

ANALIZA UNOR OBIECTE METALICE DIN SITUL ARHEOLOGIC DE LA BRANIȘTE-NEMȚIȘOR

Virgil MIHAILESCU-BÎRLIBA*, Viorica VASILACHE**, Ion SANDU**

Key words: metallic artifact, „The Carpathian Barrows Culture”, necropolis (the 4th c. A. D.), SEM-EDX.

Abstract: In the paper there is presented the context in which a series of metallic artifacts have been discovered as a result of the archaeological diggings in the cemetery from Braniște (Nemțișor village, Vânători-Neamț commune, Neamț county; “The Carpathian Barrows Culture”, the 4th c. A. D.) and the results obtained applying SEM-EDX technique in order to establish the chemical elements from patina and the base alloy.

1. Introducere

Cimitirul de la Braniște (satul Nemțișor, com. Vânători-Neamț, jud. Neamț) este cunoscut de mai multă vreme în literatura de specialitate („Cultura tumulilor carpatici”, secolul IV p. Chr.)¹. De aceea, nu vom aminti, decât unele dintre principalele sale caracteristici, așa cum ni s-au relevat de-a lungul mai multor campanii de cercetări arheologice (1974-1992).

În necropola de la Braniște-Nemțișor, corpurile decedaților au fost arse împreună cu inventarul însoțitor, resturile erau lăsate pe loc (notate ca un complex) sau depuse în gropi peste care se înălța o movilă de pământ/tumul² pentru a fi semnalat locul înmormântării.

Inventarul mai sus-menționat, deși bogat și divers, s-a păstrat în mică măsură deoarece în urma incinerării și desfășurării ceremoniilor rituale o bună parte dintre acestea s-au degradat. Cu atât mai mult, puținele obiecte metalice găsite, întregi (mai rar) sau fragmente, au impus atenției noastre studierea lor și din punct de vedere tehnic prin metode instrumentale (compoziție, structură, morfologie, stare de conservare), în afara clarificării rolului lor funcțional sau al încadrărilor cronologice și culturale.

Utilizarea tehnicii SEM-EDX în studiul artefactelor din metal furnizează informații atât microstructurale (morfologia suprafețelor, distribuția fazelor secundare și a incluziunilor), cât și compoziționale (identificarea elementelor componente ale aliajului de bază și a crustei de coroziune)³. Stabilirea compoziției aliajului dă informații cu privire la opțiunile și/sau competențele

* Institute of Archaeology Iași.

** „Al. I. Cuza” University of Iași, ARHEOINVEST Platform.

¹ V. Mihailescu-Bîrliba, *Un nouveau groupe culturel sur le territoire de Roumanie. Les fouilles de Braniște – Nemțișor (com. de Vânători, dép. de Neamț)*, în *Dacia*, N.S., XXIV, 1980, p. 180-207; idem, *The Carpathian barrows culture/Cultura tumulilor carpatici*, în *ActaMP*, 21, 1997, p. 833-878.

² V. Mihailescu-Bîrliba, *Noi date privind Cultura tumulilor carpatici în Romania*, în *SCIVA*, 48, 1997, 3, p. 207-241; idem, *Die Karpatische Hügelgräberkultur in Rumänien*, în *Na granicach antycznego świata. Sytuacja kulturowa w południowo-wschodniej Polsce i regionach sąsiednich w młodszy okresie przedrzymskim i okresie rzymskim. Materiały z konferencji – Rzeszów, 20-21 XI 1997* (S. Czopek, A. Kokowski, eds.), Rzeszów, 1999, p. 313-332.

³ I. Sandu, D. G. Gălușcă, I. Carcea, M. Ștefan, A. V. Sandu, Authentication of ancient bronze coins I. Aspects concerning the composition of the patina, în *Bulletin of the Polytechnic Institute of Iași, Section Materials Science and Engineering*, tom XLXI (LV), fasc. 2, 2005, p. 157-166; I. Sandu, F. Diaconescu, I. G. Sandu, A. Alexandru, A. V. Sandu, The authentication of old bronze coins and structure of archaeological patina, în *Annals of „Dunărea de Jos” University of Galați*, fasc., IX Metalurgy and Materials Science, 1, 2006, p. 71-82; I. Sandu, N. Ursulescu, I. G. Sandu, O. Bounegru, I. C. A. Sandu, A. Alexandru, The pedological stratification effect of corrosion and contamination products on byzantine bronze artefacts, în *Corrosion Engineering Science and Technology*, în *Maney Publishing*, 43 (3), 2008, p. 256-266; I. Sandu, O. Mircea, A. V. Sandu, I. Sârghie, I. G. Sandu, V. Vasilache, Non-invasive Techniques in the Analysis of Corrosion Crusts formed

