

RELAȚIA DINTRE PODOABELE DACICE ȘI MONEDELE DE IMPORT PRIN PRISMA ANALIZELOR ELEMENTALE

Corina TOMA*
Lucian BARBU-TUDORAN**
Mihai MUNTEANU***

Cuvinte-cheie: SEM/EDX, podoabe dacice, drahme, denari, îmbogățirea cu argint a suprafeței, aliaje reciclate.

Keywords: SEM/EDX, Dacian jewellery, drachms, denarii, surface enrichment silver, recycled alloys.

Rezumat: Articolul prezintă rezultatele analizelor SEM/EDX efectuate asupra unor piese de podoabă dacice, drahme illire și denari romani republicani din tezaurul descoperit la Drăgești (jud. Bihor). Măsurătorile SEM/EDX indică pentru piesele de podoabă aliaje cu compoziții diferite: un aliaj cu un conținut ridicat de argint, în care cuprul se situează sub 5%, plumbul sub 1% și fără staniu (pentru brățări) și un aliaj neobișnuit argint-cupru-staniu-plumb (pentru zalele de lanț). Măsurătorile făcute pentru piesele de podoabă păstrate fragmentar arată că rezultatele obținute la suprafața pieselor diferă de compoziția miezului chiar și în cazul acestor aliaje cu standard de finețe ridicat (<96% Ag în analize de suprafață).

Scopul cercetării arheometalurgice îl constituie identificarea originii aliajului de argint folosit pentru producerea pieselor de podoabe dacice. Pentru drahmele de Apollonia și Dyrrhachium (originale, imitații și falsuri) au fost folosite și rezultatele măsurătorilor obținute prin metodele PIXE și XRF. Aceste măsurători au demonstrat că drahmele prezintă o diversitate remarcabilă: a) emisiuni „originale” din aliaj de argint cu un conținut variabil (70–93% Ag), în care cuprul este adăugat în mod deliberat; b) drahmele placate care au fost fabricate prin atașarea unui strat de argint înalt pe suprafața unui miez de cupru (și staniu) și c) falsuri din bronz sau staniu. Denarii romani republicani cu un conținut ridicat de argint (96–99%) prezintă compoziții relativ uniforme pentru elementele însoțitoare precum Cu, Au și Pb.

Abstract: In this paper we present the SEM/EDX analyses results performed on several Dacian silver jewellery, Illyrian drachms and Roman Republican denarii) from Drăgești

* Corina TOMA: Muzeul Țării Crișurilor Oradea-Complex Muzeal; e-mail: corinatoma00@yahoo.com.

** Lucian BARBU-TUDORAN: Institutul Național de Cercetare și Dezvoltare pentru Tehnologii Izotopice și Moleculare, Cluj-Napoca; e-mail: lucianbarbu@yahoo.com.

*** Mihai MUNTEANU: Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca; e-mail: mihai.munteanu@ethm.utcluj.ro.

hoard (Bihar County). The SEM/EDX analysis shows that the Dacian jewellery have different alloy compositions: a high-silver alloy with less than 5% copper, less than 1% lead and no tin (for the bracelets) and an unusual silver-copper-tin-lead alloy (for the chain). Measurements carried out for the fragmented ornament pieces show that the results of the surface differ from the original bulk composition even for these high silver alloys (< 96% Ag in surface analyses).

The purpose of archaeometallurgical research is the origin of the silver alloy used in Dacian jewellery production. For the Illyrian drachms (genuines, imitations and forgeries) we also used compositional data measured by PIXE and XRF methods. These measurements demonstrated that drachms come in a remarkable diversity: a) the „genuine” drachms with a varying silver alloy content (93–70% Ag), the copper being deliberately added to the alloy; b) the plated drachms which have been manufactured by attaching a high-silver layer onto the surface of a copper (and tin) core and c) forgeries made out of bronze or tin. The Roman Republican Denarii with a high content of silver (96–99%) show relatively uniform compositional profiles of elements like Cu, Au and Pb.

1. Introducere

Relația dintre monedele de import (i.e. tetradrahmele Macedoniei Prima și cele de Thasos, drahmele de Dyrhachium și Apollonia, denarii romani republicani) și fenomenul orfevreriei dacice este un subiect de discuție mai vechi. Cele două categorii de piese apar, adeseori, împreună în tezaure. Ipoteza că monedele au servit ca sursă de materie primă pentru producerea podoabelor este esențială, căci, atunci, începutul orfevreriei este condiționat de pătrunderea monedelor în Dacia preromană.

„La confecționarea podoabelor meșterii argintari daci foloseau, în cele mai multe cazuri, argint de foarte bună calitate (...). O întrebare firească se pune în legătură cu sursele de argint și anume, de unde au procurat dacii din acest teritoriu, materia primă?

Multe din tezaurele amintite în repertoriu sânt mixte, adică conținând deopotrivă și monete și podoabe (...), sau sânt găsite separat, dar în locuri totuși foarte apropiate (...). Acest fapt ni se pare elocvent pentru a vedea în monedele antice de tipul celor amintite cel puțin una din sursele de materie primă.

Nu ar fi exclus ca o parte din argintul necesar să fi fost adus din zonele miniere cunoscute, turnat în prealabil sub forma unor bare. Cunoaștem faptul că se foloseau la manufacturarea podoabelor asemenea bare, cel puțin după cum reiese din descoperirile de la Pecica, Stăncuța, Surcea, Tășad. Firește un răspuns mulțumitor nu vom putea obține numai după efectuarea analizelor tuturor tezaurelor de monede și podoabe”¹.

sau

„De un interes particular ar fi cunoașterea cât mai exactă a titlului argintului din respectivele monede (n.n. drahmele de Dyrhachium și Apollonia) și din imitațiile lor. Ar mai fi de adăugat faptul că circa 30 de tezaure mixte din Dacia cuprinzând și astfel de monede mai cuprind și obiecte de podoabă sau vase de argint, obținute se pare din topirea monedelor. Ele sunt un indiciu al modului în care era folosită cu precădere moneda de argint în Dacia secolului I î.Hr.: ca sursă de metal prețios, acumulat ca atare sau transformat în

¹ CHIDIOȘAN 1977, p. 69.

obiecte de prestigiu (...). Este verosimil însă, așa cum ne arată unele tezaure, că o parte a monedelor respective – cele cu greutate mică și deci cu valoare intrinsecă mai scăzută – să fi fost utilizată și în tranzacții comerciale sau de altă natură”².

Reciclarea monedelor în vederea confecționării podoabelor este plauzibilă, însă analizele elementale menite a elucida proveniența argintului din podoabele dacice (*i.e.* exploatarea minereurilor transilvănene și/sau reciclarea monedelor de import) sunt puține și nu suficient de concludente. Ca indiciu indirect al exploatării minereurilor transilvănene, nedocumentată arheologic, au fost invocate imitațiile monetare de tip greco-macedonean atribuite fazei târzii a monetăriei locale din Dacia (scyphatele dacice), bătute dintr-un aliaj argint/cupru puternic depreciat ce ar ilustra o criză a argintului declanșată de epuizarea filoanelor de suprafață și limitarea accesului la minereuri sărace în argint³.

Cronologiile propuse de către numismați și arheologi pentru scyphatele dacice și piesele de podoabă se suprapun (*i.e.* ultimul sfert al secolului II a.Chr. și primul sfert al secolului I a.Chr.), dar cele două categorii de obiecte, produse din aliaje cu standarde de finețe diferite, nu se asociază în tezaure și suprapunerea cronologică a fost trecută cu vederea. Paradoxal, debutul fenomenului orfevreriei dacice a fost fixat după încetarea baterii scyphatelor, dar nu înainte de pătrunderea tetradrahmelor thasiene⁴.

Prin urmare, cronologia pieselor de podoabă este legată de datările materialului numismatic care, în cazul monedei de import, vine cu două momente distincte, problematice și adeseori confundate: momentul baterii și cel al pătrunderii lor în Dacia. Separarea celor două momente și rezultatele cercetării numismatice asupra afluxului monedelor străine obținute în ultimele decenii determină coborârea semnificativă a cronologiilor tradiționale, cu impact direct asupra debutului și etapizării fenomenului orfevreriei dacice. În dezbatere sunt două scheme tipo-cronologice: una tripartită, mai lungă ca durată (150/125 a.Chr.–25/30 p.Chr.)⁵ și alta bipartită, cu o durată mult scurtată (75 a.Chr.–25 p.Chr.)⁶. Ambele scheme sunt construite pe datările mai vechi sau mai noi propuse pentru afluxul monedelor străine în Dacia. Relația dintre podoabe și scyphatele dacice nu este inclusă în dezbatere, deși cronologia scyphatelor – prin caracteristicile pastilei monetare, împrumuturile iconografice și asocierea în tezaure cu tetradrahmele Macedoniei Prima – este condiționată, de asemenea, de monedele de import.

Dacă cronologiile numismatice ce coboară cu mai bine de o jumătate de secol afluxul monedelor de import în Dacia (în special, al tetradrahmelor Macedoniei Prima și a celor de Thasos) sunt corecte, atunci impactul asupra datării fenomenului orfevreriei dacice este drastic și implică problema scyphatelor dacice, apropiind cronologic cele două fenomene: baterea imitațiilor monetare locale și producția podoabelor. Există însă o condiție: monedele străine să fie într-adevăr

² CONOVICI 1992, p. 64.

³ CHIRILĂ, LUCĂCEL 1970, p. 8–9; DAICOVICIU 1972, p. 182; CHIRILĂ, CHIFOR 1979, p. 70; CHIRILĂ, HUREZAN, BARBU 1987, p. 57 și urm.

⁴ HOREDȚ 1973, p. 147–152.

⁵ HOREDȚ 1973, p. 151; RUSTOIU 2020, p. 11–38.

⁶ SPÂNU 2019, p. 167–206.

sursa de materie primă și afluxul lor în Dacia preromană să provoace (sau să contribuie) la debutul producției.

2. Metoda de analiză SEM/EDX și eșantionul de lucru

Analizele de microscopie electronică cu baleiaj au fost efectuate în *Laboratorul Integrat Microscopie Electronică al Institutului Național de Cercetare și Dezvoltare pentru Tehnologii Izotopice și Moleculare* din Cluj-Napoca, cu un aparat Hitachi CFEG SEM tip SU8320 HR (Japonia), iar determinarea compoziției elementale (prin metoda spectroscopiei de raze X cu dispersie de energie) s-a realizat cu ajutorul unui detector EDX de la Oxford Instruments (Marea Britanie)–80 Xmax.

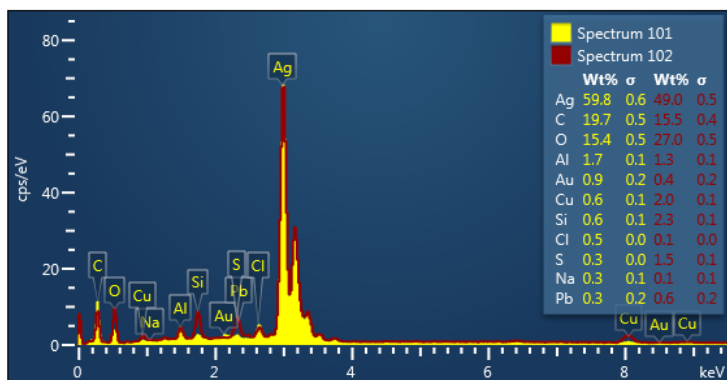


Fig. 1. Brățara din bară torsionată din tezaurul de la Drăgești (jud. Bihor): rezultatele măsurătorilor efectuate la suprafață (Spectrum 101) și în miez (Spectrum 102) înainte de eliminarea contaminărilor.

Analiza elementală SEM/EDX este o analiză calitativă și semi-cantitativă⁷ cu o marjă de eroare în jurul valorii de 1%, ceea ce face ca limitele de detecție pentru elementele urmă să fie destul de slabe. Dar, pe lângă faptul că este foarte rapidă, cuplarea cu un microscop electronic cu baleiaj oferă posibilitatea asocierii detaliilor morfologice de suprafață, furnizate de imaginile de înaltă rezoluție, cu compoziția elementală a zonei respective⁸. Astfel, se poate decela ușor prezența unor contaminări în zonele declive (Al, Si, Fe, Ca-elemente specifice pământului și prafului, **Fig. 1**) sau chiar variații ale raportului Ag/Cu în zone cu uzură accentuată. Marele avantaj al acestei metode îl constituie faptul că probele nu necesită nicio preparare, fiind o tehnică complet neinvazivă pentru obiecte de patrimoniu cu o suprafață de până la 100 cm².

Studiul morfologic și elemental a vizat un eșantion mai larg format din podoabe dacice din argint și monede (tetradrahme thasiene, drahme illire și denari romani republicani) din colecția Muzeului Țării Crișurilor din Oradea. Articolul de față

⁷ În măsurătorile de suprafață, unele elemente (e.g. plumbul sau staniul) pot să apară ca fiind mai abundente, altele mai sărace decât cantitățile reale.

⁸ Pentru avantajele și dezavantajele metodei SEM/EDX vezi LINKE, SCHREINER, DEMORTIER 2004, p. 173.

prezintă rezultatele obținute pentru piesele selectate din tezaurul găsit la Drăgești (jud. Bihor), localitate situată la c. 25 km sud-est de Oradea, în apropierea cetății dacice de la Tășad⁹. Nota specifică a tezaurului de la Drăgești este dată de asocierea pieselor de podoabă dacice (fibule cu noduri, brățări și lanțuri din zale de sârmă) cu drahme de Dyrhachium și Apollonia (originale și imitații) și cu denari romani republicani.

