

**Raport stiintific**  
*privind implementarea proiectului in perioada ianuarie – decembrie 2012*

Proiect PN II ID PCE 2011 -3-0078  
"Studii de arheo-metalurgie pe aurul si argintul dacic folosind metode performante de spectrometrie de raze X"

In cursul anului 2012 am acordat o atenție specială caracterizării arheo-metalurgice a artefactelor dacice de aur – în special brățările spiralate găsite în jurul Sarmizegetusei. Ne-am concentrat atât pe identificarea sursei geologice a aurului folosit cât și pe procedeul metalurgic prin care au fost realizate brățările. Am demonstrat că procedura relativ primitivă de obținere a lingourilor de aur prin “sinterizare” (umplerea unei matrițe-creuzet de piatră cu aur aluvionar sub formă de paiete, mici pepite, chiar praf, eventual adăugându-se și mici bucățele de aur dintr-un filon de suprafață ușor accesibil, urmată de încălzire asociată cu ciocănire la cald, neatingându-se încă stadiul omogen de „lichid” al aurului) – folosita pe toata perioada Epocii Bronzului în Transilvania - s-a practicat inclusiv în Epoca Dacică, așa cum reiese din analiza făcută asupra celor 12 brățări de aur din sec I î.Hr. recuperate începând cu anul 2007 de pe piața internațională de antichități.

Brățările au greutatea între 682.30 g și 1196.03 g, sunt alcătuite din patru până la opt spire cu lungimi între 1.77 m și 2.88 m, diametrul spirelor fiind cuprins între 91 și 123 mm, la capete cu două plăci modelate în formă de protome de reptilă. Pe plăcile brățărilor sunt poansonate câte șapte palmete și sunt realizate decoruri liniare incizate. Din investigațiile efectuate asupra suprafețelor pieselor, rezultă că au fost confecționate din lingouri paralelipipedice, modelate prin tehnica ciocănirii la rece și decorate prin tehnica poansonării și exciziei cu dălțița de gravură.



*Figura 1. Bratarile dacice de aur*

Pentru determinările nedistructive de compoziție elementală s-a folosit initial metoda Fluorescenței de Raze X utilizând un spectrometru XRF clasic, bazat pe o sursă gama inelară

de  $^{241}\text{Am}$  cu o activitate de 10 mCi, având principala linie gama excitatoare la 59.5 keV și un detector Si(Li) orizontal, rezoluția detectorului fiind de 180 eV la linia K-alfa a Mn (5.9 keV). În urma analizelor, se observă puternica variație a titlului lor cu Au între 81.2 % - 92.9%, dar și prezența elementelor urmă de staniu și stibiu. Rezultatele măsurărilor XRF sunt prezentate în Tabelul 1.

Tabelul 1. Compoziția elementală obținută în urma analizelor realizate cu metoda XRF asupra brățărilor dacice de aur

Brățara nr.	Au(%)	Ag(%)	Cu(%)	Sn(ppm)	Sb urme
1	89.4	9.0	1.3	200	
2	81.2	16.2	1.6	60	
3	85.1	13.2	1.6	360	
4	92.3	7.1	0.6	125	urme
5	92.3	6.8	0.4	<50	
6	92	7.1	0.9	230	
7	92.9	6.3	0.7	<50	
8	85	12.8	2.1	930	
9	87.1	12.2	0.6	120	urme
10	88.7	10.3	0.9	425	urme
11	86.1	12.6	0.7	400	
12	84.2	14.2	1	420	