tehnice ale metalurgiștilor antici în elaborarea aliajelor cu proprietăți specifice (mecanice, culoare etc.) și în prelucrarea metalelor. Elementele minore pot fi relevante pentru evaluarea de similitudini sau diferențe între metale din contexte și perioade cronologic diferite putând astfel evidenția progresele tehnologice.

În lucrare se prezintă atât contextul arheologic în care au fost descoperite artefactele metalice analizate, cât și compoziția structurilor de suprafață și de interior obținute prin utilizarea tehnicii SEM-EDX.

2. Partea experimentală

Materiale. Artefactele analizate au fost descoperite în tumulii nr. 29 și nr. 30, ambii cercetați în anul 1975. În rândurile care urmează, obiectele sunt descrise succint, fiindu-le alăturat și contextul arheologic de descoperire:

1. *Obiect metalic* (notat **S1**), care provine, posibil, de la armătura unei casete (cutii) din lemn. Se înfățișează ca o tijă îndoită la ambele capete dintre care unul este îngustat, iar celălalt îngroșat terminându-se printr-o aplatizare circulară (ca o rozetă) perforată central (ca o „ureche” de prindere). Corpul tijei este bombat în partea exterioară și plat la cea interioară, pentru a fi adosat. Are culoare brun-cenușie și prezintă urme de ardere secundară (Fig. 1).



Fig. 1. Obiect metalic – S1.

A fost găsit în tumulul nr. 29, în complexul nr. 1 (partea răsăriteană), împreună cu mai multe catarame, cuie de fier, o altă garnitură metalică, resturi ceramice, sticlă fragmentară și rămășițele unui pieptene de corn cu nituri de bronz, toate acestea prezentând vizibile urme de ardere.

Dimensiuni: lungime (L) tijă – 48 mm; lățime (l) tijă – 7,5 mm x 4 mm; diametrul (D) „rozetei” – 17 mm; D perforației – 2 mm. Muzeul de Istorie Piatra Neamț (MIPN). Numărul de inventar (Nr. Inv.) 28304.

2. *Cataramă* (notată **S2**), cu veriga de formă ovală, circulară în secțiune, subțiată și decupată în zona de prindere a spinului și îngroșată în partea opusă; spinul este îndoit la capătul liber. Se constată o coroziunea puternică, dar și urmele arderii secundare de culoare brun-ruginie (Fig. 2).



Fig. 2. Cataramă – S2.

on Archaeological Metal Objects, în Revista de Chimie, 61 (11), 2010, p. 1054 -1058; V. Vasilache, D. Aparaschivei, I. Sandu, A Scientific Investigation of the Ancient Jewels Found in the Ibida Site, Romania, în International Journal of Conservation Science, 2 (2), 2011, p. 117-126; D. Aparaschivei, V. Vasilache, I. Sandu, A Study on Specific Archaeometric Characteristics of Garment Accessories found in the Ibida Site, Romania, în International Journal of Conservation Science, 3 (1), 2012, p. 23-32.

A fost găsită tot în tumulul nr. 29, în partea estică a aceluiași complex nr. 1 (– 0,53 m), alături de obiectele menționate anterior.

Dimensiuni: D verigă – 27 mm x 22 mm; Grosime (G) verigă – 19 mm x 4 mm; L spin – 22 mm; G spin – 5 mm. MIPN. Nr. Inv. 28306.

3. *Piesă metalică* (notată **S3**), funcționând ca distribuitor de curele sau pentru prinderea de centură a unui obiect (armă, unealtă etc.). Are o formă rectangulară, două dintre laturi (mai scurte) fiind tot rectangulare în secțiune, pe când celelalte două (mai lungi) au secțiunea circulară; una din laturile lungi este decupată și subțiată, în care sunt fixate două plăci pentru prinderea într-o curea de piele, așa cum o arată și cele două nituri dinspre capătul liber al plăcilor. Plăcile pomenite sunt deteriorate parțial, iar procesul de oxidare este foarte avansat pe întreaga suprafață a metalului, așa după cum o indică și clorura de cupru (cu diferite nuanțe de verde), foarte distructivă; arderea secundară a fost slabă (Fig. 3).