Pentru un eșantion reprezentativ (în raport cu repertoriul podoabelor dacice), având în vedere că cercetarea a inclus tezaurul de la SacalasaŃu Nou și Tășad (jud. Bihor), în care fibulele cu noduri ilustrează întregul ciclu de producție (de la faza în curs de prelucrare la forma finită), din tezaurul de la Drăgești au fost selectate fragmente din cele două brățări, o verigă de lanț, o drahmă de Apollonia și doi denari romani republicani (Pl. 1).

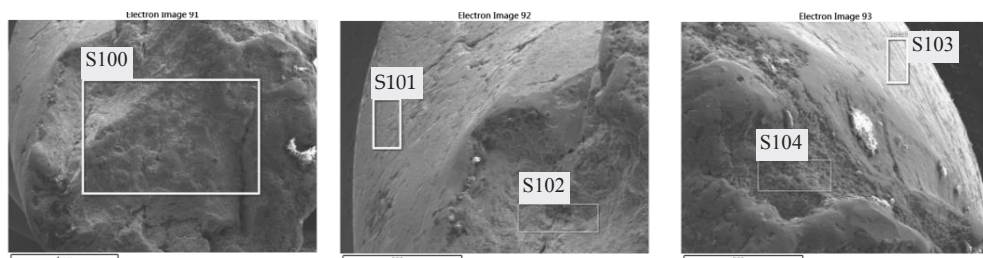
3. Rezultate și discuții


a. Pieselor de podoabă dacice din tezaurul de la Drăgești (jud. Bihor)

a.1. Brățara din bară torsionată (Pl. 1/3)

Greutatea: 24,21 g; Grosimea max. a barei: 3,1 × 3,2 mm.

Brățara obținută dintr-o bară pătrată în secțiune, obținută prin batere și incizată pe fiecare latură înaintea torsionării. La capete, bara aplatizată formează o buclă, decorată prin poansonare. Brățara a fost ruptă de către descoperitori.



Brățară bară de la Drăgești (inv. 10156)	Măsurători	wt (%)*				
		Ag	Cu	Sn	Pb	Au
	EM 91 Spectrum 100	92,7	5,8	-	1,0	0,5
	EM 92 Spectrum 102	94,4	3,7	-	1,1	0,8
	EM 93 Spectrum 104	94,0	4,8	-	0,7	0,5
	Miezul piesei (media)	93,7	4,7	-	0,9	0,6
	EM 92 Spectrum 101	97,4	0,9	-	0,4	1,3
	EM 93 Spectrum 103	95,8	1,6	-	-	2,6
	Suprafața piese (media)	96,6	1,2	-	0,2	1,9

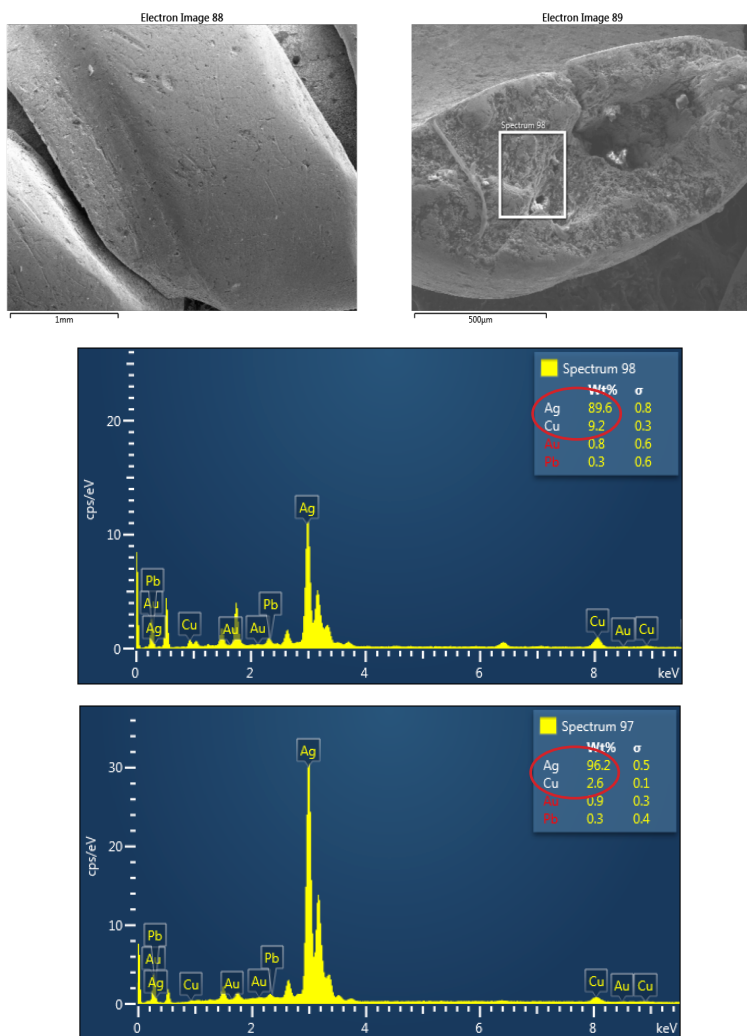
* Wt% (weight percentage) este procentul de masă calculat din masa totală analizată.

Fig. 2. Drăgești-brățara torsionată: imagini SEM și compoziția elementală a zonelor respective.

⁹ CHIDIOȘAN *et alii* 1978, p. 27–50; SĂȘIANU 1980, p. 122–124/49; MOISIL, DEPEYROT 2003, p. 29/6; TOMA 2013a, p. 331–333.

Pentru brățara din bară torsionată au fost efectuate cinci măsurători care au vizat atât suprafața, cât și miezul piesei (**Fig. 2; Pl. 2**). Măsurătorile indică, în funcție de zona investigată, fluctuații de câteva procente ale conținutului de Ag (92–97%) și Cu (0,9–5,8%), adeseori pierdute din vedere, căci, potrivit uzanțelor, pentru identificarea aliajului se recurge la calculul valorilor medii.

Într-o oarecare măsură, oscilațiile pot fi puse pe seama neomogenității aliajului Ag/Cu, dar în cazul brățării de la Drăgești, ruptă din vechime, investigațiile arată o creștere de câteva procente a cantității de argint în măsurătorile de la suprafața piesei, comparativ cu cele înregistrate în interiorul barei torsionate (**Fig. 2**). Diferențele nu sunt foarte mari, dar s-a observat că neconcordanța dintre suprafață și miez se repetă în cazul măsurătorilor făcute pentru o altă piesă păstrată fragmentar: veriga de prindere a pandantivului-cui din tezaurul de la Oradea „Sere” (jud. Bihor) (**Fig. 3**).




Veriga de la Oradea (inv. 6457-1)	Măsurători	wt (%)				
		Ag	Cu	Sn	Pb	Au
	EM 86 Spectrum 95	95,2	3,3	-	0,6	0,9
	EM 87 Spectrum 96	95,5	2,2	1,0	0,4	0,8
	EM 88 Spectrum 97	96,2	2,6	-	0,3	0,9
	EM 90 Spectrum 99	96,2	2,5	-	0,6	0,7
	Suprafața piesei	95,7	2,6	0,2	0,4	0,8
	EM 89 Spectrum 98 (Miezul piesei)	89,6	9,2	-	0,3	0,8

Fig. 3. Oradea „Sere”-veriga de prindere a pandantivului-cui: imagini SEM și compoziția elementală a zonelor respective.

Detaliile morfologice din interiorul piesei surprinse cu ajutorul microscopului electronic și analizele elementale punctuale infirmă, pentru brățara din bară torsionată din tezaurul de la Drăgești, ipoteza unei piese „cu miez și înveliș” propusă în urmă cu un deceniu¹⁰. „Miezul” observat în imaginile microscopice este rezultatul modificărilor apărute în structura barei în urma operațiunilor la care a fost supusă piesa în timpul manufacturării (batere, torsionare ș.a.) și diferențele de compoziție dintre suprafață și miez nu pot fi explicate prin utilizarea unor aliaje diferite.

Procentele mai mari de argint din măsurătorile de suprafață sugerează fenomenul îmbogățirii suprafeței piesei prin dispariția parțială a cuprului în urma procesului de oxidare¹¹. Fenomenul a fost observat în special pentru piese realizate din aliaje argint/cupru cu un conținut de Ag < 80%, căci în cazul în care procentul de argint crește în defavoarea cuprului piesele sunt mai puțin afectate și diferențele compoziționale dintre miez și înveliș se reduc. La baza fenomenului stau diverse cauze: alternarea proceselor de batere și recoacere din timpul producției, posibilele tratamente aplicate în faza de post-producție, coroziunea din perioada îngropării sau operațiunile de conservare de după descoperire ce duc la dispariția parțială a cuprului de la suprafață¹². Potrivit studiilor, adâncimea la care se produce îmbogățirea cu argint variază în funcție de compoziția aliajului (zeci sau sute de microni), dar analizele de suprafață SEM/EDX sau XRF efectuate la adâncimi mult prea mici nu permit traversarea zonei afectate și investigarea miezului care reflectă compoziția originală a aliajului.

Diferențele sesizate în cazul celor două piese de podoabă dacice, a căror stare de conservare a permis analiza în profunzime, sugerează posibilitatea ca fenomenul îmbogățirii cu argint a suprafeței să fie măsurabil și în cazul aliajelor argint/cupru bogate în Ag ($\geq 90\%$)¹³ și finețea reală a argintului să fie dată de compoziția miezului.

¹⁰ Vezi TOMA 2013b.

¹¹ MOUREY 1998, p. 10–13.

¹² CONDAMIN, PICON 1965, p. 110–114; LINKE, SCHREINER, DEMORTIER 2004, p. 172–178; BECK *et alii* 2004, p. 153–162; GIUMILIA-MAIR 2005, p. 35–43; BECK *et alii* 2008, p. 2320–2324; MORENO-SUÁREZ *et alii* 2015, p. 93–97 ș.a.

¹³ În studiile de arheometrie realizate pentru piesele de podoabă dacice prin metoda Fluorescenței de Raze X s-a pornit de la premisa că pentru piesele cu peste 90% argint, compoziția înregistrată la suprafața este identică cu compoziția miezului (*Proiect de cercetare. Studii de arheometalurgie pe Aurul și Argintul Dacic folosind metode performante de Spectrometrie de Raze X. Faza 5: Caracterizarea arheo-metalurgică a monedelor de argint de tip Geto-Dacic Extra-Carpatic și Transilvane,*

În compoziția aliajului întrebuițat pentru confecționarea brățării din bară torsionată apar aurul și plumbul, metale care se corodează greu, însă măsurătorile avute la dispoziție nu ne arată dacă plumbul, asemeni aurului, urmează soarta argintului¹⁴.

a.2. Brățara din placă (Pl. 1/4)

Greutate: 8,69 g; Grosimea plăcii: 0,7 mm.

Brățară confecționată dintr-o placă de argint obținută prin batere pe un suport (ambutisare) și decorată prin poansonare.


Brățară din placă de la Drăgești (inv. 10157)	Măsurători SEM/ EDX	wt (%)				
		Ag	Cu	Sn	Pb	Au
	EM 94 Spectrum 105	95,0	3,5	-	0,9	0,5
	EM 95 Spectrum 106	94,2	3,7	-	1,1	1,0
	EM 96 Spectrum 107	95,8	2,8	-	1,2	0,3
	EM 97 Spectrum 108	93,7	5,5	-	0,3	0,5
	Valorile medii	94,6	3,8	-	0,8	0,5

Fig. 4. Drăgești-brățara din placă decorată: rezultatele măsurătorilor SEM/EDX.

Pentru brățările din tezaurul de la Drăgești confecționate prin tehnici diferite din aliaje argint/cupru bogate în argint (Fig. 2, Fig. 4; Pl. 3), măsurătorile nu indică explicit modificări intenționate ale compoziției chimice din rațiuni tehnologice, deși, în principiu, între proprietățile metalului și operațiunile de manufacturare sunt presupuse legături strânse. Procentele de Cu > 1% pot fi considerate un adaos deliberat menit să coboare punctul de topire al aliajului și să crească rezistența mecanică a brățărilor cu capete libere¹⁵. Urmele de aur și plumb sunt reziduuri din minereu sau, în cazul plumbului, resturi rămase în urma implicării lui în procesul de rafinare a argintului.

Analiza SEM/EDX nu a detectat staniu, dar măsurătorile efectuate prin metoda Fluorescenței de Raze X în cadrul programului ROMARCHAEOMET pentru piese de podoabă dacice prelucrate prin batere și torsionare sau ambutisare indică utilizarea unor aliaje argint/cupru care pot (sau nu) să conțină staniu¹⁶:

- Argint aliat cu Cu

citat în continuare CONSTANTINESCU *et alii* 2015). Studiile asupra aliajelor argint/cupru arată că fenomenul îmbogățirii suprafeței este măsurabil în cazul pieselor cu un conținut de Ag < 91,2% (BORGES *et alii* 2017, p. 103–111), dar nu a fost detectat pentru aliaje ce conțin 96–98% Ag (AGER *et alii* 2013, p. 241–244).

¹⁴ Pentru comportamentul elementelor minore și al elementelor urmă vezi HRNJIC *et alii* 2020, p. 16–19.

¹⁵ GUERRA 2000, p. 390, 393; MÖDLINGER, DRNIĆ, PICCARDO 2012, p. 1.345.

