

Roncsolásmentes anyagvizsgálat a Seuso kutatás szolgálatában: Mit, mivel és miért?

Fórizs István, Bajnóczi Bernadett, Mozgai Viktória, Szabó Máté, Tóth Mária

MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45.

Bevezetés

Világszerte, így hazánkban is, egyre nagyobb igény mutatkozik a kulturális örökség tárgyi emlékeinek természettudományos, más szóval archeometriai vizsgálatára. Sok esetben olyan leletek/tárgyak vizsgálatáról van szó, amelyek egyediek, nagy értékűek, ezért kiemelkedő szerep jut a roncsolásmentes elemzési módszereknek.

2014 áprilisában került vissza Magyarországra a Seuso-kincsnek nevezett leletegyüttes egy része (hét ezüstitárgy, valamint az elrejtésükhöz használt rézüst). Ez a késő római ezüstkincs a maga nemében az egyik legértékesebb mind súlyát, mind művészi kivitelezését tekintve a római ezüstleletek között (Mráv & Dági, 2014a,b), ezért indult el 2014 júliusában a Seuso Kutatási Projekt Török László akadémikus vezetésével. A kutatás rendkívül szerteágazó, számos tudományterület (művészettörténet, régészet, természettudomány) részt vesz benne. A 7+1 alprojekt közül a 3. alprojekt témája az archeometria, aminek művelésére és koordinálására az e területen több mint 20 éves tapasztalattal rendelkező MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézetet kérték föl.

A tervezett roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerek

A kutatás alapvetően két fő ágra oszlik:

- 1) a tárgyak lelőhelyére utaló nyomok felkutatása (anyagmaradványok és a talaj vizsgálata),
- 2) a tárgyak anyagának vizsgálata (kémiai összetétel, készítés-technológia, ötvöző anyagok, aranyozás módja, forrasztóanyag típusa, stb.).

A **lelőhelyre utaló nyomok vizsgálata** során a rézüstön, valamint az ezüstedényeken található talajmaradványokat, lerakódásokat és korróziós termékeket jellemezzük és összehasonlítjuk a feltételezett lelőhelyről származó talajminták vizsgálati eredményeivel. Mindezek arra engednek következtetni, hogy a tárgyak előkerülhettek-e a feltételezett lelőhelyen. A tárgyakat többször tisztították, restaurálták, ezért azokon nagyon kevés talajmaradvány, lerakódás maradt. Mivel csak azokat a mintákat vesszük le, amelyeket mindenképpen szükséges, ezért a mintavételt jól meg kell tervezni. A szabad szemmel és optikai mikroszkóppal való megfigyelést jól kiegészíti a *kézi röntgen-fluoreszcens analízátor* használata, hiszen az jól mutatja, hogy a tárgyon levő idegen anyag tartalmaz-e talajmaradványt, így a legígéretesebb mintákat tudjuk levenni. Mivel a tárgyak fémből (Ag, Cu, Pb, Au, Sn) készültek, ezért a Si, Al, Ca, K megjelenése talajmaradványra utal.

A levett mintákat és a feltételezett lelőhelyről begyűjtött talajmintákat először *röntgen-pordiffraktometriával* vizsgáljuk, meghatározzuk az ásványos összetételt, ami megalapozza a későbbi roncsolásos (leginkább stabilizotópos) vizsgálatokat. Mivel a levett minták mennyisége az edények többségénél nagyon korlátozott, valamint az anyag- és információvesztés megakadályozása végett a porítás nem megengedett, ezért egyes esetekben a fázisazonosítást a később ismertetendő mikro-röntgendiffraktométerrel kívánjuk elvégezni.

Egyes speciális kérdések megválaszolására tervezünk még Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópiát (FTIR) is alkalmazni.

Ha az edényeken megfelelő mennyiségű agyagásványt sikerül azonosítani, akkor azok pontos szerkezetének jellemzésére *transzmissziós elektronmikroszkópiát* (TEM) fogunk alkalmazni, amit a talajból kinyert agyagásványokon végzett vizsgálati eredményekkel vetünk össze. A korróziós termékeket is jellemezni fogjuk, hiszen azok áttételesen utalnak a talajkörülményekre (az eltemetődés körülményeire). A levett korróziós termékeket kétféle roncsolásmentes technikával fogjuk vizsgálni: a kémiai fő- és nyomelem-összetételt *röntgen-fluoreszcens analízátorral*, a szövetet és az egyes alkotók kémiai összetételét pedig *elektronmikroszondával*.

A **tárgyak vizsgálata** a rézüst, az ezüstedények, valamint az edényeket díszítő nielló berakások, aranyozások és a rögzítésekhez felhasznált forraszok anyagának vizsgálatát, továbbá a hasonló korabeli leletekkel való párhuzamba állítását foglalja magában. A vizsgálatok célja a tárgyak anyagi hasonlóságának vagy különbözőségének meghatározása, a készítéshez felhasznált ezüstérc esetleges lelőhelyének (érctelep) lehatárolása, az ötvöző elemek meghatározása (a forrasz és az ezüst esetében), valamint következtetés az alkalmazott készítési eljárásokra. További cél a leletek készítési helyére vonatkozó következtetések levonása, valamint a különböző műhelyek elkülönítése és párhuzamok feltárása anyagtudományi jellemzők segítségével.