Fig. 3. Piesă metalică – S3.

S-a descoperit în tumulul nr. 29, la adâncimea de 0,75 m.

Dimensiuni: L laturilor rectangulare – 29 mm x 26 mm; G laturilor – 6 mm (mai lungi) x 5 mm (mai scurte); L plăcilor de prindere – 25 mm; l plăcilor de prindere – 26 mm; distanța dintre cele două plăci, corespunzând intervalului dintre cele două capete ale unui nit este de 5 mm. MIPN. Nr. Inv. 28308.

4. *Obiect neidentificat* (notat **S4**), care a putut fi capătul de la o cheie a încuietorii unei casete de lemn sau de la spinul unei cataramae. Corpul său este curbat, terminat printr-un vârf ascuțit (asemănător cu un ac), circular în secțiune. A fost deteriorat din vechime, fiind rupt la capătul mai gros; culoare este brună, iar arderea secundară este mai puțin vizibilă (Fig. 4).



Fig. 4. Obiect neidentificat - S4.

Provine din complexul nr. 1 (– 0,60 m) al tumulului nr. 30, unde a apărut împreună cu un inventar variat, ars secundar (ceramică, fragmente de la recipiente de sticlă, lame de silex, fragmente din plăcile de corn ale unui pieptene, împreună cu niturile sale de bronz etc.).

Dimensiuni: L (păstrată) – 22 mm; D maxim – 5 mm. MIPN. Nr. Inv. 28339.

5. *Cataramă* (notat **S5**) de mici dimensiuni, destinată probabil harnașamentului sau prinderii echipamentului. Corpul este oval, circular în secțiune; spinul, de formă lamelară, este incomplet (Fig. 5). Are spinul desprins și întreaga verigă este puternic corodată, cu o culoare brun-ruginie.

Găsită în același complex nr. 1 din tumulul nr. 30, laolaltă cu materialele amintite mai sus.

Dimensiuni: D (păstrat) – 20 mm x 30 mm; G verigă – 6,5 mm. MIPN. Nr. Inv. 28342.

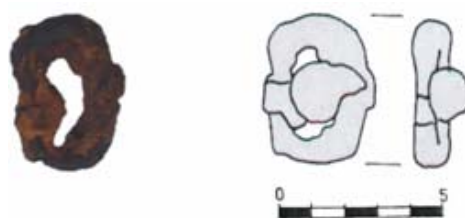


Fig. 5. Cataramă – S5.

6. *Buton semisferic* (notat **S6**), învelit cu un strat subțire de argint. Reprezintă, probabil, capătul unui ac lung de fier sau al unei aplici ornamentale. În partea sa inferioară, cuiul propriu-zis (sau urechea de prindere) este rupt și se poate observa miezul de fier din interior, puternic oxidat; nu sunt vizibile clar urmele arderii secundare (Fig. 6).



Fig. 6. Buton semisferic – S6.

Găsit în același complex (nr.1) din tumul nr. 30.

Dimensiuni: L – 10,5 mm; G – 0,7 mm. MIPN. Nr. Inv. 28346.

Tehnica de analiză. În analiză s-a utilizat un microscop electronic cu scanare, SEM model VEGA II LSH, produs de firma TESCAN Cehia, cuplat cu un detector EDX tip QUANTAX QX2, produs de firma BRUKER/ROENTEC Germania.

Microscopul, controlat integral prin computer, dispune de un tun de electroni cu filament din tungsten, ce poate obține o rezoluție de 3nm la 30kV, având putere de mărire între 30X și 1.000.000X în modul operare „rezoluție”, tensiunea de accelerare între 200 V la 30 kV, viteza de scanare între 200 ns și 10 ms pe pixel. Presiunea de lucru este mai mică de 1×10^{-2} Pa. Imaginea obținută (microfotografia) poate fi constituită de electronii secundari (SE) sau electroni retrodifuzati (BSE).