¹⁶ Proiect PN-II-ID-PCE_2011_3_0078. Studii de arheometalurgie pe Aurul și Argintul Dacic folosind metode performante de Spectrometrie de Raze X. Raport științific pentru perioada octombrie 2011–octombrie 2016 (citat în continuare CONSTANTINESCU *et alii* 2016) și Caracterizarea arheo-metalurgică a podoabelor și toreuticii de argint dacice. Comparația între valorile compoziționale ale aliajelor obținute prin metode diferite nu este recomandată, însă în cazul pieselor de podoabă dacice sunt singurele disponibile.

Colan placă de la Sărăcsău (jud. Alba): Ag 94,6%, Cu 2,8%, Au 0,6%, Pb 0,6%, Fe 0,4%¹⁷.

- *Argint aliat cu bronz (Cu+Sn)*

Colan din bară netorsionată de la Sărăcsău (jud. Alba): Ag 90,4%, Cu 5,3%, Sn 2,4%, Au 0,7%, Pb 0,8%.

Colan din bară torsionată de la Slimnic (jud. Sibiu): Ag 94,1%, Cu 3,3%, Sn 1,2%, Au 0,6%, Pb+Bi 0,2%¹⁸.

Brățară din sârmă de la Slimnic (jud. Sibiu): Ag 93,8%, Cu 3,4%, Sn 1,0%, Au 0,7%, Pb+Bi 0,6%¹⁹.

Fără a exclude valori situate sub limita de detecție²⁰, rezultatele analizei SEM/EDX indică absența Sn din compoziția brățărilor de la Drăgești, adică utilizarea argintului aliat cu cupru.

a.3. Lanțul din zale nepliate (pl. 1/5)

Greutate: 21,28 g; Grosimea barei: 2,1x2,2 mm.

Lanț din verigi de forma cifrei opt realizate prin batere din sârme obținute prin trefilare.

Argintul aliat cu cupru și staniu apare în cazul lanțului din zale nepliate din tezaurul de la Drăgești, dar procentele ridicate de staniu și plumb sunt contrare intenției de a îmbunătăți calitățile aliajului (fig. 5; pl. 4). În mod obișnuit, aurul și plumbul sunt considerate elemente urmă, căci nu exista o metodă pentru separarea aurului, iar plumbul rămas depindea de calitatea procesului de cupelație.

Plumbul peste limita admisă pentru elementele urmă (Pb > 1%) a fost detectat în cadrul aceluiași set de analize SEM/EDX pentru alte două piese, dar și în cazul lotului de podoabe dacice investigate în cadrul programului ROMARCHAEOMET prin metoda Fluorescenței de Raze X:

- SEM/EDX: Pandantiv-cui de la Oradea „Sere” (jud. Bihor): Ag 81,6%, Cu 14,9%, Sn 0,6%, Pb 1,1%, Au 1,1%, Zn 0,4%.

- SEM/EDX: Fibula în curs de prelucrare de la Sacalasa Nou (jud. Bihor): Ag 97,6%, Cu 1,1%, Pb 1,1%.

- XRF: Fibula cu noduri de la Tilișca (jud. Sibiu): Ag 91,5%, Cu 2,8%, Sn 0,4%, Pb 1,3%, Au 0,6%, Fe 3,3%²¹.

Plumbul influențează capacitatea de turnare prin creșterea fluidității aliajului, dar nu se adaugă în compoziția pieselor care trec prin batere, căci împiedică deformarea la rece, și nici în a celor care necesită flexibilitate și elasticitate²². Analizele

¹⁷ CONSTANTINESCU *et alii* 2016: „Argint aliat cu ceva cupru din considerente mecanice”.

¹⁸ CONSTANTINESCU *et alii* 2016: „Argint balcanic (topire tetradrahme thasiene) aliat cu o cantitate de bronz”.

¹⁹ CONSTANTINESCU *et alii* 2016: „Obținută cel mai probabil din același lingou ca și torques-ul”.

²⁰ Analiza SEM/EDX nu detectează elementele Bi și Sn dacă valorile sunt sub 0,1% (ppm/părți la un milion).

²¹ CONSTANTINESCU *et alii* 2016: „Fibula din aliaj “normal” argint-cupru cu adaos de plumb pentru a-i spori maleabilitatea”.

²² Despre prezența plumbului în aliajele Cu/Sn vezi MÖDLINGER, DRNIĆ, PICCARDO 2012, p. 1.344, 1347–1348.

SEM/EDX indică proporții Cu-Sn-Pb aleatorii care nu susțin ipoteza unei alieri deliberate în scopul obținerii un aliaj mai ușor de topit²³, dar procentul de 1,6% depășește limita admisă pentru elementele urmă. Prin urmare, prezența plumbului în compoziția podoabelor dacice care trec prin operațiuni repetate de baterie nu are o explicație metalurgică. Plumbul poate rezulta din minereu sau în urma cupelației, dar se prea poate să fi contaminat cuprul, sau să fi existat în amestecul cupru-staniu utilizat în alierea cu argintul.





Lanțul din zale (inv. 10159)	Măsurători SEM/EDX	wt (%)				
		Ag	Cu	Sn	Pb	Au
	EM 98 Spectrum 109	91,9	2,8	2,4	1,7	1,2
	EM 99 Spectrum 110	91,8	2,9	3,0	1,6	0,7
	EM 100 Spectrum 111	90,3	3,2	3,9	1,7	0,8
	Valorile medii	91,33	2,96	3,1	1,66	0,9

Fig. 5. Drăgești-lanțul de zale nepliate: rezultatele măsurătorilor SEM/EDX.

Procentul ridicat de staniu din compoziția lanțului de la Drăgești este surprinzător. Analizele efectuate pentru lanțurile din zale pliate din tezaurele de podoabe dacice și scordisce indică absența staniului sau procente situate la nivelul impurităților metalurgice în aliaje de argint depreciate prin adaosul de cupru sau cupru/staniu:

- SEM/EDX. Lanțul de la Oradea „Sere”: Ag 97%, Cu 2,2%, Pb 0,5%, Au 0,5%²⁴.
- XRF. Lanțul de la București-Herăstrău: Ag 95,8%, Cu 1,3%, Au 1,7%, Pb 0,7%, Zn 0,1%, Bi 0,1%²⁵.

- pXRF. Lanțurile de la Zidovar (Serbia)²⁶:

Lanțul nr. 1: Împletitura din zale: Ag 96%, Cu 2,6–3,3%, Sn < 0,2%, Pb 0,6–1%, Fe < 0,2%

Veriga de la capete: Ag 93%, Cu 4,4%, Sn < 0,2%, Pb 2,2%, Fe < 0,2%

Veriga de la capete: Ag 93%, Cu 3,6%, Sn 1,6%, Pb 1,7%, Fe < 0,2%

Lanțul nr. 2: Împletitura din zale: Ag 96%, Cu 2,6–3,3%, Sn < 0,2%, Pb 0,6–1%

Veriga de la capete: Ag 91%, Cu 4,3%, Sn 3,1%, Pb 1,3%, Fe < 0,2%

Veriga de la capete: Ag 93%, Cu 2,6%, Sn 4,0%, Pb 0,9%, Fe < 0,2%

- pXRF. Lanțul de la Sisak (Croatia)²⁷:

Ag 97,6%, Cu 1,4%, Pb 0,1%, Au 0,4%, Fe 0,1%, Ni 0,2%.

Ag 98,2%, Cu 0,5%, Pb 0,2%, Fe 0,3%, Zn 0,1%.

- pXRF. Lanțul de la Psarjevo (Croatia): Ag 98,1%, Cu 0,8%, Sn 0,1%, Pb 0,4%, Au 0,5%²⁸.

²³ Punctul de topire al Cu este de 1083°C, iar Ag se topește la 961,9°C, prin amestecul cuprului cu plumb se obține un aliaj eutetic care se topește la o temperatură inferioară punctelor de topire ale elementelor care îl formează.

²⁴ Analiză efectuată în laboratorul Institutului Național de Cercetare și Dezvoltare pentru Tehnologii Izotopice și Moleculare (ICDTIM) din Cluj-Napoca.

²⁵ SPÂNU, COJOCARU 2009, p. 101, 103–104/3.

²⁶ ŽIVKOVIĆ *et alii* 2014, p. 164/tab. 11 și 12.

²⁷ DRNIĆ, FRANJIĆ 2014, p. 84, Appendix 3/P-17195, pl. 1/5.

²⁸ DRNIĆ, FRANJIĆ 2014, p. 88, Appendix 2/P-10674, pl. 1/7.

În setul de analize SEM/EDX efectuate, lanțul de la Drăgești este singura piesă confecționată dintr-un aliaj în care conținutul de staniu îl întrece pe cel al cuprului. Aliaje de acest tip au fost identificate pentru o serie de podoabele dacice analizate prin metoda XRF (programul ROMARCHAEOMET)²⁹:

- Fibula de la Gherla (jud. Cluj): Ag 91,4%, Cu 3%, Sn 3,9%, Pb 0,4%, Au 0,7%, Fe 0,4% (ruptă și nituită).
- Fibulă din Transilvania: Ag 91,9%, Cu 2,4%, Sn 4,2%, Pb 0,3%, Au 0,7%, Fe 0,4%.
- Fragment de bară de la Jimbor (jud. Brașov): Ag 94,1%, Cu 1,5%, Sn 2,2%, Au 0,9%, Pb 0,6%, Fe 0,7%.
- Fibula în curs de prelucrare de la Jimbor (jud. Brașov): Ag 94,1%, Cu 1,5%, Sn 2,2%, Au 0,9%, Pb 0,6%, Fe 0,7%.

Același tip de aliaj (în care Sn > Cu), dar mai sărac în argint, îl regăsim în cazul scyphatelor dacice de tip Rădulești-Hunedoara din tezaurul descoperit în situl de la Grădiștea de Munte, jud. Hunedoara (analiză XRF)³⁰:

- Ag 90%, Cu 3,1%, Sn 4,6%, Au 0,7%, Pb 0,2%, Bi 0,2%
- Ag 89%, Cu 3,8%, Sn 5,6%, Au 0,6%, Pb 0,3%, Bi 0,3%

Adaosul de staniu are proprietatea de a reduce temperatura de topire a aliajului, care devine mai moale și mai ductil (curge), dar în cantități mai mari, având un punct de topire coborât, se separă și fragilizează aliajul. Lanțul din tezaurul de la Drăgești format din zale simple, curbate în forma cifrei 8, dar rămase nepliate este unic în repertoriul orfevreriei dacice. Aliajul nepotrivit care a cauzat ruperea zalelor fără ca acestea să mai treacă prin procesul plierii ar putea explica unicitatea tipologică a piesei. Pentru lanțuri din zale pliate, îmbinate strâns asemeni unei împletituri, măsurătorile XRF avute la dispoziție indică aliaje maleabile, cu un conținut de cupru redus și fără staniu.

Prin urmare, aliajul folosit la confecționarea zalelor lanțului de la Drăgești nu este rezultatul unui adaos controlat de cupru și staniu, cerut de caracteristicile fizico-morfologice ale piesei. Starea precară de conservare a podoabelor confecționate din acest tip de aliaje (Sn > Cu) și procentele aleatorii ce nu țin cont de funcționalitatea piesei duc spre ipoteza utilizării unor aliaje reciclate. Întrebunțarea unor aliaje „normale” dovedește că meșterii aveau cunoștințe empirice despre proprietățile și caracteristicile metalului, dar, în cazul folosirii aliajelor reciclate, ei nu puteau controla conținutul preexistent de Cu, Sn și Pb.

Alierea argintului cu procente mari de cupru și staniu este specifică monedelor dacice din a doua fază a monetăriei locale, însă, până la descoperirea tezaurului de la Grădiștea de Munte (jud. Hunedoara), analizele au arătat că argintul atinge conținutul maxim în jurul valorii de c. 70%³¹. Aliajul cu o compoziție cvasi-identică

²⁹ CONSTANTINESCU *et alii* 2016: Compoziția pieselor în care conținutul de Sn > Cu a fost interpretată ca fiind rezultatul „alierii consecutive a argintului cu cupru (normală metalurgic), urmată ulterior de o aliere cu staniu (nejustificată metalurgic-staniu se „separa”-segreghează „izolându-se” de argint sau cupru în aliaj; explicația alierii trebuie să fie alta decât una practică, probabil era impusă de o schimbare în mentalitate)”.

³⁰ CONSTANTINESCU *et alii* 2018.

³¹ CONSTANTINESCU *et alii* 2015; CONSTANTINESCU *et alii* 2020; MUNTEANU, TOMA, BARBU-TUDORAN 2020; TOMA, MĂRGINEAN 2021, p. 59–64.

folosit la confecționarea podoabelor dacice și baterea monedelor de tip Rădulești-Hunedoara, la care se adaugă informațiile numismatice ce pledează pentru coborârea cu câteva decenii a cronologiei scyphatelor dacice, apropiere fenomenul baterii imitațiilor monetare din ultima fază a monetăriei locale din Dacia de producția pieselor de podoabă.

b. *Analiza elementală a monedelor de import din tezaurul de la Drăgești (jud. Bihor)*

b.1. *Drahmele de Apollonia și Dyrhhachium*³²

Alături de podoabe, tezaurul de la Drăgești conține 136 de monede: 124 drahme de Apollonia (originale și imitații), 9 drahme de Dyrhhachium și 3 denari romani republicani³³. Constrânși la o limitare a numărului de piese, analiza SEM/EDX a vizat o drahmă de Apollonia și doi denari republicani, căci, în cazul monedelor, avem la dispoziție rezultatele investigațiilor complementare XRF și PIXE efectuate de Bogdan Constantinescu în anii 1997–2001 în Laboratorul Cyclotron al Institutul Național de Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei” București³⁴.