E szerteágazó feladatsor teljesítéséhez széleskörű hazai összefogás keretében számos analitikai módszer alkalmazását tervezzük, amelyek között túlsúlyban vannak a roncsolásmentes eljárások. Legtöbb esetben röntgensugárzáson alapuló roncsolásmentes vizsgálati módszereket tervezünk alkalmazni.

A Seuso-kincsek tárgyait a régész és művészettörténész kollégák a motívumok és a készítéstechnika alapján több csoportba sorolják (Mráv & Dági, 2014a,b). Valószínű, hogy a csoporton belüli tárgyak azonos műhelyben, azonos nyersanyagból készültek, míg az eltérő csoportok tárgyai más-más műhelyben és elképzelhető, hogy más-más helyről származó nyersanyagból készültek. Azonos nyersanyag esetén a nyomelemek minősége is azonos, és mennyiségük szűk határok között változik, míg eltérő nyersanyag-források esetén különbség várható a nyomelemtartalomban. Mindezek okán nagyon fontos a tárgyak fő- és nyomelemtartalmának, valamint homogenitásának meghatározása, amit kézi röntgen-fluoreszcens analízátorral végzünk.

A tárgyak készítés-technikájának rekonstrukciójához kapcsolódó maradó feszültség és textúra vizsgálatokhoz erre a célra kifejlesztett röntgen-diffraktómetert alkalmazunk (1. kép).



1. kép Stresstech gyártmányú Xstress 3000 G3R röntgen-diffraktométer (Miskolci Egyetem, Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet) maradó feszültség és textúra meghatározására

E módszerrel az ezüsttárgyak külső kb. 10 mikrométer vastagságú részét lehet tanulmányozni. Mind a maradó feszültség (rácstorzulás), mind a textúra (polikristályos anizotrópia) mértéke és jellege az alkalmazott készítési eljárásra utal: az alakítás jellegére (öntés, kalapálás, hajlítás, csiszolás), mértékére, irányára, vagy a hőhatást jelzi. Alapvető információt szolgáltat az optikai mikroszkópos megfigyelés alapján fölállított tárgykészítési rekonstrukcióhoz, mivel azt megerősíti, kiegészíti vagy akár megcáfolhatja.

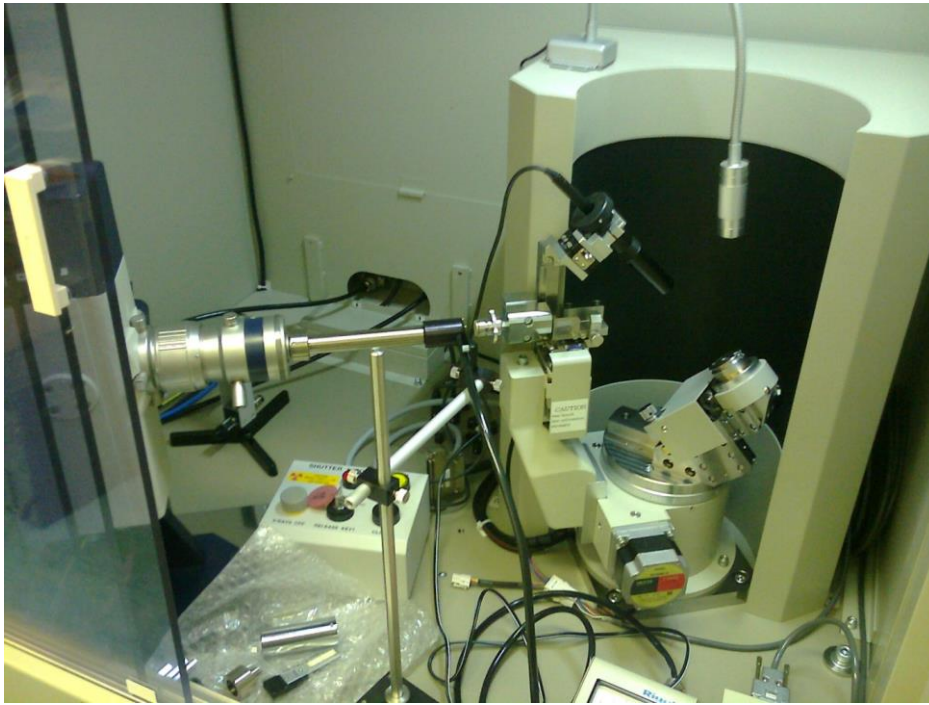
A tárgyak tömbi anyaga rácsszerkezetének jellemzésére neutrodiffrakciós vizsgálatokat tervezünk. A neutronok mélyebbre hatolnak az anyagban, mint a röntgensugárzás. Magyarországon ilyen vizsgálatokat a Budapest Neutron Centrumban végeznek. A neutronokat még további vizsgálati módszerekhez is alkalmazni fogjuk, ilyenek pl. a neutron radiográfia és tomográfia. A neutron radiográfia homogén fluxusú és energiájú neutronnyalábbal világítja át a tárgyakat. A neutron radiográfia nagyon hasonló a röntgen radiográfiához (ez utóbbi alkalmazását is tervezzük), azonban sokszor a kétféle módszerrel kapott átvilágításos kép eltér egymástól. Ennek oka, hogy a röntgensugárzás elnyelése arányosan növekszik az atomok tömegével, míg a neutronokkal ez nem így van. Pl. a könnyű bór jól átveszi a röntgensugarakat, míg a neutronokat jobban elnyeli, mint a nehéz ezüst, így a kétféle módszer alkalmazása plusz információ kinyerésére ad lehetőséget. A neutron tomográfia (neutron átvilágításos 3-dimenziós képalkotást) segítségével a tárgy belső szerkezetét lehet vizsgálni, pl. illesztési vagy forrasztási pontot, anyaghibákat. Sajnálatosan a módszert jelenleg csak 14 cm-nél kisebb tárgyakra lehet alkalmazni a Budapest Neutron Centrumban.