Quantax QX2 este un detector EDX folosit pentru micro-analiza calitativă și cantitativă. Detectorul EDX este de generația a III-a, tip X-flash, care nu are nevoie de răcire cu azot lichid și este de cca. 10 ori mai rapid decât detectorii convenționali Si(Li).

Tehnica, în cazul nostru, a permis vizualizarea microfotogramei pentru zona analizată, iar în baza spectrului de raze X s-a determinat compoziția elementală (în procente gravimetrice sau molare), a unei microstructuri sau a unei zone selectate.

3. Rezultate și discuții

În urma analizei SEM-EDX pe structurile de suprafață și în secțiune transversală a artefactelor luate în studiu s-a obținut compoziția elementală a compușilor din stratul de coroziune și a aliajului de bază.

Obiectul metalic - **S1** este caracterizat la interior (Fig. 7a) de structuri complexe cu discontinuități sub formă de foițe, iar la exterior (Fig. 7b) de o crustă de coroziune neuniformă. Discontinuitatea stratului exterior este creată de depozitele cu compuși chimici primari și secundari rezultați prin procesele de alterare chimică.

Din punct de vedere compozițional s-au determinat elementele corespunzătoare aliajului - Fe, C (Tabel 1) și elementele de contaminare provenite din sit - Al, Si, Mg, Ca, Cl, K, P și O (Tabel 2). Obiectul din fier a fost confecționat prin batere.

Catarama - **S2** are structura de interior (Fig. 8a) tot sub formă de foițe, iar crusta de coroziune are aspect rugos și neomogen (Fig. 8b). O parte din produșii proceselor de degradare s-au pierdut prin divizare și eroziune, ceea ce a contribuit la pierderea unor părți din anumite zone de suprafață ale artefactului. În miezul metalic s-au pus în evidență elementele: Fe, Ni, C și O (Tabel 3), iar în

crusta de coroziune pe lângă acestea s-au identificat și cele din contaminare: Si, K, S, P și O (Tabel 4).

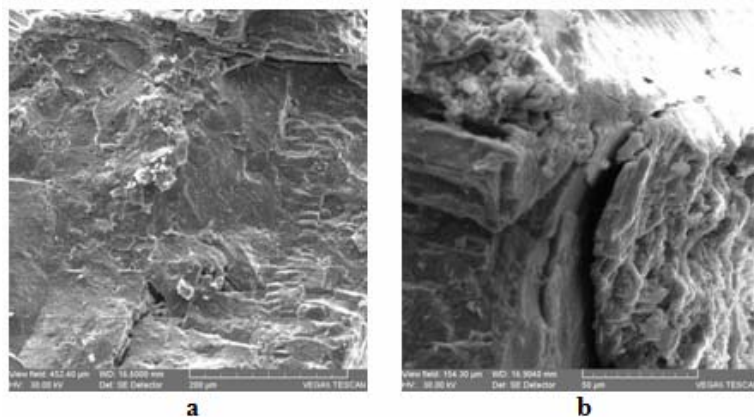


Fig. 7. Imagine SEM a obiectului metalic – S1: a - pe miez; b - pe stratul de coroziune.

Tabel 1. Compoziția elementală a miezului metalic pentru obiectul S1.

Element	[norm. wt.-%]	[norm. at.-%]	Error in %
Iron	81.93644	56.23162	2.486006
Carbon	0.624509	1.992796	0.261651
Oxygen	17.43905	41.77558	2.92792
	100	100	

Tabel 2. Compoziția elementală a produșilor de coroziune pentru obiectul S1.

Element	[norm. wt.-%]	[norm. at.-%]	Error in %
Iron	70.64541	41.8447	2.02665
Carbon	3.99909	11.01383	5.128444
Silicon	2.16415	2.548951	0.215274
Aluminium	1.334693	1.63633	0.188688
Calcium	0.576172	0.475557	0.080253
Potassium	0.3998	0.338252	0.069799
Magnesium	0.464884	0.63271	0.131825
Phosphorus	0.468701	0.500563	0.089748
Chlorine	0.204676	0.190974	0.058676
Oxygen	19.74242	40.81813	4.25206
	100	100	