Pentru drahma de Apollonia, analiza SEM/EDX a identificat un aliaj argint-cupru, depreciat printr-un adaos de cupru mai mare decât în cazul podoabelor și cu un conținut de plumb ce depășește valorile elementelor urmă (Fig. 6). Măsurătorile au fost efectuate la suprafața monedei și diferențele de câteva procente pentru conținutul de argint și cupru sunt determinate de geometria piesei (Pl. 5a-b).

Analizele XRF-PIXE efectuate în laboratorul IFIN-HH pe un lot de 11 drahme de Apollonia din tezaurul de la Drăgești indică aliaje cu un conținut de argint variabil, depreciat prin adăugarea cuprului și (posibil) a plumbului (Fig. 7). Cantități infime de staniu și bismut au fost detectate la nivel de ppm ($\leq 0,1\%$). Folosirea unor aliaje eterogene este reflectată de variații mari ale raportului argint/cupru înregistrate pentru emisiunile aceluiași magistrat (*i.e.* Timen Damoponthos). Având în vedere că, aceste monede au un conținut mai scăzut de argint, ce le predispune fenomenului îmbogățirii suprafeței, iar măsurătorile au fost făcute la o adâncime de câțiva zeci de microni, cel mai probabil standardul de finețe al drahmelor de Apollonia coboară sub valorilor măsurate³⁵.

³² Pentru datarea emisiunilor târzii din care fac parte drahmele din tezaurul de la Drăgești: CONOVICI 1986, p. 75 (Dyrhhachium grupa V: 97–85 a.Chr. și Apollonia subgrupa B II: 104/102-85/83 a.Chr.); PICARD, GJONGEJAJ 2000, p. 153–159; PETRÁNYI 2006, p. 263–267; META 2012, p. 22; META 2014, p. 326–328. Producția monetară determinată de necesitatea finanțării campaniilor romane în Balcani este intensă și neregulată, greutatea monedelor se reduce, ștanțele celor două orașe-asociate într-un fel de alianță monetară-se amestecă, iar emisiunile *subaerate* sunt produse chiar în monetăriile oficiale.

³³ SĂȘIANU 1980, p. 122–124.

³⁴ Rezultatele analizelor XRF și PIXE (Emisiei razelor X induse de particule încărcate), efectuate în urma unor contracte de prestări servicii încheiate între Muzeul Țării Crișurilor din Oradea și „Institutului Național de Cercetare și Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară Horia Hulubei” (IFIN-HH), ne-au fost trimise de către domnul Bogdan Constantinescu. Au fost analizate monede din colecțiile Muzeului Țării Crișurilor și ale Institutului de Arheologie „Vasile Pârvan” din București, selecția fiind făcută de Alexandru Sășianu (MȚCO). Rezultatelor obținute au fost sintetizate în articolele: BUGOI *et alii* 1999; CONSTANTINESCU, SĂȘIANU, BUGOI 2003; CONSTANTINESCU *et alii* 2009.

³⁵ CONSTANTINESCU, SĂȘIANU, BUGOI 2003, p. 5: În urma comparării valorilor de suprafață cu concentrațiile de la adâncimea de 100 μm , autorii constată o scădere de la 93% la

Drahmă Apollonia (Drăgești, inv. 892-1)	Măsurători SEM/EDX	(%)						
		Ag	Cu	Sn	Pb	Au	Zn	Mg
Aghias Epikadou (Ceka 3)	EM14 Spectrum 17	89,0	8,7	-	1,6	0,3	-	0,4
	EM16 Spectrum 20	92,1	5,7	-	1,6	0,6	-	-
	EM18 Spectrum 22	91,4	6,0	-	2,1	0,5	-	-
	EM19 Spectrum 23	94,5	4,1	-	0,4	0,7	-	0,3
	EM20 Spectrum 24	96,9	2,4	-	-	0,7	-	-
	EM21 Spectrum 25	93,2	5,6	-	-	1,1	-	-
	EM22 Spectrum 26	91,3	6,8	-	1,6	0,3	-	-
	Media	92,62	5,61		1,46	0,6		0,35

Fig. 6. Drăgești-drahmă de Apollonia: rezultatele măsurătorilor SEM/EDX.

Drahme Apollonia (Drăgești, inv. 892)	wt%						
	Ag	Cu	Sn	Pb	Au	Zn	Bi
Timen Damophontos (Ceka 115)	92,5	5,2	100 ppm	1,25	0,7	-	-
Timen Damophontos (Ceka 115)	82,5	14,5	450 ppm	2,3	0,5	-	-
Timen Damophontos (Ceka 115)	82	15,2	0,1%	1,9	0,5	-	-
Timen Damophontos (Ceka 115)	91	7	350 ppm	0,7	0,75	-	500 ppm
Nikandros Andriskou (Ceka 83)	90	8	100 ppm	0,9	0,6	-	-
Philon Meniskou (Ceka 438)	87	10	150 ppm	1,55	0,85	-	0,15%
Nespecificat	93	4,8	100 ppm	1,25	0,65	-	-
Niken Aytoboulou (Ceka 88)	90	7	100 ppm	2,05	0,7	-	-
Ariston Ainea (Ceka 24)	93	5	200 ppm	0,95	0,65	-	-
Meniskos Lykiskou (Ceka 325)	88	10	100 ppm	0,85	0,6	-	-
Meniskos Dionysiou (Ceka 320)	92	6,05	200 ppm	1,1	0,35	-	-

Fig. 7. Rezultatele analizelor XRF-PIXE efectuate pe un lot de 11 drahme de Apollonia din tezaurul de la Drăgești (IFIN-HH, Constantinescu și alții-lot analizat în anul 1998).

Analizele menționate sunt pentru drahmele considerate-prin prisma conținutului ridicat de argint și a calității reprezentărilor monetare-emisiuni ale atelierelor oficiale. Investigațiile extinse, spre exemplu, asupra drahmelor bătute de Apollonia cu ștanțe de Dyrrhachium, scot în evidență amploarea fenomenului deprecierei drahmelor ilire considerate de către numismați *monedă de război*: Ag 78–92%, Cu 4–20%, Au 0,2–0,8%, Pb 2–4%, urme de Sn și Bi³⁶.

Drahmele de Dyrrhachium din tezaurul de la Drăgești nu au fost incluse în lotul de analize SEM/EDX. Măsurătorile XRF-PIXE efectuate pe alte loturi de drahme indică o situație similară (depreciere monedelor prin alierea deliberată cu cantități mari de cupru) și un fenomen al copierii și falsificării ce include exemplare din bronz sau staniu³⁷:

82% pentru concentrația de Ag și o creștere de la 6% la 17% pentru Cu; CONSTANTINESCU *et alii* 2009, p. 4.

³⁶ BUGOI *et alii* 1999, p. 780, tab. 2/grupa II; CONSTANTINESCU *et alii* 2009, tab. 1/grupa II (107 monede).

³⁷ SĂȘIANU 1987, p. 209–219.

a. *Exemplare din bronz acoperite cu un strat subțire de staniu identificate în tezaurul de la Troianul (fost Belitori, jud. Teleorman):* Cu 62–72%, Sn 28–33%, Pb 0,1–0,4%³⁸.

ex. Cu 70,5%, Sn 28,5%, Pb 0,12%, urme Ag 0,05%.

Cu 70,5%, Sn 28,8%, Pb 0,15%, urme Ag 0,03%.

Cu 70%, Sn 29%, Pb 0,08%, urme Ag 0,07%.

Cu 70,5%, Sn 29%, Pb 0,10%.

Cu 70%, Sn 29,5%, Pb 0,09%, urme Ag 0,07%.

b. *Exemplare cu un conținut ridicat de staniu (Sn > Cu)*

Ag 67,3%, Cu 10%, Sn 20%, Au 0,5%, Pb 1,3%, Bi 0,20%³⁹.

c. *Exemplare din staniu („bronz alb”)*

Sn 90%, Cu 7%, Pb 0,1% (Tezaurul de la Troianul, jud. Teleorman)⁴⁰

Sn 90%, Cu 6%, Pb 0,1% (Ineu, jud. Arad)⁴¹

Sn 87,5%, Cu 11,5%, Pb 0,15% (Sarmizegetusa/Grădiștea de Munte, jud. Hunedoara)⁴²

Prezența staniului în compoziția drahmelor (în special a imitațiilor) a fost constatată și în cazul drahmelor de Dyrhachium descoperite undeva în sudul sau sud-estul Ungariei⁴³. Rezultatele analizei micro-PIXE au arătat, și de această dată, degradarea calității aliajului de argint (98%→70%Ag) prin substituirea intenționată cu procente mari de cupru. În privința imitațiilor, în cazul uneia dintre piesele susceptibile, miezul s-a dovedit a fi obținut dintr-un aliaj cu un conținut de cupru ridicat: Ag 50,5%, Cu 46%, Sn 2,5%, Au 0,2%, Pb 0,4%, Zn 0,3%, Bi 0,06%⁴⁴.

Analizele XRF-PIXE efectuate în laboratorul IFIN-HH au permis, în cazul pieselor fragmentare, identificarea și analiza emisiunilor placate (*subaerate*), presupuse a fi produse chiar în atelierele oficiale: un strat cu un conținut ridicat de argint (c. 95–97%) ce învelește un miez dintr-un aliaj cupru/staniu (Cu 90–97% și Sn 3–10%)⁴⁵. Stratul de argint cu o grosime de c. 0,2–0,5 mm ce nu poate fi străbătut prin investigațiile de suprafață demonstrează dificultatea identificării contra-facerilor cu stil bun și nuanțează problematica aliajelor obținute în cazul reciclării drahmelor illire.

³⁸ BUGOI *et alii* 1999, p. 779–780, Tab. 2/grupa IV; CONSTANTINESCU, SĂȘIANU, BUGOI 2003, p. 7; CONSTANTINESCU *et alii* 2009, tab. 1/grupa IV (54 monede). Exemplificările au fost extrase din listele trimise de B. Constantinescu (analize XRF-PIXE efectuate în decembrie 1999: nr. 738/1–2, 3–4 și octombrie 2001).

³⁹ Analiză XRF-PIXE efectuată CONSTANTINESCU *et alii* în mai 2001 pentru un exemplar trimis de Al. Sășianu cu mențiunea Oradea.

⁴⁰ BUGOI *et alii* 1999, p. 780, Table 2; CONSTANTINESCU, SĂȘIANU, BUGOI 2003, p. 7.

⁴¹ Analiză XRF-PIXE efectuată CONSTANTINESCU *et alii* în februarie 1998. Pentru moneda MȚCO inv. 375, *vezi* SĂȘIANU 1980, p. 131/68-III.

⁴² Analiză XRF-PIXE efectuată CONSTANTINESCU *et alii* în august 2000. Se precizează că este vorba de o imitație de Dyrhachium (*Meniskou*) provenită de la Sarmizegetusa.

⁴³ UZONYI *et alii* 2000, p. 748–752. Eșantion alcătuit din 27 de drahme târzii de Dyrhachium (68–43 a.Chr.).

⁴⁴ UZONYI *et alii* 2000, p. 752.

⁴⁵ BUGOI *et alii* 1999, p. 780; CONSTANTINESCU, SĂȘIANU, BUGOI 2003, p. 8; CONSTANTINESCU *et alii* 2009, p. 7–8.

b.2. Denarii romani republicani

Analiza SEM/EDX a inclus un lot de 5 denari romani republicani selectați din tezaurele de la Drăgești (jud. Bihor) și Moroda (jud. Arad)⁴⁶ (Fig. 8, Fig. 9; Pl. 6–7). Pentru toate monedele, măsurătorile arată un conținut de argint ridicat ($\geq 96\%$), uneori mult prea ridicat (aproape pur), ce transformă denarii romani republicani într-o potențială sursă de argint de mare finețe⁴⁷.

Analizele intruzive efectuate pe alte loturi au indicat patru elemente care apar, alături de argint, în compoziția denarilor republicani: cuprul, aurul, plumbul și bismutul, toate în relație cu sursa minereului și procesele metalurgice. Principalul reper în ceea ce privește proveniența minereului este aurul, al cărui conținut variază; pentru unul dintre denarii de la Drăgești valorile depășesc cu mult standardul elementelor urmă. Cuprul apare în cantități limitate ($< 1\%$), iar plumbul (un indicator al cupelației de bună calitate)⁴⁸ a fost detectat sporadic, într-un singur caz lipsind cu desăvârșire (i.e. denarul *L. Calpurnius Piso Frugi*, Fig. 9)⁴⁹. Analiza SEM/EDX nu a identificat bismutul aflat probabil sub limita de detecție, însă a reperat uneori zincul. Staniul a apărut accidental într-o singură măsurătoare (denarul *M. Porcius Laeca*, Fig. 9)⁵⁰.

Unul dintre cei trei denarii ai tezaurului de la Drăgești (nu se precizează care anume) a fost analizat în laboratorul IFIN-HH prin metodele XRF-PIXE, care au detectat urme de staniu și bismut: Ag 99%, Cu 0,20%, Sn 100 ppm (= 0,01%), Pb 0,20%, Au 0,40%, Bi 0,18%⁵¹.

4. Concluzii

Rezultatele analizei de material prin metoda SEM/EDX se dovedesc a fi dificil de interpretat. Comparația dintre măsurătorile de la suprafață și cele de profunzime, obținute în cazul piesele păstrate fragmentar, indică îmbogățirea artificială cu argint a suprafeței, produsă în urma dispariției cuprului. Fenomenul încă neclarificat pentru obiectele cu un conținut de argint ridicat ($> 80\%$), presupuse a fi mai

⁴⁶ SĂȘIANU 1980, p. 135/82.II.

