STRABON**, 1974, *Geografia*, Vol. II, traducere și note de Felicia Vanț Ștef, Editura Științifică și Enciclopedică, București
- [Su. 21] **SU**, Y., Wang, **X. J.**, **YU**, F. X., **WANG**, J. S., **XIA**, Z. Y., **LIU**, L., **LIU**, L. J., *Effect of deep tempering on microstructure and hardness of carburized M50NiL steel*, in „[Journal of Materials Research and Technology](#)”, 2021; 14: 1080-1088
- [Suc. 08] **SUCIU**, Valeria, **SUCIU**, 2008, Valeriu-Marcel, *Studiul materialelor*, Editura Fair Partners, București
- [Sze. 81] **SZÉKELY**, Zoltán, *Contribuții la studiul prelucrării fierului la dacii din sud-estul Transilvaniei*, în „Aluta”, 1981, pp. 31-36
- [Șer. 06] **ȘERBĂNESCU**, Done, 2006, *Morminte geto-dacice descoperite în județul Călărași*, în „Istros”, XIII, Brăila
- [Tac. 04] **TACITUS**, Publius Cornelius, 2004, *Germania. Dialogul despre oratori*, Studiu introductiv, traducere și note de Eugen Cizek, Editura Paideia, București
- [Tăt. 74] **TĂTULEA**, Corneliu Mărgărit, *O nouă locuință geto-dacică descoperită la Cireșu (jud. Mehedinți)*, în „Drobeta”, I, Drobeta - Turnu Severin, 1974, pp. 129-139

- [Teo. 89] **TEODOR**, Silvia, *Considerații asupra metalurgiei fierului în epoca Latène la est de Carpați*, în „Thraco-Dacica”, Tomul X, 1-2, 1989, pp. 67-73
- [Teo. 98] **TEODOR**, Silvia, **NICU**, Mircea, **ȚAU**, Stela, *Așezarea geto-dacică de la Poiana, jud. Galați. Unelte, arme, piese de harnășament și alte obiecte de fier, bronz, lut ars și piatră*, în „Arheologia Moldovei”, XXI, 1998, pp. 43-133
- [Teo. 95] **TEODOSIEV**, Nikola, **TORBOV**, Nartsis, *Thrachian mounds from the early iron age near Târnava, Byala Slatina region*, in „Reports of the Museums in North West Bulgaria”, volume 23., 1995, pp.13-36.
- [Tom. 04] **TOMESCU**, Iulia, 2004, *Studiul resturilor lemnoase în arheologie. Paleografie, peleoecologie și paleoetnografie*, Editura Cetatea de Scaun, Târgoviște
- [Tor. 18] **TORBOV**, Nartsis, 2018, *The knife - μάχα or sica, a weapon from the Second Century BC – the beginning of the Second Century AD*. Sofia
- [Tro. 75] **TROHANI**, George, *Săpăturile arheologice efectuate la Chirnogi, jud. Ilfov, în anii 1971-1972*, în „Cercetări Arheologice”, 1, [Rapoarte de săpături], 1975, pp. 127-150
- [Tyl. 02] **TYLECOTE**, R. F., 2002, *A history of metallurgy*, 2nd edition, Manley Publishing, U.K.
- [Urs. 15] **URSACHI**, Vasile, *Cuptoarele de redus minereul de fier descoperite în comuna Porcești (Moldoveni) județul Neamț*, în „Din istoria orașului Roman. 623 ani de la prima atestare documentară”, Editura Papirus Media, Roman, 2015, pp. 5-15
- [Udr. 21] **UDRESCU**, Ovidiu Vasile, **PLĂIAȘU**, Gabriela Adriana, **BĂRBULESCU**, Constantin Augustus, **DUCU**, Marian Cătălin, **MOGA**, Sorin Georgian, **NEGREA**, Denis Aurelian, *Corrosion of some military equipment and ustensils discovered in the ancient site of Buridava*, „2021 13th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)”, 2021, pp. 1-6
- [Udr. 22] **UDRESCU**, Vasile Ovidiu, **PLĂIAȘU**, Adriana Gabriela, **BĂRBULESCU**, Constantin Augustus, **DUCU**, Marian Cătălin, **MOGA**, Sorin Georgian, **NEGREA**, Denis Aurelian, *Analysis of archaeological sword materials from Buridava site*, in „Journal of Science and Arts”, Volume 22, Issue 2, pp. 483-496, 2022
- [Udr. 23] **UDRESCU**, Ovidiu Vasile, **NEGREA**, Denis Aurelian, **BĂRBULESCU**, Constantin Augustus, **ȘCHIOPU**, Adriana Gabriela, **DUCU** Marian Cătălin, **MOGA**, Sorin Georgian, *The structural, morphological and elemental characterization of a sica scabbard discovered at Buridava*, in Journal of Science and Arts, Volume 23, Issue 1, pp. 251-262, 2023, Manuscript received: 09.01.2023; Accepted paper: 25.02.2023; Published online: 30.03.2023 <https://doi.org/10.46939/J.Sci.Arts-23.1-b03>
- [Vas. 02] **VASILIEV**, Valentin, **RUSTOIU**, Aurel, **BALAGURI**, Eduard, **COSMA** Călin, 2002, *Solotvino – „Cetate” (Ucraina transcarpatică). Așezările din epoca bronzului, a doua vârstă a fierului și din evul mediu timpuriu*, Institutul Național de Tracologie Bibliotheca Thracologica, XXXIII, Cluj-Napoca
- [Vin. 13] **VINTILĂ**, Mirela-Camelia, *Practici funerare în neo-eneoliticul din câmpia Bucureștilor. Asemănări și deosebiri cu alte situri*, în „Materiale de Istorie și Muzeografie”, XXVII, București, 2013, pp. 92-137
- [Vul. 51] **VULPE**, R., **VULPE**, Ec., **NIȚU**, A., **MATASĂ**, Pr. C., **CIHODARU**, C., **CĂLINESCU**, C., **BALAN**, V., **KISS**, Șt., **NEGRUȚI**, Ec., **PETRE**, Șt. **ȘTEFĂNESCU**, R., *Raport preliminar asupra activității șantierului arheologic. Poiana - Tecuci, 1950* în „Studii și cercetări de istorie veche”, Editura Academiei Republicii Populare Române, anul II, nr.1, ianuarie-iunie 1951, pp.177-216
- [Vul. 76] **VULPE**, Alexandru, *La nécropole tumulaire de Popești*, în „Thraco-Dacica”, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, 1976, pp. 183-192
- [Vul. 03] **VULPE**, Radu, **TEODOR**, Silvia, 2003, *Piroboridava. Așezarea geto-dacică de la Poiana*, Bibliotheca Thracologica XXXIX
- [Wol. 72] **WOLLMAN**, Volker, *Valoarea cercetărilor metalografice pentru studierea unor descoperiri arheologice II*, în „APVLVM”, IX, Alba Iulia, 1972, p.283-292
- [Zah. 71] **ZAH**, Emanoil, *Exploatarea fierului în Dobrogea veche*, în „Pontica”, nr. 4, Constanța, 1971, pp. 191-207