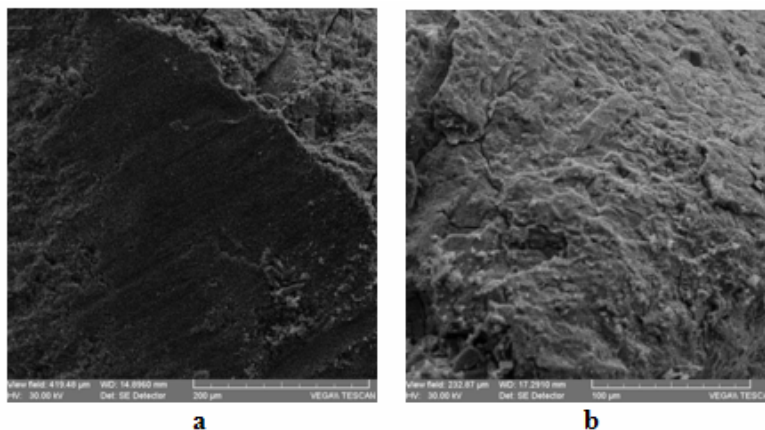


Fig. 8. Imagine SEM a cataramei – S2: a - pe miez; b - pe stratul de coroziune.

Tabel 3. Compoziția elementală a miezului metalic pentru obiectul S2.

Element	[norm. wt.-%]	[norm. at.-%]	Error in %
Iron	75.15941	48.68016	2.392896
Carbon	1.491215	4.49086	0.715196
Nickel	3.623891	2.233338	0.253111
Oxygen	19.72548	44.59564	4.28438
	100	100	

Tabel 4. Compoziția elementală a produșilor de coroziune pentru obiectul S2.

Element	[norm. wt.-%]	[norm. at.-%]	Error in %
Iron	73.33597	46.22796	2.355764
Carbon	2.158819	6.327389	1.346743
Nickel	2.222728	1.333167	0.212892
Sulfur	1.037745	1.139287	0.127777
Silicon	0.664751	0.833229	0.118519
Potassium	0.594616	0.535385	0.090367
Phosphorus	0.348213	0.395767	0.083119
Oxygen	19.63715	43.20782	4.506014
	100	100	

Piesa metalică – S3 are structura de interior relativ uniformă (Fig. 9a). Crusta de coroziune (Fig. 9b) este neomogenă, cu depozite de compuși chimici primari și secundari a căror distribuție este neuniformă, și cu elemente caracteristice deteriorării fizice, respectiv cratere și goluri. În miezul metalic s-au pus în evidență elementele: Cu, Pb și Sn (Tabel 6), iar în crusta de coroziune pe lângă acestea s-au identificat și cele din contaminare: Fe, Si, P, C și O (Tabel 4). Se poate observa că printre produșii de coroziune staniul se regăsește într-un procent mai mare datorită capacității lui de a migra spre suprafață. Datorită caracterului său amfoter și tendinței spre aglomerare sub forma unor microlenticule, acesta controlează întrucâtva atât procesele de segregare, cât și cele de coroziune.

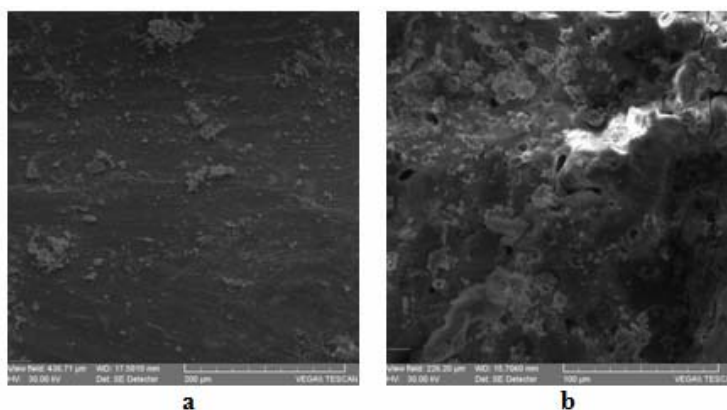


Fig. 9. Imagine SEM a piesei metalice – S3: a - pe miez; b - pe stratul de coroziune.

Tabel 5. Compoziția elementală a miezului metalic pentru obiectul S3.

Element	[norm. wt.-%]	[norm. at.-%]	Error in %
Copper	69.82178	57.27422	2.193538
Lead	13.68308	3.442314	0.736367
Tin	5.128911	2.252135	0.764347
Oxygen	11.36623	37.03133	4.182098
	100	100	

Tabel 6. Compoziția elementală a produșilor de coroziune pentru obiectul S3.