⁴⁷ Pentru denarii romani republicani analizele arată în mod constant o finețe extrem de ridicată: WALKER 1980, p. 61–64. Analizele XRF pentru denari romani republicani bătuți între anii 169–101 a.Chr., 101–81 a.Chr. și 82–40 a.Chr. au indicat valori medii cuprinse între c. 95,9% și 97,7%. LOCKYEAR 2008, p. 160–168, 170–174, preluat de WOYTEK *et alii* 2012, p. 143: Pentru cei 157 de denari romani republicani (originale și imitații) selectați din tezaurele descoperite pe teritoriul României, măsurătorile efectuate prin metoda AAS (spectrometria de absorbție atomică), ce a presupus preluarea unui eșantion din miezul monedei, evitându-se astfel problema îmbogățirii cu argint a suprafeței, au indicat concentrații de argint cuprinse între 99,5% și 88,6% (media c. 97% Ag).

⁴⁸ WOYTEK *et alii* 2012, p. 144–145.

⁴⁹ Absența plumbului a fost semnalată în cazul unei copii hibride din tezaurul de la Peștiș, jud. Bihor (GĂZDAC, GHEMIȘ, BARBU-TUDORAN 2020, p. 38–41; GĂZDAC, GHEMIȘ 2023, p. 19–20).

⁵⁰ LOCKYEAR 2008, p. 161. În măsurătorile SSE, staniul a apărut constant cu valori sub limita de detecție.

⁵¹ Moneda a fost inclusă în lotul drahmelor analizate de B. Constantinescu și alții în februarie 1998.

puțin predispuse oxidării, lăsa să se întrevadă dificultatea stabilirii fineții aliajelor de argint din care au fost făcute piesele de podoabă dacice.

Tezaur Drăgești (jud. Bihor)	Măsurători SEM/EDX	wt (%)					
		Ag	Cu	Sn	Pb	Au	Zn
Denar roman republican M. Aburius Geminus Crawford 250/1: 132 î.Hr. (Inv. 892-134)	EM24 Spectrum 28	97,6	1,8	-	-	0,6	-
	EM25 Spectrum 29	97,9	1,0	-	0,4	0,6	-
	EM27 Spectrum 31	98,9	0,4	-	-	0,7	-
	EM28 Spectrum 32	99,0	0,3	-	0,3	0,5	-
	EM29 Spectrum 31	98,3	0,3	-	-	1,5	-
	EM30 Spectrum 34	99,3	-	-	-	0,7	-
	EM31 Spectrum 35	99,1	-	-	-	0,5	0,3
	EM32 Spectrum 36	99,4	0,1	-	-	0,6	-
Media	98,68	0,48		0,08	0,71	0,03	
Denar roman republican P. Servilius Rullus Crawford 328/1: 100 î.Hr. (Inv. 363-4)	EM39 Spectrum 43	95,5	0,8	-	1,3	2,5	-
	EM40 Spectrum 44	95,0	0,8	-	0,4	3,3	0,5
	EM41 Spectrum 45	97,7	0,8	-	-	1,5	-
	EM42 Spectrum 46	95,2	1,0	-	0,9	2,9	-
	EM43 Spectrum 47	97,5	0,3	-	-	2,2	-
	EM44 Spectrum 48	97,4	0,4	-	-	2,2	-
	Media	96,38	0,68	-	0,43	2,43	0,08

Fig. 8. Rezultatele măsurătorilor SEM/EDX pentru denarii romani republicani din tezaurul de la Drăgești (jud. Bihor).

Tezaur Moroda (jud. Arad)	Măsurători SEM/EDX	wt (%)					
		Ag	Cu	Sn	Pb	Au	Zn
Denar roman republican L. Calpurnius Piso Frugi Crawford 340/1: 90 î.Hr. (Inv. 363-1)	EM33 Spectrum 37	97,6	1,8	-	-	0,6	-
	EM34 Spectrum 38	95,1	3,4	-	0,4	1,1	-
	EM35 Spectrum 39	97,9	1,6	-	-	0,5	-
	EM36 Spectrum 40	97,3	1,4	-	0,5	0,8	-
	EM37 Spectrum 41	98,1	0,6	-	-	1,2	0,1
	EM 38 Spectrum 42	98,1	1,3	-	-	0,4	0,2
	Media	97,35	1,68	-	0,15	0,76	0,05
Denar roman republican M. Porcius Laeca Crawford 270/1: 125 î.Hr. (Inv. 363-10)	EM112 Spectrum 123	99,9	0,1	-	-	0,1	-
	EM113 Spectrum 124	98,8	0,5	0,2	0,3	0,3	-
	EM114 Spectrum 125	98,9	-	-	0,5	0,6	-
	EM115 Spectrum 126	99,5	-	-	0,3	0,2	-
	Media	99,27	0,15	0,05	0,27	0,3	-
Denar roman republican L. Calpurnius Piso Frugi Crawford 340/1: 90 î.Hr. (Inv. 363-11)	EM108 Spectrum 119	98,5	0,4	-	-	1,1	-
	EM109 Spectrum 120	98	0,5	-	-	1,5	-
	EM110 Spectrum 121	98,7	-	-	-	1,3	-
	EM111 Spectrum 122	99,0	-	-	-	1,0	-
	Media	98,55	0,22	-	-	1,22	-

Fig. 9. Rezultatele măsurătorilor SEM/EDX pentru denarii romani republicanidin tezaurul de la Moroda (jud. Arad).

Fără a ignora diferențele de compoziție dintre suprafață și miez, apreciem că analizele SEM/EDX oferă cel puțin valori orientative pentru compoziția aliajelor din care au fost făcute piesele investigate. Compoziția originală a aliajului argint/cupru-la care s-a putut ajunge în cazul pieselor de podoabă deteriorate-poate fi cunoscută exclusiv prin măsurători de profunzime efectuate asupra miezului.

i. Pentru piesele de podoabă dacice au fost identificate aliaje argint/cupru cu un standard ridicat de finețe situat în dreptul valorilor de 91–96% Ag (în măsurătorile de suprafață). Aliajele au fost modificate prin adăugarea cuprului sau a unui aliaj de cupru (cupru/staniu, uneori și plumb), în cantități ce nu pot fi explicate, întotdeauna, prin rațiuni tehnologice. Aliaje inadaptate funcționalității care au cauzat deteriorarea pieselor pot fi indiciu pentru folosirea unor metale reciclate, cu un conținut preexistent de cupru, staniu și plumb.

ii. Stabilirea compoziției metalurgice a drahmelor de Apollonia și Dyrrhachium se dovedește a fi o sarcină extrem de dificilă. Analizele de suprafață (SEM/EDX și XRF-PIXE) arată pentru emisiunile considerate oficiale aliaje argint/cupru cu tendințe de depreciere prin adaos semnificativ de cupru și valori crescute ale plumbului. Rezultatele sunt însă nesigure, căci emisiunile placate (ieșite chiar din atelierele oficiale) nu pot fi identificate fără o analiză metalografică de profunzime. Determinările XRF-PIXE indică pentru emisiunile placate și pentru falsurile evidente utilizarea aliajelor de cupru și a staniului.

iii. Pentru denarii romani republicani analizele arată în mod constant o finețe extrem de ridicată. Chiar dacă concentrațiile de argint de c. 96–99% obținute prin măsurătorile de suprafață SEM-EDX și XRF pentru denarii incluși în studiul de față ar fi în realitate mai joase, denarii romani republicani rămân o potențială sursă de argint de mare puritate.

BIBLIOGRAFIE

AGER et alii 2013 – F. J. Ager, A. I. Moreno-Suárez, S. Scrivano, I. Ortega-Feliu, B. Gómez-Tubío, M. A. Respaldiza, Silver surface enrichment in ancient coins studied by micro-PIXE, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B 306/1 (2013), p. 241–244.

BECK et alii 2004 – L. Beck, S. Bosonnet, S. Réveillon, D. Eliot, F. Pilon, Silver surface enrichment of silver-copper alloys: A limitation for the analysis of ancient silver coins by surface techniques, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B 226 (2004), p. 153–162.

BECK et alii 2008 – L. Beck, E. Alloin, C. Berthier, S. Réveillon, V. Costa, Silver surface enrichment controlled by simultaneous RBS for reliable PIXE analysis of ancient coins, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 226 (2008), p. 2.320–2.324.

BORGES et alii 2017 – R. Borges, L. Alves, R. J. C. Silva, M. F. Araújo, A. Candeias, V. Corregidor, P. Valério, P. Barrulas, Investigation of surface silver enrichment in ancient high silver alloys by PIXE, EDXRF, LA-ICP-MS and SEM-EDS, Microchemical Journal 131 (2017), p. 103–111.

BUGOI et alii 1999 – R. Bugoi, B. Constantinescu, F. Constantin, D. Catana, D. Plostinaru, Al. Sășianu, Archaeometrical studies of Greek and Roman silver coins, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 242/3 (1999), p. 777–781.

CHIDIOȘAN 1977 – N. Chidioșan, Arta argintarilor daci din nord-vestul României în epoca lui Burebista, Acta Musei Porolissensis 1 (1977), p. 67–72.

CHIDIOȘAN *et alii* 1978 – N. Chidioșan, Al. Sășianu, N. Beladan, *Tezaurul dacic de la Drăgești*, Crisia 8 (1978), p. 27–50.

CHIRILĂ, LUCĂCEL 1970 – E. Chirilă, V. Lucăcel, *Un tezaur dac din nord-vestul Transilvaniei. Contribuții la tipologia și circulația așa numitelor imitații ale tetradrahmelor Macedoniei Prima în Dacia*, Zalău, 1970.

CHIRILĂ, CHIFOR 1979 – E. Chirilă, I. Chifor, *Tezaurul de monete dace de la Vișea (Contribuții la studiul emisiunilor monetare ale dacilor napocenses)*, Acta Musei Porolissensis 1 (1979), p. 59–79.

CHIRILĂ, HUREZAN, BARBU 1987 – E. Chirilă, P. G. Hurezan, M. Barbu, *Tezaurul monetar de la Feniș (Cronologia și semnificația istorică)*, Ziridava 15–16 (1987), p. 55–58.

CONDAMIN, PICON 1965 – J. Condamin, M. Picon, *Notes on diffusion in ancient alloys*, Archaeometry 8/1 (1965), p. 110–114.

CONOVICI 1986 – N. Conovici, *Contribuții privind cronologia și circulația drahmelor de Dyrrhachium și Apollonia la Dunărea de Jos*, Cultură și Civilizație la Dunărea de Jos 1 (1985), p. 35–43.

CONOVICI 1986 – N. Conovici, *Aspecte ale circulației drahmelor din Dyrrhachium și Apollonia în Peninsula Balcanică și în Dacia*, BSNR 77–79 (1983–1985), 131–133 (1986), p. 69–88.

CONOVICI 1992 – N. Conovici, *Noi contribuții privind circulația drahmelor din Dyrrhachium și Apollonia: aspectul metrologic*, BSNR 80–85 (1986–1991), 134–139 (1992), p. 49–67.

CONSTANTINESCU, SĂȘIANU, BUGOI 2003 – B. Constantinescu, Al. Sășianu, R. Bugoi, *Adulterations in first century B. C.: the case of Greek silver drachmae analysed by X-ray methods*, Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy 58/4 (2003), p. 759–765. (https://www.academia.edu/4449776/%20Adulterations_in_first_century_bc_the_case_of_Greek_silver_drachmae_analyzed_by_X_ray_methods, ultima accesare 18 mai 2023).

CONSTANTINESCU *et alii* 2009 – B. Constantinescu, V. Cojocaru, R. Bugoi, Al. Sășianu, *Some metallurgical aspects of ancient silver coins discovered in Romania—originals and imitations*, Turkish Physical Society 25. International Physics Congress, Bodrum, 25–29 Aug 2008. https://www.academia.edu/1018134/Some_Metalurgical_Aspects_of_Ancient_Silver_Coins_Discovered_in_Romania_Originals_and_Imitations, ultima accesare în 15 aprilie 2023).

CONSTANTINESCU *et alii* 2018 – B. Constantinescu, M. M. Ciută, N. Popa, D. Cristea-Stan, E. Oberländer-Târnoveanu, *Considerații privind tezaurul compus din 12 monede de tip Rădulești-Hunedoara recuperat în urma unor săpături ilegale din zona Dealul Muncelului, vest de Sarmizegetusa Regia*, în: S. Forțiu (ed.): ArheoVest VI/2: În Memoriam Marian Gumă. Interdisciplinaritate în Arheologie, Timișoara, 24 noiembrie 2018, Szeged, 2018, p. 667–681.

CONSTANTINESCU *et alii* 2020 – B. Constantinescu, D. Stan, C. Toma, Fl. Mărginean, *Rezultatele analizelor metalografice (XRF) efectuate pe monede de tip Toc-Chereluș din descoperirile de la Feniș și Pecica (jud. Arad)*, Cercetări Numismatice 26 (2020), p. 51–60.

DAICOVICIU 1972 – H. Daicoviciu, *Dacia de la Burebista la cucerirea romană*, Cluj-Napoca, 1972.

DRNIĆ, FRANJIĆ 2014 – I. Drnić, A. Franjić, *pXRF Analysis of South Pannonian Late Iron Age Silver Artefacts*, în: S. Berecki (ed.): *Iron Age Crafts and Craftsmen in the Carpathian Basin. Proceedings of the International Colloquium from Targu Mureș, 10–13 october 2013*, Târgu Mureș, 2014, p. 83–96.

GĂZDAC, GHEMIȘ, BARBU-TUDORAN 2020 – C. Găzdac, C. Ghemiș, L. Barbu-Tudoran, *A new Roman republican hoard in pre-Roman Dacia (România). A preliminary note. The minting place of a hybrid type*, Journal of Ancient History and Archaeology 7/3 (2020), p. 38–46.