A kincslelet jellegzetes díszítése, a nielló-berakás számos információt hordoz. Ezüsttárgyakon a kimélyített vájatokat ezüst és terméskén keverékéből álló masszával töltötték ki, majd beleégették. Így egy fekete berakást kaptak, ami nagyon jó kontrasztot ad. Természetesen az ezüst nem volt teljesen tiszta, mindig tartalmazott mellék- és nyomelemeket, amelyekkel jellemezni lehet az egyes tárgyak nielló-berakásait. Egyes időszakokban az ezüst mellett rezet is alkalmaztak, a korjelző szerep miatt fontos a nielló kémiai összetételének meghatározása. Mivel helyenként a nielló berakás csak tizedmilliméter vastagságú, ezért kémiai összetételének meghatározásához a debreceni MTA Atommagkutató Intézetben található, fókuszált protonnyalábra épített mikro-PIXE módszert (2. ábra) fogjuk alkalmazni. Ezzel a módszerrel nem csak a pontszerű kémiai összetétel határozható meg, hanem kisebb területekről egyes elemek eloszlási térképét is föl lehet venni, így a nielló berakás esetleges inhomogenitása is kimutatható, ami további információval szolgálhat a készítés részleteire vonatkozóan.



2. kép A debreceni MTA ATOMKI-ban a van de Graaff generátor egyik nyalábjára épített nukleáris mikroszonda, a μ PIXE.

Mivel a mintavétel korlátozottan engedélyezett, a nielló fázisösszetételét egy Európában is unikális Rigaku D/MAX RAPID II (MicroMax-003 harmadik generációs, mikrofókuszú, multiréteges optikával felszerelt röntgenforrással és görbített képsíkú detektorral rendelkező) mikro-röntgendiffraktométerrel (μ XRD, 3. kép) kívánjuk meghatározni, amelynél a beeső röntgennyaláb átmérője 10 és 800 mikrométer között változtatható. A vizsgáló röntgennyaláb beesési helyének meghatározásában egy digitális optikai mikroszkóp segít. Ezzel a műszerrel azon túl, hogy meghatározzuk a nielló ásványos összetételét, tanulmányozni tudjuk a nielló homogenitását is, ami szintén jellemzi a tárgyat és annak készítési módját.



3. kép Rigaku gyártmányú D/MAX RAPID II mikro-röntgendiffraktométer (MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézet, Budapest)

Az edényekhez használt ezüst származási helyének meghatározását ólom- és egyéb nehézfém-izotópos vizsgálatok segítségével kíséreljük meg. Ehhez a vizsgálathoz kisméretű mintát kell venni az edényekből. Mielőtt ezeket a mintákat „feláldoznánk” az izotópos mérésekhez, azokon többféle roncsolásmentes vizsgálatot tervezünk. A minta szövetétének jellemzését, valamint az esetleges zárványok azonosítását elektron-mikroszondával kívánjuk elvégezni, továbbá metallográfiai vizsgálatok is készülnek.

Kitekintés

Mind az anyagmaradványok, mind a tárgyak anyagának vizsgálatához valószínűleg újabb, fentebb föl nem sorolt módszereket is fogunk alkalmazni. A látóhatáron van a Raman spektroszkópia, valamint a katódlunimeszcens mikroszkópia, azonban csoportunk nyitva áll egyéb roncsolásmentes vizsgálati módszerek alkalmazása előtt is.

Irodalomjegyzék

Mráv, Zs., Dági, M. (2014a): A Seuso-kincs régész szemmel. Artmagazin 67, 10-17.

Mráv, Zs., Dági, M. (2014b): Az ezüst bűvöletében – A Seuso-kincs. Magyar régészet online magazin, 2014. nyár