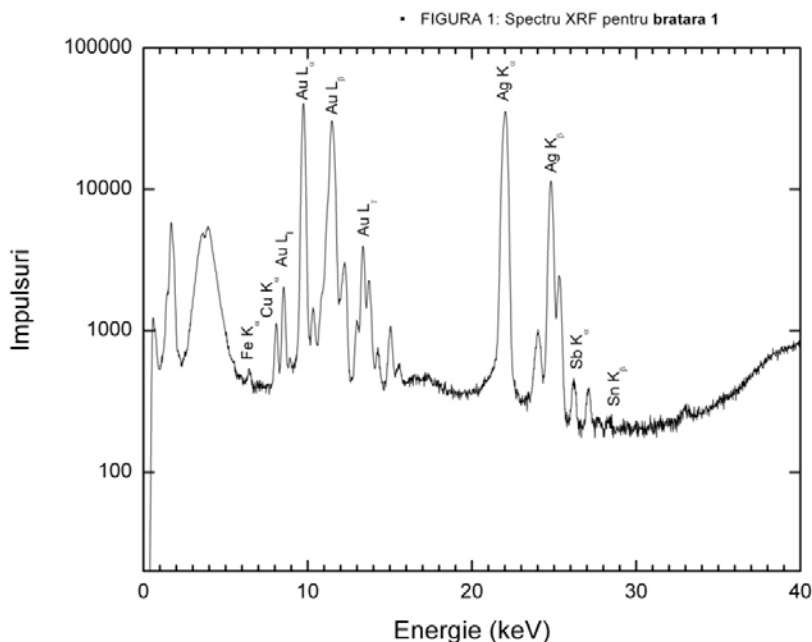


Figura 2. Spectru XRF clasic - Brățări dacice

Analizele demonstrează că brățărilor sunt alcătuite dintr-un amestec de aur aluvionar (conținând Sn) cu aur de filon (conținând Sb), raportul Au-Ag-Cu având valori foarte diferite chiar în cazul aceleiași brățări, dar încadrându-se în compoziția tipică aurului nativ din Munții

Apuseni. Explicația variației titlului constă în variația însăși a compoziției aurului aluvionar, provenind chiar din aceeași locație. De remarcat că aceste neomogeneități în titlu ale aurului aluvionar se suprapun neomogeneităților inițiale ale aurului de filon din care s-au desprins paietele, neomogeneități inițiale pe care le-am pus în evidență prin analizele noastre. Neomogeneități și microincluziuni de elemente urmă există și în aurul de filon așa cum reiese din analizele făcute de noi pe probe de aur de la Roșia Montană.

În cursul anului 2011 s-a obținut permisiunea autorităților române de a procura microprobe (de regulă 100-300 micrometri diametru) din cele 12 brățari dacice, de la fiecare capăt al acestora pentru a studia neomogeneitatea aurului folosit. Rezultatele măsurătorilor microPIXE (acceleratorul AGLAE, Paris) și micro-SR-XRF (sincrotronul BESSY, Berlin) efectuate în cursul anului 2012 sunt prezentate în figura 3.