GĂZDAC, GHEMIȘ 2023 – C. Găzdac, C. Ghemiș, *Hoarding for value. Roman Denarii and their imitations. The hoard Peștiș I*, Cluj-Napoca, 2023.

GUERRA 2000 – F. Guerra, *The study of the characterisation and provenance of coins and other metalwork using XRF, PIXE and Activation Analysis*, în: D. G. Creagh, D. A. Bradley (eds.), *Radiation in Art and Archeometry*, Amsterdam, 2000, p. 378–416.

GIUMILIA-MAIR 2005 – Al. Giumilia Mair, *On surface analysis and archaeometallurgy*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 239 (2005), p. 35–43.

HOREDȚ 1973 – K. Horedt, *Die Dakischen Silberfunde*, Dacia N.S. 17 (1973), p. 127–167.

HRNJIĆ *et alii* 2020 – M. Hrnjić, G. A. Hagen-Peter, Th. Birch, G. Hoffmann Barfod, S. M. Sindaek, C. E. Lesher, *Non-destructive identification of surface enrichment and trace element fractionation in ancient silver coins*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 478 (2020), p. 11–20.

LINKE, SCHREINER, DEMORTIER 2004 – R. Linke, M. Schreiner, G. Demortier, *The application of photon, electron and proton induced X-ray analysis for the identification and characterization of medieval silver coins*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 226 1–2 (2004), p. 172–178.

LOCKYEAR 2008 – K. Lockyear, *Aspects of Roman Republican coins found in late Iron Age Dacia*, în: V. Spinei, L. Munteanu (eds.), *Miscellanea Numismatica Antiquitatis. In honorem septagenarii magistri Virgilii Mihăilescu-Bîrliba Oblata*, București, 2008, p. 147–176.

META 2012 – A. Meta, *Names and mintmarks at the mint of Dyrrhachium (c. 270–60/55 BC): a case study*, Revue belge de numismatique et de sigillographie 158 (2012), p. 21–38.

META 2014 – A. Meta, *La production et la circulation monétaire en Illyrie Méridionale à partir des années 230 av. J.-C. jusqu'au milieu du 1^{er} siècle*, în: L. Përzhita, I. Gjipali, G. Hoxha, B. Muka (eds.), *Proceedings of the International Congress of Albanian Archaeological Studies. 65th anniversary of Albanian Archaeology (21–22 November, Tirana 2013)*, Tirana, 2014, p. 325–333.

MIHĂILESCU-BÎRLIBA 1990 – V. Mihăilescu-Bîrliba, *Dacia răsăriteană în sec. VI–I î. Hr. Economie și monedă*, Iași, 1990.

MÖDLINGER, DRNIĆ, PICCARDO 2012 – M. Mödlinger, I. Drnić, P. Piccardo, *Alloying Elements as Chronotechnological Marker for Second and First Century BC Fibulae from Ancient Pannonia*, The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society 64 (2012), p. 1343–1349.

MOISIL, DEPEYROT 2003 – D. Moisil, G. Depeyrot, *Les trésors de deniers antérieurs à Trajan en Roumanie*, Wetteren, 2003.

MORENO-SUÁREZ *et alii* 2015 – A. I. Moreno-Suárez, F. J. Ager, S. Scrivano, I. Ortega-Feliu, B. Gómez-Tubío, M. A. Respaliza, *First attempt to obtain the bulk composition of ancient silver-copper coins by using XRF and GRT*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 358 (2015), p. 93–97.

MOUREY 1998 – W. Mourey, *Conservarea antichităților metalice de la săpătură la muzeu*, București, 1998.

MUNTEANU, TOMA, BARBU-TUDORAN 2020 – M. Munteanu, C. Toma, L. Barbu-Tudoran, *Elemental Analyses Performed on a lot of Toc-Chereluș type Dacian coins*, Acta Electrotehnica 61/3 (2020), p. 246–252.

PETRÁNYI 2006 – G. Petrányi, *The Greek-Illyrian drachms of Apollonia and Dyrrhachium-Trade coins for the North-Eastern Balkan region in the early phase of the 1st century BC?*, Bulletin du Cercle d'Études Numismatiques 43/3 (2006), p. 263–267. (https://www.academia.edu/6743981/Bulletin_du_Cercle_dEtudes_Numismatiques_vol_43_3_2006, ultima accesare în 20 mai 2023).

PICARD, GJONGECAJ 2000 – O. Picard, S. Gjongecaj, *Les drachmes d'Apollonia à la vache allaitant*, Revue Numismatique 6/155 (2000), p. 137–160.

RUSTOIU 2020 – A. Rustoiu, *Commentaria archaeologica et historica (III). Chronology of the Dacian silver hoards*, Ephemeris Napocensis 30 (2020), p. 11–38.

SĂȘIANU 1980 – Al. Sășianu, *Moneda antică din vestul și nord-vestul României*, Oradea, 1980.

SĂȘIANU 1987 – Al. Sășianu, *Imitations and counterfeits of the Apollonia and Dyrrhachium type drachmas and their circulation*, în: P. Cabanes (éd.), *L'Illyrie méridionale et l'Épire dans l'Antiquité I, Actes du Colloque international de Clermont-Ferrand (22–25 octobre 1984)*, Clermont-Ferrand, 1987, p. 209–219.

SPÂNU, COJOCARU 2009 – D. Spânu, V. Cojocaru, *The Dacian Hoard from București-Herăstrău. Archaeological and Archaeometallurgical Approaches*, MCA S.N. 5 (2009), p. 97–116.

SPÂNU 2019 – D. Spânu, *Core issues of late La Tène periodization in Romania*, Peuce S.N. 17 (2019), p. 167–206.

TOMA 2013a – C. Toma, *Tezaurul de la Drăgești, jud. Bihor*, în: R. Oanță-Marghitu (ed.), *Aurul și argintul antic al României. Catalog de expoziție*, București, 2013, p. 331–371.

TOMA 2013b – C. Toma, *Observații asupra tehnicii de producere a brățărilor dacice din bară torsionată din tezaurul de la Oradea-Sere și Drăgești (jud. Bihor)*, *Sargetia* 4/40 (2013), p. 155–164.

TOMA, MĂRGINEAN 2021 – C. Toma, Fl. Mărginean, *Tezaurul de monede dacice de la Feniș (jud. Arad). Studiul ștanțelor aplicat monedelor de tip Mit Bartkranzavers/Toc-Chereluș*, Cluj-Napoca, 2021.

UZONYI *et alii* 2000 – I. Uzonyi, R. Bugoi, Al. Sășianu, Á. Z. Kiss, B. Constantinescu, M. Torbágyi, *Characterization of Dyrhachium silver coins by micro-PIXE method*, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* 161–163 (2000), p. 748–752.

WALKER 1980 – D. R. Walker, *The silver contents of the Roman Republican coinage*, în: D. M. Metcalf, W. A. Oddy (eds.), *Metallurgy in numismatics. Vol. 1, Royal Numismatic Society Special Publication 13*, London, 1980, p. 55–72.

WOYTEK *et alii* 2012 – B. E. Woytek, M. Rodrigues, F. Cappa, M. Schreiner, M. Radtke, U. Reinholz, *Imitations of Roman Republican Denarii: New Metallurgical Data*, *American Journal of Numismatics Second Series* 24 (2012), p. 133–162.

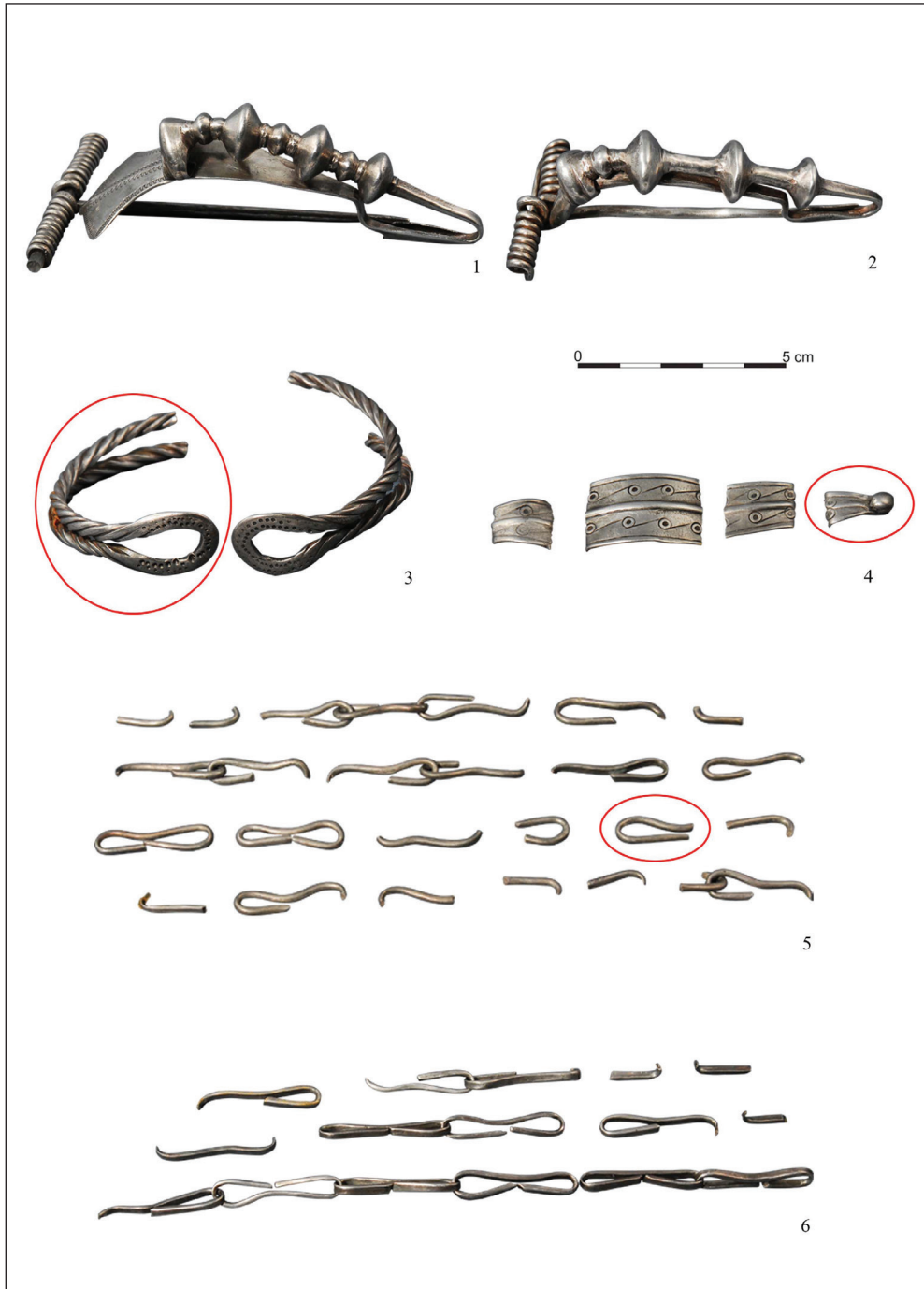
ŽIVKOVIĆ *et alii* 2014 – J. Živković, T. Rehren, M. Radivojević, M. Jevtić, D. Jovanović, *XRF Characterisation of Celtic Silver from the Židovar treasure (Serbia)*, în: E. Pernicka, R. Schwab (eds.), *Under the Volcano: Proceedings of the International Symposium on the Metallurgy of the European Iron Age (SMEIA) held in Mannheim, Germany, 20–22 April 2010*, 2014, *Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft*, Bd. 5, Rahden, 2014, p. 157–173.