Element	[norm. wt.-%]	[norm. at.-%]	Error in %
Copper	36.42381	16.74566	1.325817
Iron	2.257224	1.180809	0.184678
Tin	8.053483	1.98199	0.788799
Lead	10.29151	1.45109	0.694627
Silicon	0.530245	0.551569	0.10703
Phosphorus	0.368457	0.347534	0.08991
Carbon	1.503804	3.657776	0.957745
Oxygen	40.57146	74.08358	10.29046
	100	100	

Obiectul neidentificat - **S4** prezintă atât la interior (Fig. 10a), cât și la suprafață (Fig. 10b) o structură complexă, neomogenă, cu elemente caracteristice proceselor de deteriorare fizică, respectiv cratere și goluri. Datorită incinerării s-a modificat starea primară a piesei. Elementele evidențiate prin EDX sunt Ag și Cu, care corespund aliajului prelucrat, în timp ce S provine din contaminare, în urma procesului de alterare chimică, iar Al din sol (Tabelele 7 și 8).

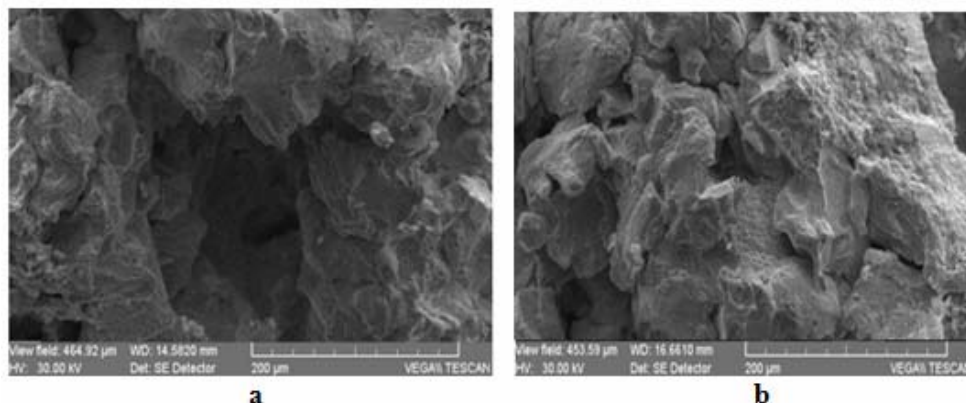


Fig. 10. Imagine SEM a obiectului neidentificat – **S4**: a - pe miez; b - pe stratul de coroziune.

Tabel 7. Compoziția elementală a miezului metalic pentru obiectul S4.

Element	[norm. wt.-%]	[norm. at.-%]	Error in %
Silver	96.077555	92.682862	3.556008
Copper	3.922445	7.317138	0.248069
	100	100	

Tabel 8. Compoziția elementală a produșilor de coroziune pentru obiectul S4.

Element	[norm. wt.-%]	[norm. at.-%]	Error in %
Silver	94.00642+	85.18019	3.556008
Copper	3.072103	4.725212	0.248069
Aluminium	2.071137	7.50267	0.283843
Sulfur	0.850342	2.591925	0.119848
	100	100	

Catarama – **S5** are structură lamelară la interior (Fig. 11a), iar la suprafață (Fig. 11b) produșii de coroziune au o dispunere neuniformă. În compoziție s-au identificat elementele de bază

– Fe și C, iar ca elemente de contaminare din sol: Si, Al, K, S, Cl, și O (Tabelele 9 și 10).

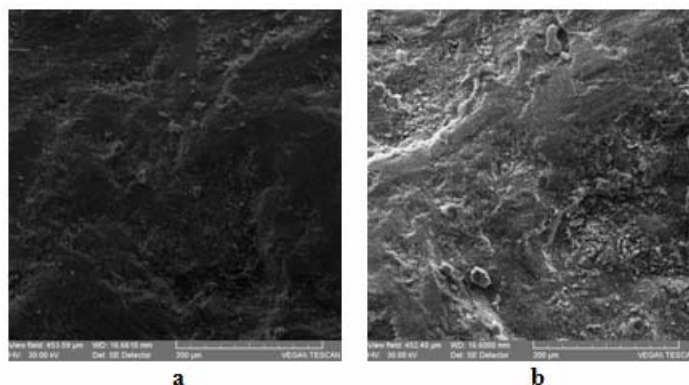


Fig. 11. Imagine SEM a piesei metalice – S5: a - pe miez; b - pe stratul de coroziune.