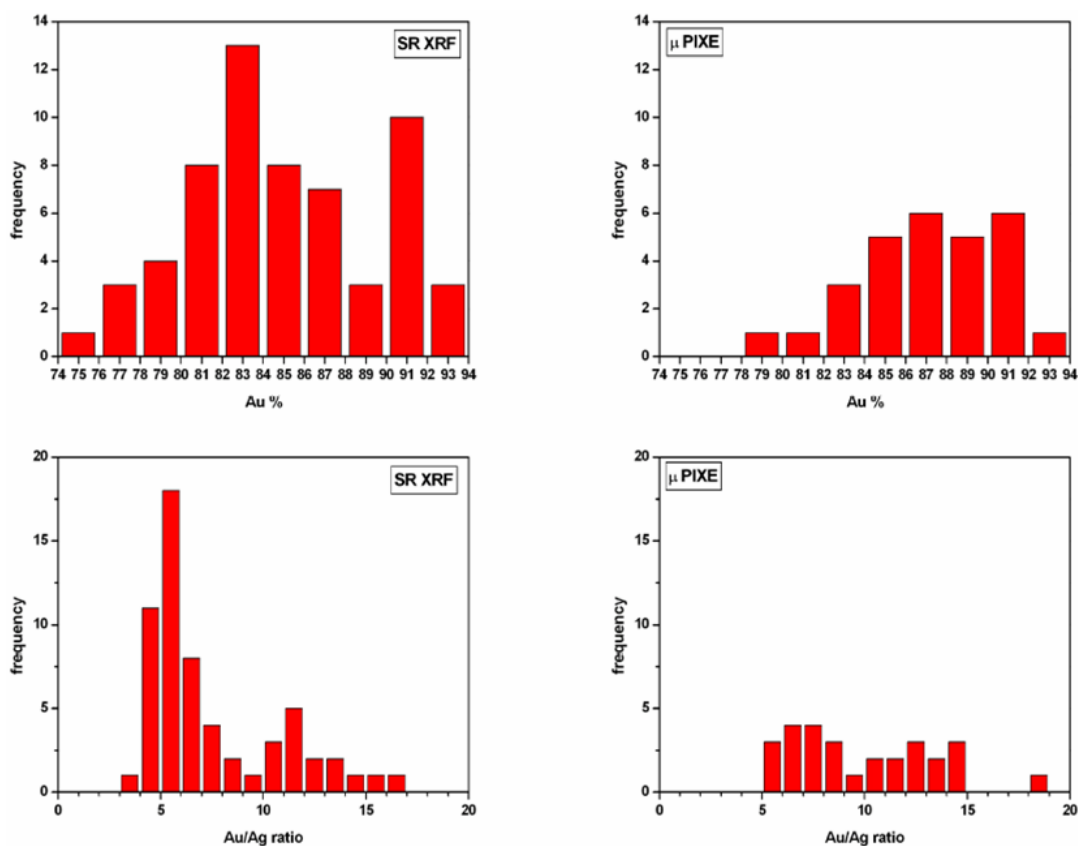


Figura 3. Raportul Au/Ag pentru micro-fragmente din brățări dacice măsurate cu micro-PIXE și micro-SR-XRF

Se observă gruparea în două mari surse de aur nativ: una cu concentrație mare de aur - în jur de 92% și alta cu concentrație relativ mică - în jur de 80%. Prima sursă corespunde compoziției aurului aluvionar din Valea Pianului, iar a doua din zona Baia de Arieș. Explicația cea mai probabilă este că dacii au folosit pentru confecționarea brățărilor un amestec de aur aluvionar cu unul de filon de suprafață la care au avut acces relativ ușor.

Interesant că și romanii au folosit în zona Daciei aurul nativ, nerafinându-l. Explicația este simplă: titluri mari – peste 98% aur – erau cerute doar pentru monede – aureii romani -, bijuteriile necesitând un oarecare conținut în argint și cupru pentru asigurarea rezistenței mecanice. În plus, procesul de rafinare implica mult consum de timp, manoperă și mai ales combustibil – lemne – pentru retopirile succesive. Iată de ce rafinarea se făcea numai în zona în care se găseau monetariile de aurei, de obicei Roma și alte câteva orașe mari. Acest lucru s-a dovedit prin analiza colierului de la Căpâlna (figuri 4), recuperat de autorități de la braconieri, artefact de stil elenistico-roman produs din aur ce conține cel puțin o parte de aur aluvionar – cu urme de staniu (figura 5). Se presupune că obiectele provin dintr-un atelier din zona Serbiei, controlate de romani, aurul fiind cules din râurile ce străbat Banatul. După cucerirea Daciei, dovada că romanii au utilizat aurul nativ așa cum era el scos din minele din Apuseni îl constituie plăcuțele votive (de mulțumire către zei) de la Germisara, donate de cei vindecați de apele termale de la Geoagiu-Băi de astăzi.



Figura 4. Colierul de la Căpâlna decorat cu un șir 27 de pandantive, 34 cm, 73.08 g.