Link-uri:

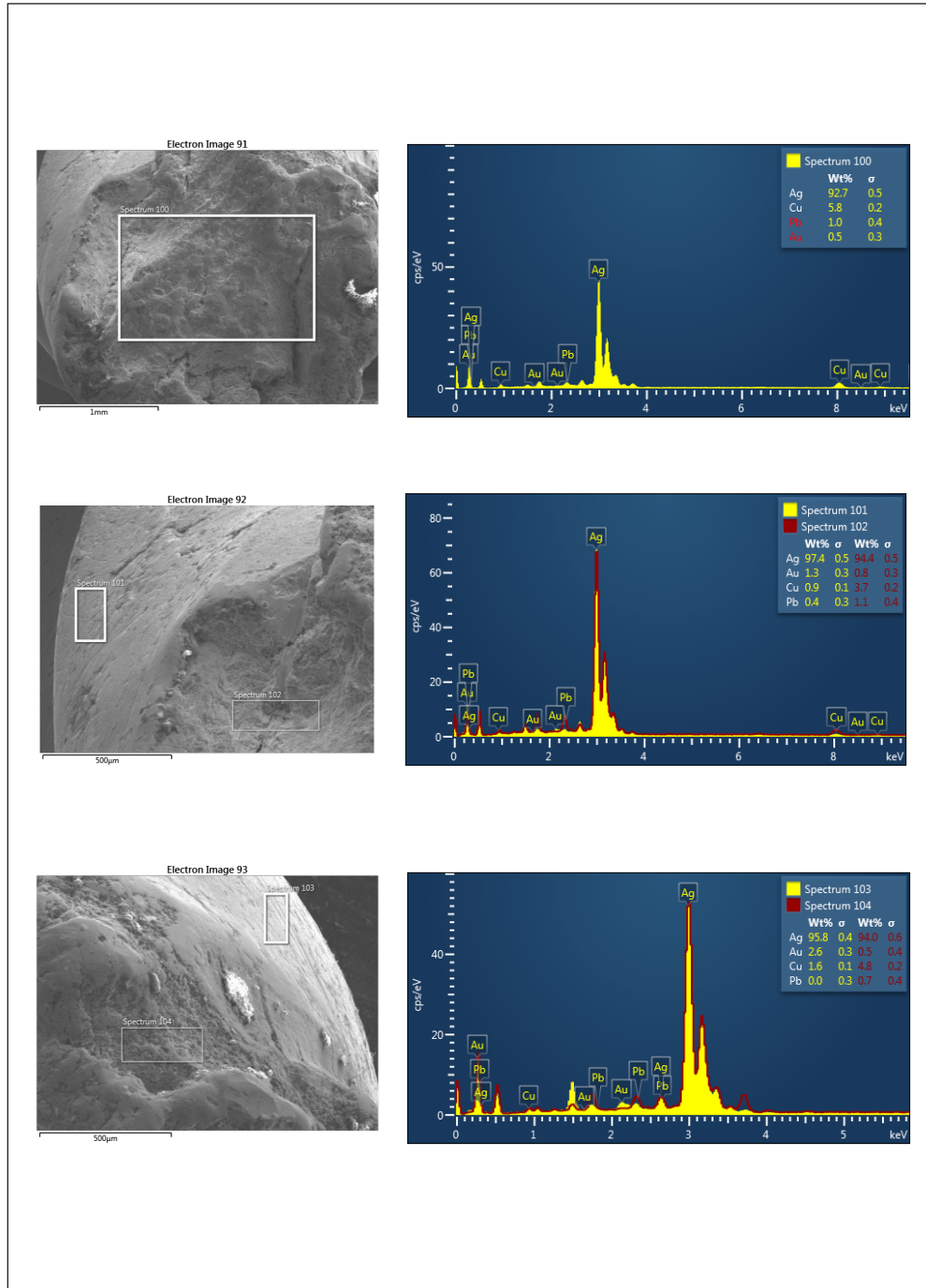
Proiect de cercetare. Studii de arheometalurgie pe Aurul și Argintul Dacic folosind metode performante de Spectrometrie de Raze X. Faza 5: Caracterizarea arheo-metalurgică a monedelor de argint de tip Geto-Dacic Extra-Carpatice și Transilvane (director proiect B. Constantinescu). (<http://proiecte.nipne.ro/pn2/DacianGoldSilver/rs2015.pdf>, ultima accesare în 21 aprilie 2023).

Proiect PN-II-ID-PCE_2011_3_0078. Studii de arheometalurgie pe Aurul și Argintul Dacic folosind metode performante de Spectrometrie de Raze X. Raport științific pentru perioada octombrie 2011 – octombrie 2016 (director proiect B. Constantinescu). (<http://proiecte.nipne.ro/pn2/DacianGoldSilver/RaportSinteticFinal.pdf>, ultima accesare în 25 aprilie 2023).

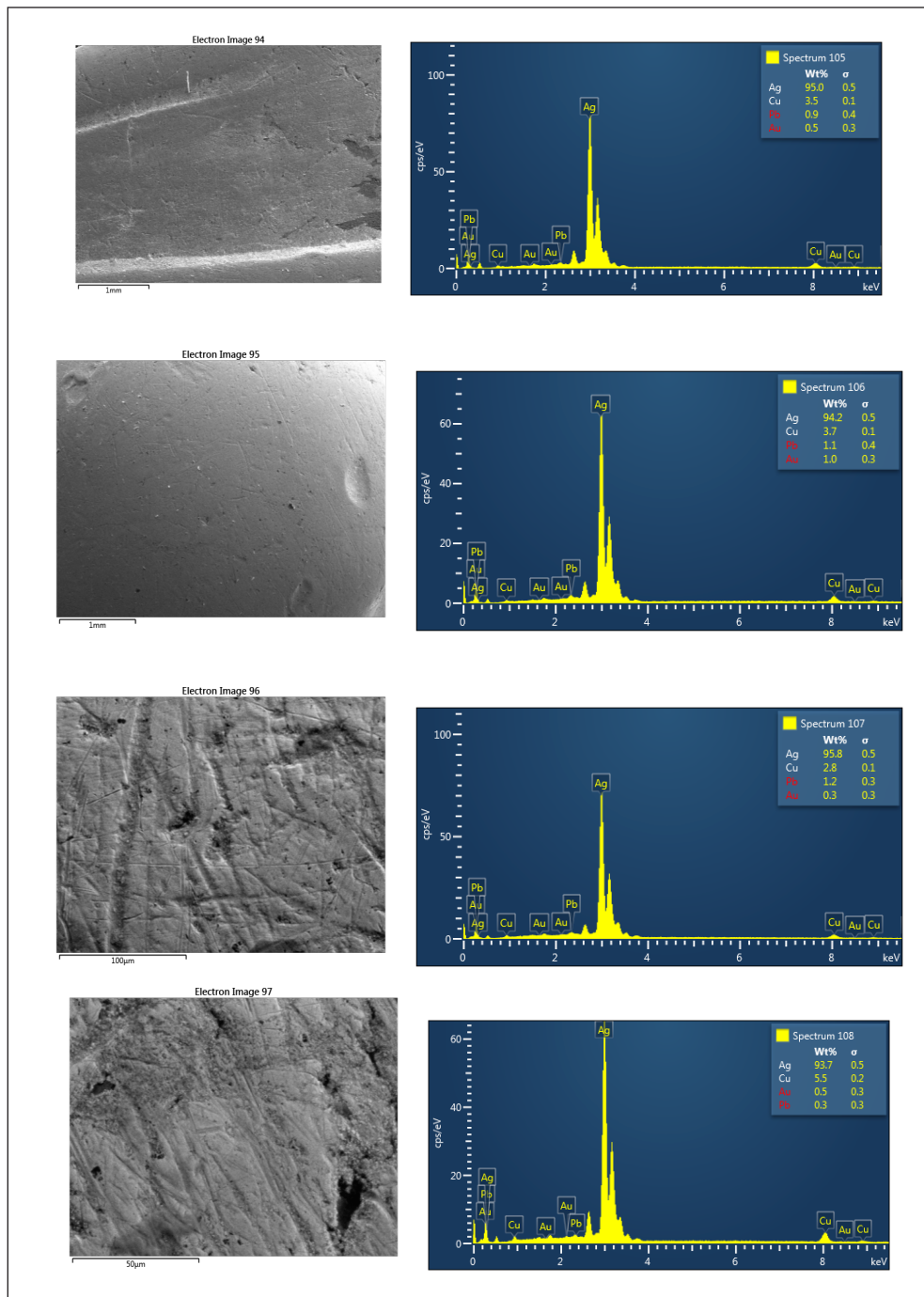
Caracterizarea arheo-metalurgică a podoabelor și torenticiei de argint dacice (director proiect B. Constantinescu). (<http://proiecte.nipne.ro/pn2/DacianGoldSilver/rs2016.pdf> ultima accesare în 21 aprilie 2023).



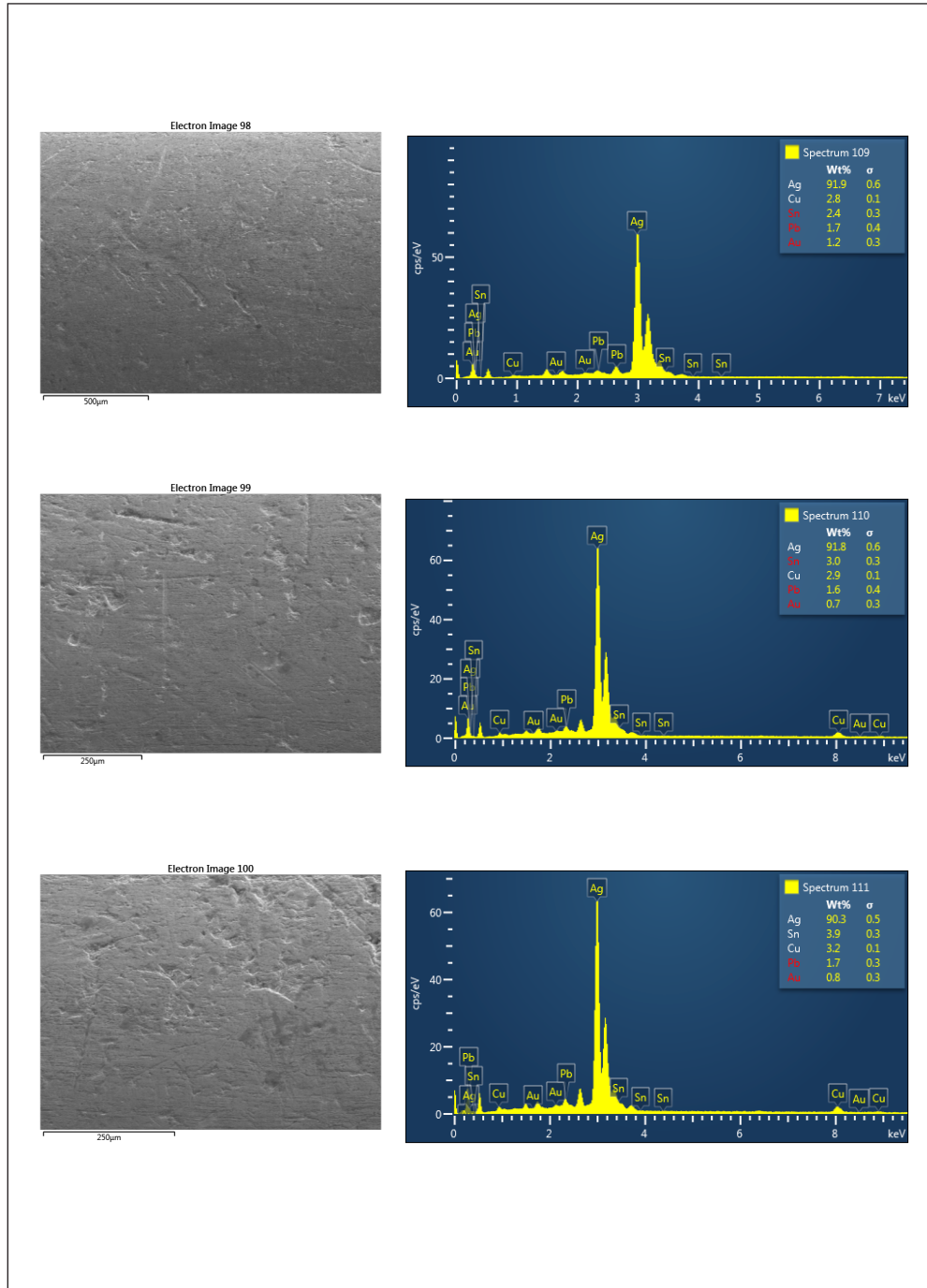
Pl. 1. Tezaurul de podoabe dacice de la Drăgești (jud. Bihor): 1-2. Fibule cu noduri; 3. Brățară din bară torsionată; 4. Brățară din placă; 5-6. Lanțuri din zale.



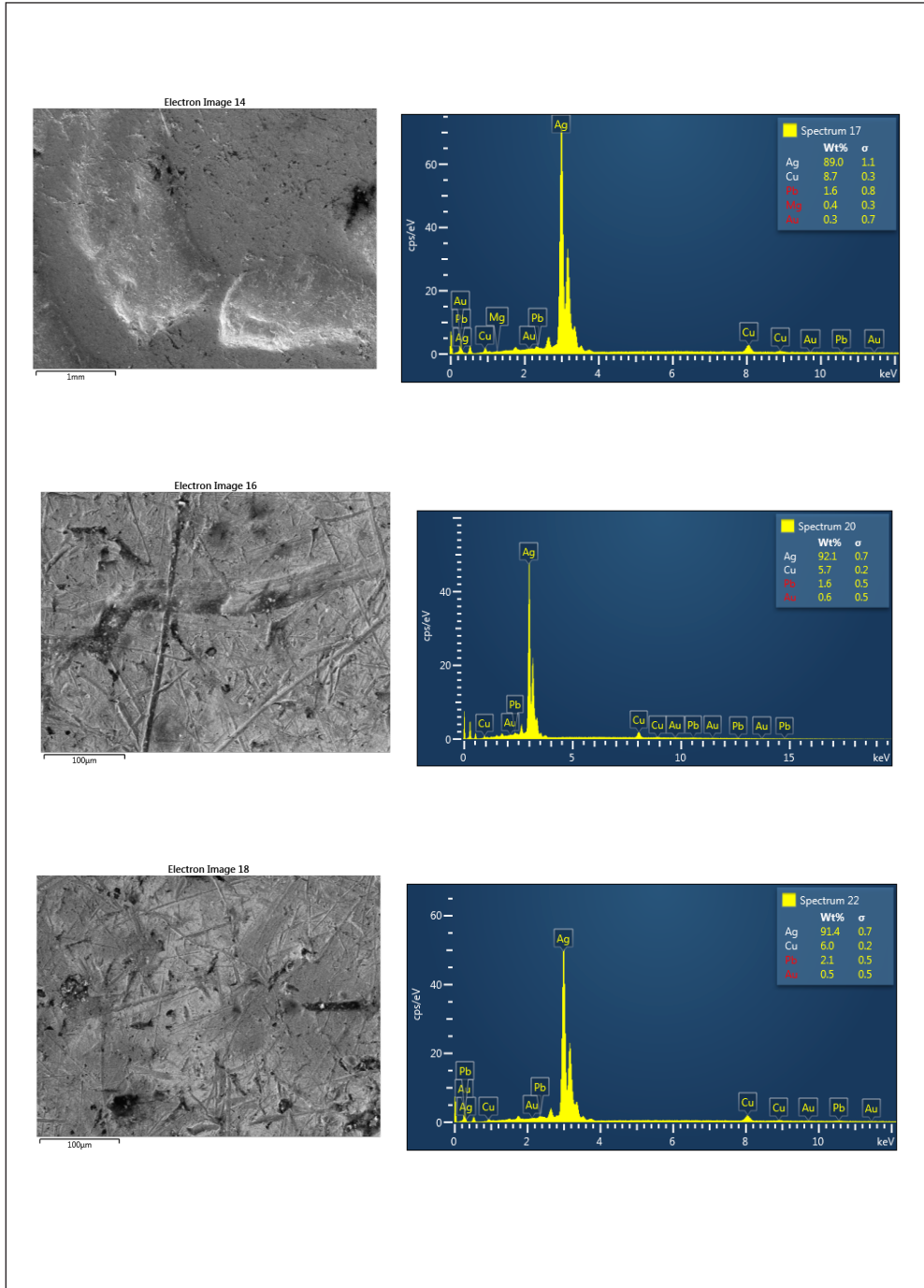
Pl. 2. Brățara torsionată din tezaurul de la Drăgești (jud. Bihor): imagini SEM și analiza elementală EDX.