Tabel 9. Compoziția elementală a miezului metalic pentru obiectul S5.

Element	[norm. wt.-%]	[norm. at.-%]	Error in %
Iron	63.71938	33.05434	1.707434
Carbon	2.081141	5.019715	0.628185
Oxygen	34.19948	61.92595	5.17277
	100	100	

Tabel 10. Compoziția elementală a produșilor de coroziune pentru obiectul S5.

Element	[norm. wt.-%]	[norm. at.-%]	Error in %
Iron	65.11359	36.5442	1.828894
Silicon	1.022521	1.141135	0.120623
Potassium	0.701591	0.562436	0.07575
Aluminium	0.921978	1.071027	0.131215
Chlorine	1.352983	1.196161	0.111153
Sulfur	1.043665	1.020147	0.10191
Oxygen	29.84367	58.4649	4.938904
	100	100	

Butonul semisferic – S6 este puternic degradat și de aceea în miezul metalic se găsesc pe lângă elementele de bază: Fe și C și elemente din contaminare: Si, Al și O (Tabel 11). Interesant este că în crusta de coroziune s-au identificat elemente precum Ag, Au și Cu (Tabel 12) ceea ce înseamnă că obiectul a fost acoperit prin placare cu un aliaj al acestor elemente.

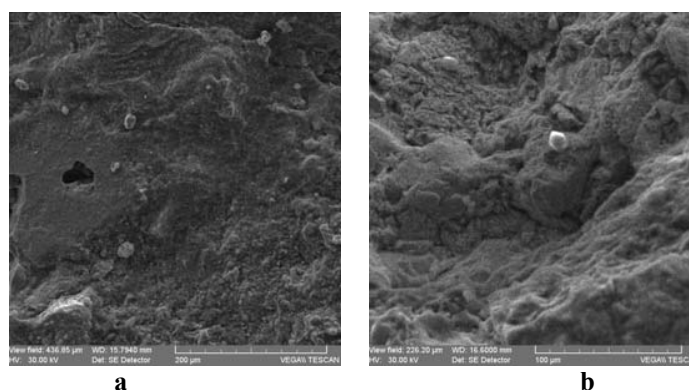


Fig. 12. Imagine SEM a piesei metalice – S6: a - pe miez; b - pe stratul de coroziune.

Tabel 11. Compoziția elementală a miezului metalic pentru obiectul S6.

Element	[norm. wt.-%]	[norm. at.-%]	Error in %
Iron	60.53598	31.82682	1.740587
Silicon	4.85684	5.077515	0.346102
Aluminium	2.17272	2.364376	0.225813
Carbon	1.983291	4.848271	0.810149
Oxygen	30.45117	55.88301	5.567307
	100	100	

Tabel 12. Compoziția elementală a produșilor de coroziune pentru obiectul S6.

Element	[norm. wt.-%]	[norm. at.-%]	Error in %
Iron	24.25864	31.13495	0.81727
Silicon	6.577924	16.78759	1.110268
Aluminium	3.398	9.026892	0.304925
Copper	2.421362	2.731197	0.175974
Gold	9.253599	3.36744	0.482124
Silver	53.34686	35.4485	2.329756
Chlorine	0.743624	1.503438	0.404539
Oxygen	0	0	0
	100	100	

Lipsa oxigenului este pusă pe seama structurilor din aliaj de Ag cu Cu și Au, care înglobează piesa metalică cu compuși de suprafață puternic reduși și monolitizați în urma proceselor de incinerare sub forma unor sticle metalice cu congruenți din siliciuri și aluminuri de fier.