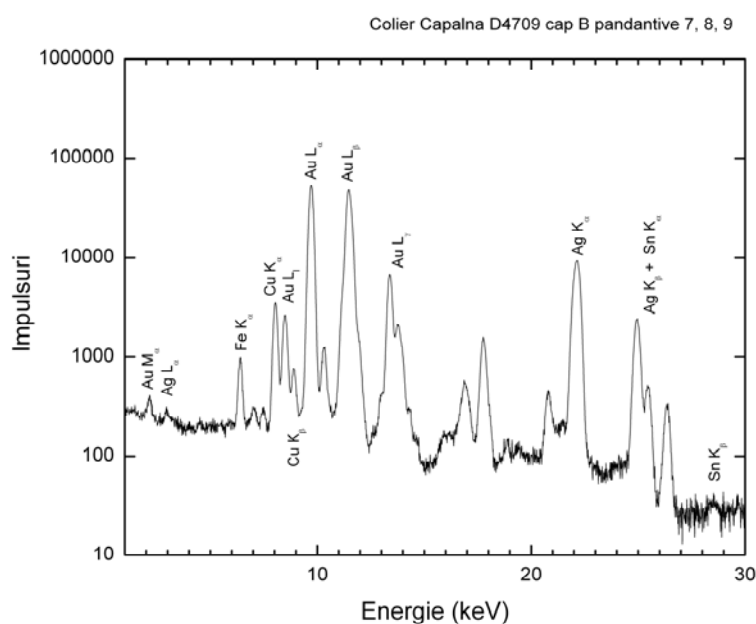


Figura 5. Spectru XRF - Colierul de la Căpâlna

Rezultatele studiului făcut pe micro-probele prelevate din brățările de aur au fost prezentate în Iunie 2012 la Metropolitan Museum of Art din New York în cadrul Conferinței SR2A (Synchrotron Radiation in Art and Archaeology ) și ulterior publicate în articolul „SR XRF and micro-PIXE studies on ancient metallurgy of thirteen Dacian gold bracelets” – autori Bogdan Constantinescu, Angela Vasilescu, Martin Radtke (BESSY Berlin), Uwe Reinholz (BESSY Berlin), Claire Pacheco (CNRS Louvre), Laurent Pichon (CNRS Louvre), Ernest Oberlaender-Tarnoveanu (MNIR București), apărut în Applied Physics A, Materials Science & Processing, vol. 109, pp. 395-402, 2012.

În Decembrie 2012, am publicat o sinteză a studiilor compoziționale și ale metalurgiei aurului transilvan în Epoca Bronzului și Epoca Dacică intitulată „Studies on archaeological gold items found in Romanian territory using X-Ray-based analytical spectrometry” ca articol-invitat în numărul special dedicat spectrometriei atomice în Europa Centrală și de Est al revistei „Journal of Analytical Atomic Spectrometry” editată de Royal Society of Chemistry, Londra – JAAS, vol. 27, Nr. 12, pp. 2076-2081.

În ceea ce privește studiul artefactelor Geto-Dacice de aur și argint găsite în regiunile extra-carpătice, am analizat tezaurul Cucuteni-Băiceni, cel de la Stâncești, diadema de la Bunești-Averești, coiful de la Coțofenești, rythonul de la Poroina, rezultatele urmând a face obiectul unor articole viitoare. O atenție deosebită am acordat tezaurilor Geto-Tracice de argint de la Craiova și Agighiol, elaborând în acest an o sinteză bibliografică a istoriei acestor tezaure – de la descoperire până acum, cu accent pe odiseea tezaurului de la Craiova, scos inițial din țară de ocupații germani în 1918, recuperat parțial în 1927 prin tratative inter-statale la Berlin, partea de tezaur ramasă Germaniei ajungând după cel de-al doilea război mondial la Muzeul „Pușkin” din Moscova., într-un mod similar tezaurului lui Priam de la Troia. Urmează ca anul viitor să analizăm piesele din tezaur care se găsesc la MNIR și să le comparam cu analizele unor obiecte similare ca epocă și proveniență în special din muzee americane – „paharul” tracic de la Metropolitan Museum New York și coiful tracic zis de la Porțile de Fier de la Muzeul din Detroit, analize făcute de cunoscutul arheometrist american Pieter Meyers, cel care a analizat la începutul anilor 2000 cele două brățări dacice de aur ajunse prin trafic ilegal în USA. Aceste studii vor permite reconstituirea unor aspecte semnificative ale metalurgiei argintului în aria Traco-Getă - secolele V-III î.Chr.

Director proiect,  
Dr. Bogdan Constantinescu