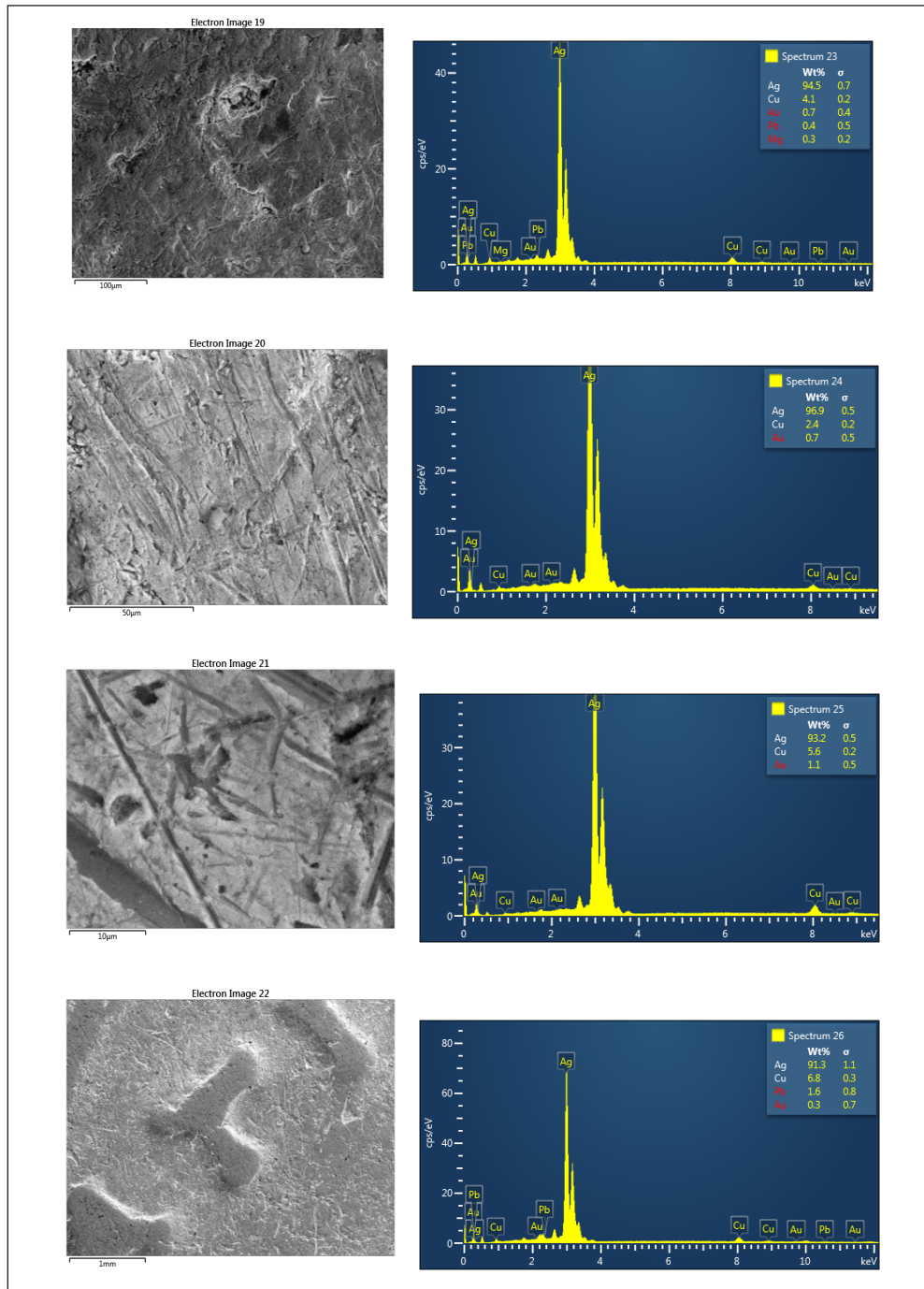
Pl. 3. Brățara placă din tezaurul de la Drăgești (jud. Bihor):
imagini SEM și analiza elementală EDX.



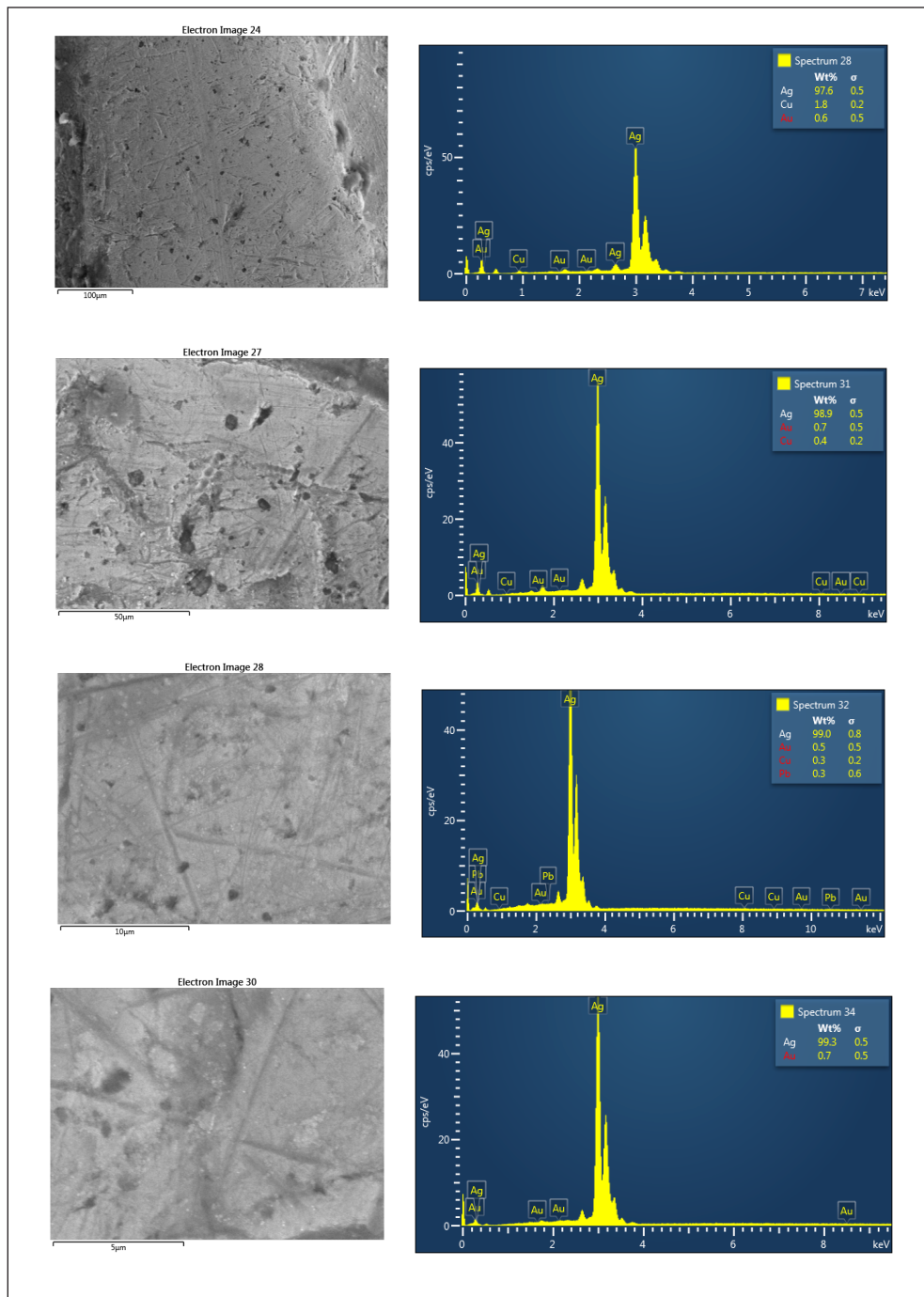
Pl. 4. Lanțul din zale nepliate din tezaurul de la Drăgești (jud. Bihor): imagini SEM și analiza elementală EDX.



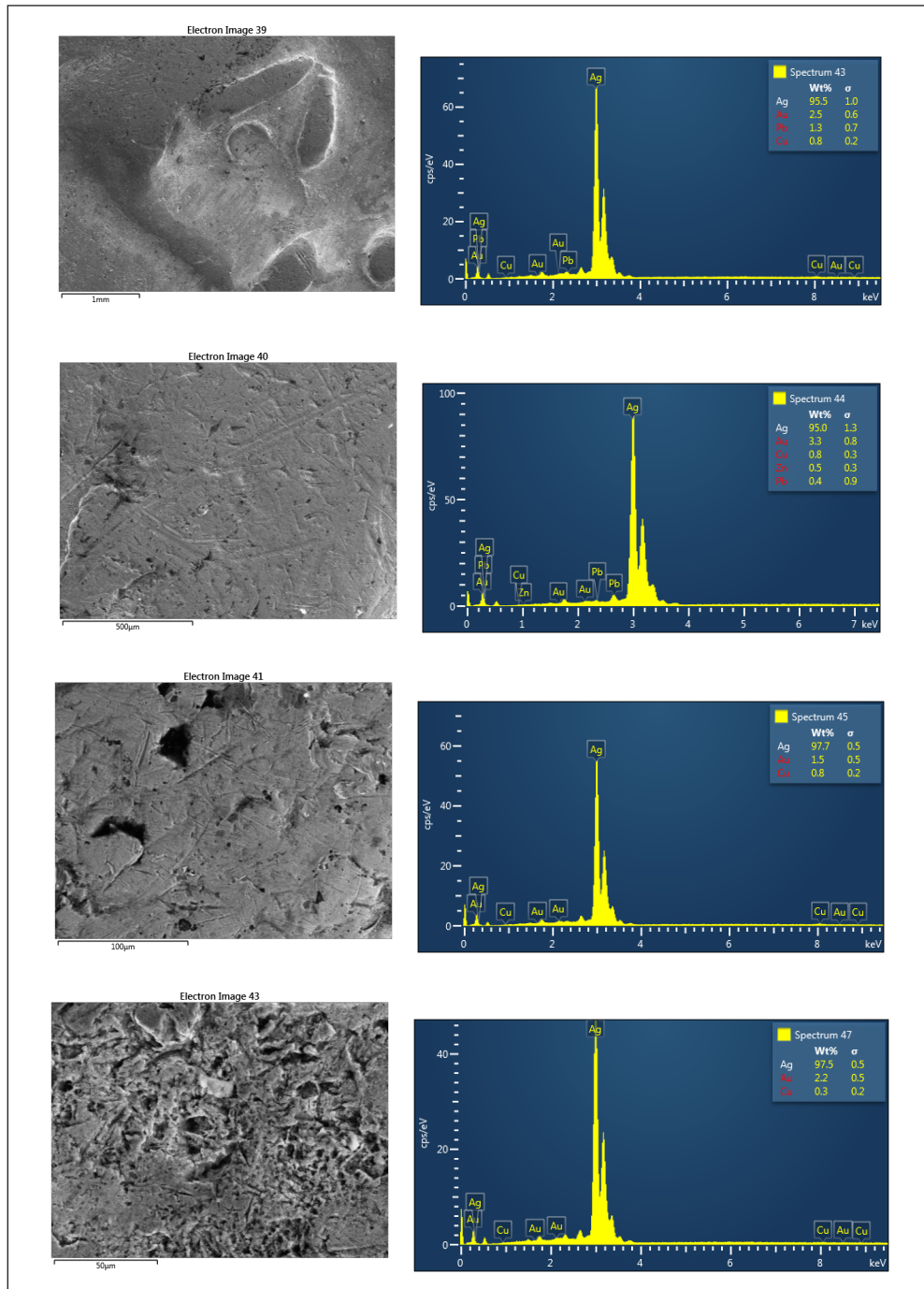
Pl. 5a. Drahmă de Apollonia din tezaurul de la Drăgești (jud. Bihor): imagini SEM și analiza elementală EDX.



Pl. 5b. Draha de Apollonia din tezaurul de la Drăgeşti (jud. Bihor): imagini SEM şi analiza elementală EDX.



Pl. 6. Denar roman republican din tezaurul de la Drăgești (jud. Bihor) (inv. 892–34): imagini SEM și analiza elementală EDX.



Pl. 7. Denar roman republican din tezaurul de la Drăgești (jud. Bihor)
(inv. 363–4): imagini SEM și analiza elementală EDX.