Concluzii. În urma analizelor SEM-EDX se poate spune că dintre obiectele investigate trei au fost realizate din aliaje de fier (S1, S2 și S5), unul din aliaj pe bază de Cu, Pb și Sn (S3), altul din argint aliat cu cupru (S4) și ultimul este din fier placat cu un aliaj de argint, aur și cupru (S6). Toate obiectele se află într-o stare de degradare avansată, în bulk-ul de coroziune regăsindu-se în general compuși din patina secundară și cea terțiară de contaminare. Compoziția aliajului ne furnizează informații despre procedeul de fabricare, precum și despre materiile prime utilizate. Aliajele din fier provin din minereuri de pirită și hematită, care după prăjire și calcinare au fost reduși cu mangal și elaborați sub formă de lingouri din care s-au confecționat prin batere piesele menționate. Aliajul din bronz este constituit din polisulfuri de Cu, Pb și Sn, la care, după prăjire, oxizii au fost reduși cu mangal, pentru ca în final metalul topit să fie turnat în lingouri și apoi prelucrat prin batere. Piesa din argint (S4) provine tot din minerale de polisulfuri și oxizi, care după calcinare s-au redus cu mangal, iar lichidul s-a turnat în lingouri, din care prin batere s-a confecționat piesa respectivă.

Obiectul (S6) care a avut cel mai mult de suferit în urma proceselor de incinerare este cel placat cu un aliaj de Au, Cu și Ag, sub care procesele termice au condus la formarea unor sticle metalice cu congruenți chimici pe bază de siliciuri și aluminuri de Fe (II), rezistente la factorii din mediul de zacere.

THE ANALYSIS OF SOME METALLIC OBJECTS FROM THE ARCHAEOLOGICAL SITE BRANIȘTE – NEMȚIȘOR

During the archaeological researches from the cemetery of Braniște – Nemțișor (“The Carpathian Barrows Culture”, the 4th c. A. D.) more metallic pieces have been discovered. This study presents some of them, as well as the results of their analysis through the technique SEM-EDX.

Some of the metallic pieces discovered in tumuli no 29 and no 30 (1975) have been analyzed; as the funeral ritual was the incineration, they were strongly deteriorated because of burning.

The results of these analyses have demonstrated that three of these pieces were made of iron alloy (S1/Fig. 1, S2/Fig. 2 and S5/Fig. 5), one of Cu, Pb and Sn alloy (S3/Fig. 3), another of silver alloyed with Cu (S4/Fig. 4) and the last one of iron plated with an alloy of silver, gold and copper (S6/Fig. 6).

The analyses dealt with the discovery of the chemical elements from the surface structures (corrosion layer) and the inner ones (the metallic core) of these objects. Thus of types of alloy could be established as well as the way of their processing in order to make the investigated artifacts.

Figures explanation

Fig. 1. Metallic object – **S1**.

Fig. 2. Buckle – **S2**.

Fig. 3. Metallic piece – **S3**.

Fig. 4. Unidentified object - **S4**.

Fig. 5. Buckle – **S5**.

Fig. 6. Semispherical button – **S6**.

Fig. 7. SEM image of the metallic object – **S1**: a – in the core; b – on the corrosion layer.

Fig. 8. SEM image of the buckle – **S2**: a – in the core; b – on the corrosion layer.

Fig. 9. SEM image of the metallic piece – **S3**: a – in the core; b – on the corrosion layer.

Fig. 10. SEM image of the unidentified object – **S4**: a – in the core; b – on the corrosion layer.

Fig. 11. SEM image of the metallic object – **S5**: a – in the core; b – on the corrosion layer.

Fig. 12. SEM image of the metallic object – **S6**: a – in the core; b – on the corrosion layer.

Tables

Table 1. The elemental composition of the metallic core for the object **S1**.

Table 2. The elemental composition of the corrosion products for the object **S1**.

Table 3. The elemental composition of the metallic core for the object **S2**.

Table 4. The elemental composition of the corrosion products for the object **S2**.

Table 5. The elemental composition of the metallic core for the object **S3**.

Table 6. The elemental composition of the corrosion products for the object **S3**.

Table 7. The elemental composition of the metallic core for the object **S4**.

Table 8. The elemental composition of the corrosion products for the object **S4**.

Table 9. The elemental composition of the metallic core for the object **S5**.

Table 10. The elemental composition of the corrosion products for the object **S5**.

Table 11. The elemental composition of the metallic core for the object **S6**.

Table 12. The elemental composition of the corrosion products for the object **S6**.

ABREVIERI

ActaMP

- Acta Musei Porolissensis, Zalău.

SCIVA

- Studii și cercetări de istorie veche și arheologie, București.